

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ М.П. ДРАГОМАНОВА**
*Інститут природничо-географічної освіти та екології
кафедра екології*

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ

Волошина Н.О.

КИЇВ — 2015

УДК 574(075.8)
ББК 28.081я73

Рекомендовано Вченою Радою НПУ імені М.П. Драгоманова як навчальний посібник для студентів зі спеціальності 6.040106 "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" (Протокол № 6 від 29.10.2015 р.).

Рецензенти: **Наконечний І.В.**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології та екології Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського.

Бровдій В.М., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри зоології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.

Волошина Н.О. Загальна екологія та неоекологія: Навчальний посібник / Н.О. Волошина. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. – 335 с.

Навчальний посібник «Загальна екологія та неоекологія» розроблено для фахової підготовки освітнього рівня «Бакалавр» за спеціальністю «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» відповідно до вимог галузевого стандарту вищої освіти України.

Матеріал посібника логічно структурований та підпорядкований ідеї створення у читача уявлення про нерозривність взаємозв'язків явищ та процесів природи, законів їх функціонування на всіх структурно-функціональних рівнях організації природних екосистем – від популяційного до біосферного. Представлено концептуальні основи і глобальні проблеми неоекології. Дано детальну оцінку найважливішим неоекологічним проблемам України, контролю й управлінню якістю середовища, сучасним аспектам екологічної безпеки.

З М І С Т

Вступ		5
Розділ I	Узагальнені фундаментальні проблеми і питання загальної та глобальної традиційної екології	6
Тема 1.1	Екологія в системі природничих наук	6
Тема 1.2.	Екологічний чинник	18
Тема 1.3.	Закономірності впливу екологічних чинників	31
Тема 1.4.	Аутекологія (екологія особин)	39
Тема 1.5.	Середовище життя та адаптація до них у організмів	47
Тема 1.6.	Екологічна роль чинників харчування	75
Тема 1.7.	Біотичні чинники	85
Розділ II	Популяційний та екосистемний підходи у традиційній екології	98
Тема 2.1.	Демекологія (вчення про популяцію)	98
Тема 2.2.	Екологія видів	120
Тема 2.3	Синекологія (вчення про біоценози)	131
Тема 2.4	Біогеоценоз як елементарна екосистема	141
Тема 2.5	Концепція екологічної системи	149
Тема 2.6	Властивості екологічної система	164
Тема 2.7	Енергія в екосистемі	173
Тема 2.8	Біосфера – глобальна екосистема	183
Розділ III	Глобальні проблеми неоекології	193
Тема 3.1	Природні ресурси планети та наслідки антропогенної діяльності	193
Тема 3.2	Біологічне різноманіття	209
Тема 3.3	Охорона навколишнього природного середовища	223
Тема 3.4	Екологічні проблеми водного середовища	238
Тема 3.5	Екологічні проблеми літосфери	254

Тема 3.6	Екологічні проблеми атмосфери	264
Розділ IV	Екологічна безпека, контроль та управління якістю середовища	274
Тема 4.1	Екологічна безпека та збалансоване природокористування	274
Тема 4.2	Екологія людини	285
Тема 4.3	Екологічні наслідки зміни демографічної ситуації	305
	Орієнтовні питання для самоконтролю	323
	Орієнтовні питання для екзамену	325
	Список використаних джерел	327
	Додаток	330

ВСТУП

Матеріали навчального посібника покладені в основу курсу лекцій з дисципліни «Загальна екологія та неоекологія», які викладаються студентам-екологам освітнього рівня «Бакалавр» зі спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Серед вітчизняних навчальних видань багато учбових посібників з екології орієнтованих переважно на студентів конкретних спеціальностей: біологічних, технічних, аграрних, в яких поглиблено розкриваються лише окремі аспекти цієї науки.

Концептуальна парадигма нині потребує висококомпетентних фахівців, креативних, мобільних, обізнаних з інноваціями в галузі, здатних успішно конкурувати на ринку праці, приймати екологічно зважені рішення щодо використання природних ресурсів, як обов'язкової умови охорони здоров'я людини. Якісна зміна підходів у підготовці фахівців-екологів пов'язана з модернізацією змісту освітнього процесу на засадах інтегративного, системного та еколого-еволюційного підходів, відповідно до стандартів освіти вищої школи.

Об'єм, структура та подача матеріалу спрямовані на полегшення роботи студентів в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу. Теоретичний матеріал логічно доповнено прикладами, запозиченими із практики екологічних досліджень вітчизняних та закордонних науковців, що робить його доступним для сприйняття.

Слід відзначити, що навчальний посібник призначений не лише для студентів екологічної спеціальності, але й для самостійної підготовки майбутніх вчителів природничих дисциплін (біологів, хіміків, географів) при викладанні дисципліни «Екологія».

РОЗДІЛ I. УЗАГАЛЬНЕНІ ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ І ПИТАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТА ГЛОБАЛЬНОЇ ТРАДИЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЇ

ТЕМА 1.1. ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

Ключові поняття та терміни: історичні етапи розвитку екології, об'єкт, предмет і задачі екології, методи екологічних досліджень, системний підхід, мерологічний та холістичний підходи, «слоЙоний пиріг» екології, парадигма екологічного розвитку, екологія, загальна, спеціальна та прикладна екологія

Історія розвитку екології.

Екологія одна з найдавніших і, водночас, зовсім молода наука. Як і більшість інших наук вона розвивалась поступово та безперервно. Відомими мандрівниками, дослідниками, вченими-біологами зроблено суттєвий внесок у вивчення екології, якої офіційно не існувало до початку ХХ століття. Так, праці давньогрецьких філософів містять свідчення явно екологічного характеру. Наприклад **Аристотель** описав поведінку понад 500 видів тварин, в його роботах є відомості про міграцію тварин, переліт птахів, сплячку риб; **Гіппократ** описував вплив факторів середовища на здоров'я людини, **Авіцена** вивчав властивості цілющих трав, вплив шуму на живий організм, **Марко Поло** залишив згадки про ландшафти, флору і фауну далеких країн. **Антоні ван Левенгук**, відомий як винахідник мікроскопу, водночас, був піонером вивчення харчових ланцюгів та динаміки чисельності популяції. **Чарльз Дарвін** першим звернув увагу на здатність живих організмів швидко розмножуватись та існування природних чинників, які обмежують ріст популяції. **Олександр Флемінг** досліджував міжвидові відносини між пліснявим грибом і патогенними бактеріями й відкрив перший антибіотик – пеніцилін.

Будь-яка наука у своєму розвитку має періоди: накопичення фактів, перших спостережень, перших узагальнень, встановлення закономірностей, правил, законів, що дозволяють передбачати розвиток подій. З цих позицій екологія є дуже давньою наукою, оскільки на зорі історії людства відбувалося накопичення знань про природу.

Еволюція взаємовідносин людини і природного середовища поділено на чотири періоди:

Давній (2 млн. – 25-30 тис р.т.). В примітивному суспільстві кожний індивідуум, для того, щоб вижити, повинен був мати певні знання про оточуюче його середовище (сили природи, рослин, тварин). Накопичення знань про природу: властивості рослин, умови їх росту, поведінка тварин, пізніше – полювання, рибальство, землеробство, скотарство та ін. в подальшому були невід’ємними для існування людства. Знищення великих тварин – основного продукту харчування давньої людини, призвело до виникнення першої екологічної кризи в неоліті в усіх місцях розселення людини.

Можна сказати, що цивілізація виникла тоді, коли людина навчилася використовувати вогонь та знаряддя праці (кістки, каміння, деревина, сітки, човни, глиняний посуд), що дозволило їй змінювати середовище свого помешкання. Вогонь – це один із найважливіших чинників впливу людини на природу: використання його для обігріву й приготування їжі, створення штучних пожеж для полювання на диких звірів, підсічно-вогневий спосіб землеробства – випалювання рослинності на великих територіях заподіяло непоправну шкоду біосфері, призвело до різких змін флори, фауни, ґрунтів і клімату в цілому. Значні території на Близькому Сході, в Центральній Африці перетворилися на кам’яні та піщані пустелі. Це були перші локальні і регіональні кризи, що існують до нині.

Рабовласницький лад і феодалізм характеризується двома важливими аспектами, які відіграють ключову роль у формуванні екологічних проблем:

1) виникнення ремесел, розширення будівництва сіл, міст, фортець, виникнення і розвиток хімії (поява перших кислот, фарби, пороху);

2) зростання чисельності населення (у 15–17 ст. народонаселення сягало лише 500 млн.). Ці антропогенні фактори завдавали природі відчутної шкоди, хоча глобальний тиск був ще незначним і локальним.

Період науково-технічного прогресу (18-те – перша половина 20-го ст.) Бурхливий розвиток фізики, хімії, техніки, парового двигуна, атомної енергетики, стрімке зростання чисельності населення (понад 3,5 млрд.) – все це призвело до активного розвитку локальних і регіональних екологічних криз, страшних за своїми екологічними наслідками світових воєн, хижацької експлуатації природних ресурсів. Основні принципи розвитку суспільства базувались на ідеях підкорення природи та панування над нею.

З появою і розвитком еволюційного вчення **Чарльза Дарвіна (1859)** екологія стала формуватися на якісно новому рівні. В цей період з'явився термін «екологія» (*від грец. «ойкос» – будинок, житло, помешкання і «логос» – наука*), вперше запропонований німецьким дослідником **Ернстом Геккелем (1866)**. Екологією він назвав загальну науку про стосунки організмів з навколишнім середовищем, і вивчалася вона в розділі фізіології рослин: «фізіологія взаємовідносин». Хоча, до 60-х років 20 ст. терміном користувались лише вузьке коло вчених-біологів.

З 1913-1920 рр. були створені перші наукові екологічні товариства, засновані екологічні журнали, екологію почали викладати в університетах.

Сучасність: екологічна криза (з другої половини 20 ст.). Як визнана самостійна наукова дисципліна екологія виникла близько 1900 року, а увійшла в широкий лексикон лише в 1968-1970 рр., коли несподівано

виникла суспільна зацікавленість і стурбованість проблемами навколишнього середовища. До середини 20 ст. екологію розглядали, як один з підрозділів біології, хоча вона вже інтегрувалась в нову самостійну дисципліну, яка пов'язує фізичні та біологічні явища природи.

Різниця між ними в тому, що **біологія вивчає живу матерію**, а абіотичні компоненти розглядаються як зовнішні чинники щодо конкретного організму. В екології неживі компоненти екосистеми розглядаються як складові системи, тобто абіотичні компоненти переходять з розряду «зовнішнє середовище» в розряд «склад системи».

В середині ХХ ст. екологію стали розуміти як науку про екологічні системи. Початок цьому було покладено науковими роботами **В.І. Вернадського, В.В. Докучаєва, Ю.П. Одума, А.Дж. Тенслі** та інших відомих вчених.

Новий етап у взаємовідносинах людини з природою почався із виходу в світ двох публікацій, які мали великий суспільний резонанс : **Карсон Рейчел «Безмовна весна» (1962)**, присвячена проблемі забруднення довкілля пестицидами та **Пітер Ерліх «Бомба перенаселення» (1968)**, в якій аналізувалися екологічні наслідки швидкого росту населення Землі.

Починаючи з 70-х років ХХ століття почалась боротьба за зниження рівня забруднення довкілля. Цей період увійшов в історію охорони природи, як час **«високих труб» і «тонких фільтрів»**. Намагаючись знизити рівень приземного забруднення повітря промисловці будували високі труби, але це лише призводило до посиленого перетворення діоксину сірки і оксидів азоту в кислоту та їх поширенню на великі відстані й виникнення **«кислотних дощів»**.

В цей період створюються всесвітньо відомі громадські організації **«Друзі Землі» (1969), «Грінпіс» (1971)**, виникає ідея першої глобальної екологічної моделі **«Межа росту»**, яка базувалась на динаміці таких

показників як ріст населення, забруднення середовища і виснаження природних ресурсів. Автори моделі науково довели, що темпи промислового росту після досягнення меж свого розвитку призведуть до катастрофи. Найважливішою подією в екології стала ***I-а Міжнародна конференція по навколишньому середовищу та розвитку в Швеції (Стокгольм, 1972)***. Економічно (промислово) розвинуті країни Півночі зіткнулися з проблемою забруднення довкілля (річки переповнені відходами, аварії на нафтових танкерах, смог у великих містах). Лідери цих країн були занепокоєні таким станом речей та вийшли з пропозицією по «очищенню планети», але витрати при цьому повинні були нести всі країни порівну незалежно від їхнього вкладу в забруднення. Країни Півдня, які розвиваються, мали іншу проблему – бідність. Консенсусу досягнуто не було.

У 80-х роках починають формуватися цільові програми по охороні довкілля, поширення набувають технології «замкнутого циклу», переробки відходів та ефективного використання енергії. З'явилась нова ***парадигма екологічного розвитку***.

1992 р. II-га Міжнародна конференція в Бразилії (Ріо-де-Жанейро) вважається найбільш значущою подією сучасності. Її результатом було прийняття 3-х важливих документів:

1. Декларація по навколишньому середовищу і розвитку (Декларація Ріо);
2. Довгострокова програма дій в глобальному масштабі;
3. Принцип раціонального використання, збереження і освоєння всіх видів лісів (Лісові принципи).

Були підписані конвенції:

1. Про біологічне різноманіття;
2. Про зміну клімату.

Проголошена необхідність переходу світової спільноти на шлях **стійкого розвитку**, основними концепціями яких є :

- 1) принцип справедливості;
- 2) принцип збереження природного середовища;
- 3) принцип цілісності мислення;
- 4) девіз: «Думати глобально – діяти локально».

На період 90-х років прийшовся бум екологічної законотворчості, тобто формулювання екологічних законів, яким підпорядковані всі процеси і явища в природі (біологічні закони екології; еволюційні закони, енергетичні закони, соціально-економічні та ін.), які є підґрунтям для вирішення всіх практичних проблем природокористування.

У 2002 р. відбулася III-я Міжнародна конференція в Йоханезбурзі (ЮАР), результатами якої стала декларація «Ми зобов'язуємося діяти спільно для спасіння планети, сприяти розвитку людського потенціалу та досягнути процвітання і благополуччя».

IV-а Міжнародна конференція ООН по збалансованому розвитку – Ріо+20 відбулася 20-22 червня 2012 р. Її девізом стало: «Майбутнє, якого ми прагнемо». У підсумковому документі конференції визначено глобальні проблеми сучасності, і на першому місці – викорінення бідності. Збалансований розвиток орієнтовано передусім на людину, забезпечення миру, дотримання всіх прав людини, а формування економічного, соціального та екологічно збалансованого розвитку нашої планети, спрямованого для нинішнього і майбутніх поколінь. Також, серед важливих проблем обговорювались питання «зеленої економіки» та нова концепція збалансованого розвитку світової економіки.

У самому простому розумінні «зелена» економіка – це економіка з низькими викидами вуглецевих сполук, ефективним використанням природних ресурсів, що задовольняє по максимуму інтереси всього суспільства. Модель «зеленої» економіки передбачає економічне

зростання у поєднанні з екологічною стійкістю, створенням робочих місць і стимулюванням економічного прогресу, одночасно знижуючи такі істотні ризики, як наслідки зміни клімату та зростання дефіциту водних ресурсів.

Внесок вітчизняних вчених в розвиток екології.

Український вчений **В.І. Вернадський** (1944 р.) сформулював концепцію про ноосферу, живу речовину, біогеохімічні цикли.

Висоцький Г. (1864-1940 рр.) вивчав живі покриви Землі (плівка життя, строма), автор кліматичної теорії безлісності степів.

Погребняк П. (1900-1976 рр.) є засновником української порівняльної екологічної школи, автор едафічної сітки – координатна система за показниками зміни ґрунтової вологості і ґрунтового багатства, яка має практичне значення при вирощуванні лісів та лісосмуг.

Подолінський С. (1860-1891 рр.) заклав основи фізичної екологічної економіки (збереження і розсіювання енергії у Всесвіті, екологічно та соціально орієнтована ринкова економіка).

Тутківський П. (1858-1930 рр.) здійснив перше районування території України на основі природних умов, факторів економіки і людської культури.

Білявський Г. та Бровдій В. (1995 р.) створили класифікацію основних напрямків сучасної екології.

Об'єкт, предмет і задачі екології.

Сьогодні екологія є міждисциплінарною наукою. На границі екології та інших наук почали виникати дотичні науки: екологічна біохімія, медична екологія, інженерна екологія, сільськогосподарська екологія, правова екологія, економічна екологія, соціальна екологія та ін.

Екологія – наука, яка досліджує структурно-функціональну організацію надорганізмівих систем (популяцій, угруповань,

екосистем, біосфери), виявляє механізми підтримання їх стійкості у просторі й часі.

В структурі сучасної екології виділяють такі основні напрямки: загальну, спеціальну та прикладну екологію.

Загальна екологія вивчає фундаментальні проблеми структурно-функціональної організації екосистем, а також досліджує взаємодію біосистем різних рівнів інтеграції між собою та довкіллям.

Спеціальна екологія досліджує закономірності функціонування конкретних екосистем або особливості пристосування популяцій різних видів організмів чи їх угруповань до умов навколишнього середовища.

Прикладна екологія з'ясовує різні аспекти дії чинників довкілля на біосистеми і спрямована на розв'язання головним чином практичних питань.

У прикладній екології виділяють окремі напрями, пов'язані з галузями наук, де вивчаються екологічні проблеми: агроекологія, космічна екологія, урбоекологія, популяційна екологія, інженерна екологія, техноекологія, екологія рослин і тварин, екологія людини, екологічна біотехнологія, екологічне моделювання, ландшафтна екологія та ін.

Об'єктом вивчення екології є вивчення організації і функціонування надорганізмових систем (популяція, біоценоз, біогеоценоз (екосистема) і біосфера в цілому).

Американський еколог Ю. Одум для визначення предмету та завдань екології використав наступний прийом: уявити структуру біології у вигляді слойного пирога, який можна розрізати на шматки двома способами:

❖ **по горизонталі:** тоді отримуємо фундаментальні (морфологія, гістологія, генетика, теорія еволюції, молекулярна біологія), які вивчають основні властивості життя, але не обмежуються дослідженням окремих груп організмів;

❖ **по вертикалі:** таксономічні науки, які вивчають групи організмів (мікробіологія, вірусологія, зоологія, ботаніка, паразитологія). В такому контексті екологія відноситься до фундаментальних розділів біології та є складовою частиною кожного таксономічного підрозділу, тобто виникають екологія рослин, екологія тварин та їх часткові елементи, екологія риб, комах, птахів та ін.

«Слойний пиріг» екології поділяється ще й за іншим принципом:

❖ **за рівнями біологічної організації:** індивідуум → популяція → угруповання → екосистема;

❖ **за принципами біологічної організації:** форма, функція, розвиток, регуляція та адаптація.

Предметом дослідження екології є природні та створені людиною екологічні системи.

Головне завдання екології – розкрити загальні закономірності організації життя і на цій основі розробити принципи раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах.

Також завданнями сучасної екології є:

1) дослідження особливостей життя, в тому числі у зв'язку з антропогенним впливом на природні системи;

2) створення наукової основи раціональної експлуатації біологічних ресурсів;

3) прогнозування змін природи під впливом діяльності людини;

4) збереження середовища існування людини.

Вирішення цих завдань дозволить розв'язати багато проблем господарської діяльності суспільства:

1) інтенсифікація виробництв ряду галузей;

2) збереження та заощадження сировини;

3) охорона історичних і архітектурних пам'яток;

4) збільшення часу експлуатації промислових та житлових комплексів;

5) збільшення тривалості життя і зниження захворюваності людей в умовах урбанізованого середовища;

6) вдосконалення механізмів взаємодії суспільства та природи.

Проблеми сучасної екології:

1. Екологічні механізми адаптації організмів до середовища.

2. Регуляція чисельності популяції різних видів організмів.

3. Управління продукційними процесами (раціональне використання біологічних ресурсів).

4. Стійкість природних і антропогенних біогеоценозів.

5. Екологічна індикація.

Для екології залишаються нез'ясованими ще багато питань, найважливіші з яких пов'язані з вивченням біологічних систем, взаємодією між різними екосистемами в загальній системі біосфери, причому пов'язані зі взаємним впливом на відстані (річкові стоки, переноси повітряних мас, сезонні міграції, цикли розвитку та ін.) *Прикладом, є вугор, який відправляється на нерест в Саргасове море, тому що це обумовлено його аутоекологічними особливостями (поки що не вивченими). Водночас, можливо, доцільно поставити питання інакше: навіщо екосистема Саргасового моря «посилає своїх вугрів» рости і відгодовуватися в яку-небудь прибалтійську річку та обмінюватися, тим самим, з її екосистемою речовиною і енергією. Науки, що відповіла б на таке питання поки що немає.*

Методи екологічних досліджень.

Провідним у вивченні природних комплексів є принцип системності або системний підхід – це загальнонауковий філософський принцип, в

основі якого лежить поняття про систему (*засновник теорії Л. Берталанфі (1973)*).

Системний підхід до вивчення будь-якого об'єкта полягає у вивченні його елементів, структури, зовнішнього середовища і закону функціонування. Для цього існують три групи методів: спостереження, експеримент та моделювання.

Для вивчення процесів і явищ в екології виокремлюють два основних підходи:

Мерологічний (*від грец. meros – міра, частина*) – це пізнання складних об'єктів шляхом вивчення їх складових (молекулярна біологія, молекулярна генетика та ін.

Холістичний (*від грец. holos – цілий*) або принцип «чорної скриньки», коли вивчається реакція-відповідь системи на будь-який вплив без з'ясування внутрішньосистемних механізмів формування цієї реакції.

Вивчення певного забруднення в цілому можливе лише на холістичному рівні, а з'ясувати чутливість окремих груп організмів до певного забруднення, зміни фізіолого-біохімічних параметрів у окремих популяціях – на мерологічному.

Для вивчення екологічних систем необхідно дотримуватись єдиної **методології системного підходу**. Системне дослідження екосистеми складається з наступних етапів, які можуть здійснюватися паралельно або послідовно:

- 1) постановка задачі (основна мета);
- 2) концептуалізація (узагальнення відомостей про систему, що вивчається, з'ясовують потоки речовин, енергії, інформації);
- 3) специфікація;
- 4) спостереження (невтручання в природний плин подій, але інколи цей процес: кільцювання, мічення є вимушеним);
- 5) ідентифікація;

- 6) експерименти (польові, лабораторні);
- 7) реалізація моделі системи;
- 8) перевірка і дослідження моделі;
- 9) оптимізація;
- 10) заключний синтез.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Дайте визначення поняттю «екологія».*
- 2. Охарактеризуйте історичні етапи взаємодії суспільства і природи.*
- 3. Чим характеризується в історії екології час «високих труб» і «тонких фільтрів»?*
- 4. Що таке «слойоний пиріг» екології за Ю. Одумом?*
- 5. Чим різняться холістичний та мерологічний підходи у вивченні процесів і явищ?*
- 6. Визначте проблеми сучасної екології.*
- 7. Чому методологія системного підходу є ключовою для вивчення екологічних проблем.*

ТЕМА 1.2. ЕКОЛОГІЧНИЙ ЧИННИК

Ключові поняття та терміни: екологічний чинник, абіотичні, біотичні, антропогенні та антропічні екологічні чинники, прямий і опосередкований вплив, вітальна та сигнальна роль екологічних чинників, ресурси і умови, класифікація Мончадського, біологічні ритми, екзогенні та ендогенні, циркадні й цирканні ритми, фотоперіодизм, типи фотоперіодизму

Поняття екологічного чинника є ключовим в екології і замінює поняття умови. Кожний живий організм є самостійною біологічною системою, яка постійно знаходиться під прямим чи опосередкованим впливом різноманітних компонентів чи явищ навколишнього середовища, а його виживання визначається здатністю витримувати постійно змінювані умови середовища.

Екологічний чинник (фактор) – це будь-який нерозчленований елемент середовища, здатний впливати на живий організм прямо чи опосередковано упродовж хоча б однієї з фаз його індивідуального розвитку.

а) нерозчленований елемент середовища. Глибина або висота над рівнем моря не можуть бути екологічними чинниками, тому що діють на організм через зміну температури, освітлення, атмосферного тиску, вміст кисню, солоність, що безпосередньо (прямо) впливають на живий організм.

б) опосередкований вплив формується через причинно-наслідкові зв'язки і забезпечує існування біогеоценозу. *Прикладом такого впливу є пташині базари. Екологічним чинником в них виступає біогумус, що виділяють птахи. Він надходить у воду та підлягає мінералізації бактеріями. Внаслідок цього відбувається збільшення концентрації*

водоростей, розвиток планктонних організмів, риби, яка ним харчується, і зрештою – місця скупчення птахів.

Класифікація екологічних чинників.

1. Традиційна класифікація:

Абіотичні чинники – компоненти не живої природи, які прямо чи опосередковано впливають на організм:

1) **кліматичні:** світло, температура, вологість, вітер, атмосферний тиск та ін.;

2) **едафічні:** хімічний склад ґрунту, його щільність, структура, водневий показник (рН), вміст гумусу та ін.;

3) **геологічні:** землетрус, виверження вулкану, рух льодовиків, радіаційне випромінювання та ін.;

4) **гідрологічні:** солоність води, її течія, атмосферний тиск та ін.;

5) **орografічні (чинники рельєфу):** експозиція місцевості, рівень нахилу місцевості до горизонту.

Біотичні чинники – вплив на організм інших живих організмів:

1) залежно від виду організму:

❖ **гомотипові (внутрішньовидові) – вплив на організм особини того ж виду:** лисиця на лисицю, сосна на сосну;

❖ **гетеротипові (міжвидові) – вплив на організм особин інших видів:** вовка на зайця, сосни на березу.

2) за належністю до певного царства організмів:

❖ **фітогенні (вплив рослин) пов'язані з впливом одних рослин на інші.** Наприклад, переплітання рослин, зростання коріння, прикріплення до них та ін.;

❖ **зоогенні (вплив тварин).** Наприклад, витоптування, поїдання рослин або частин їх органів може змінювати форму крони кущів та дерев.

Рослини захищаються від такого зоогенного впливу утворюючи шипи і колючки, продукуючи надлишкову фітомасу та ін.;

❖ *мікогенні (вплив грибів);*

❖ *мікробогенні (вплив бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів).*

3) за типом взаємодій або співіснування:

❖ *мутуалізм;*

❖ *паразитизм;*

❖ *хижацтво;*

❖ *конкуренція;*

❖ *нейтралізм.*

Антропогенний чинник, походження якого пов'язане із запланованою чи випадковою діяльністю людини (наприклад, сільське господарство, промисловість, енергетика, транспорт). Реальний приклад безглузлого впливу людини на природу було відмічено в Китаї, лідер якого Мао Цзедун в 50-60 х роках минулого століття під час державної компанії «Великий стрибок вперед» для збільшення врожаю зернових на полях видав наказ знищувати горобців. Країна «била в барабани», що відлякувало птахів не даючи сідати на поля і вони помирали в повітрі. Наслідками таких вчинків було нашестя сарани та гусені, зерно гнило на полях, що врешті призвело до голоду і загибелі 45 млн. китайців.

Антропічні чинники спричинені впливом на екосистему або її компоненти людини, як біологічного виду (наприклад, вживання в їжу окремих видів рослин і тварин, дихання, виділення та ін.);

2. За характером впливу екологічні чинники бувають:

❖ *чинники прямого впливу (наприклад, вирубування лісу, скошування трави, відстріл тварин, вилов риби, безпосередній вплив чинника на організм: висока температура спричинює опіки);*

❖ **чинники опосередкованого впливу** (наприклад, руйнування місцезнаходження виду, особин популяції або забруднення, вплив температури опосередковано призводить до зневоднення організму);

❖ **вітальний вплив (енергетичний)** забезпечує життєдіяльність організму, змінює її енергетичний стан (наприклад, температура, їжа, конкуренція, паразитизм, хижацтво);

❖ **сигнальний вплив (інформаційний)** несе інформацію про зміну енергетичних характеристик (наприклад, тривалість світлового дня, феромони та ін.).

Окремі екологічні чинники можуть одночасно проявляти вітальну та сигнальну дію. Наприклад, світло – це важливий екологічний абіотичний чинник, який слугує головним джерелом енергії для фотосинтезуючих рослин (вітальна роль) і, водночас, проявляє сигнальну – регулюючи біологічні ритми. Осіннє скорочення світлового дня є сигналом для тварин та рослин про наближення несприятливих умов існування (зниження температури, промерзання ґрунту, недостатність їжі).

3. За наслідками впливу екологічні чинники класифікують:

❖ **позитивні:** розведення та охорона тварин, висадка рослин;

❖ **негативні:** відстріл тварин, вирубування лісів.

4. За характером змін у часі екологічні чинники поділяють:

❖ **регулярно-періодичні:** сезон року, час доби, ритми припливів;

❖ **неперіодичні чинники, які діють упродовж тривалого періоду часу:** ураган, землетрус, напад хижака;

❖ **направлені:** зміна клімату, ерозія ґрунтів, евтрофування водойм.

5. За можливістю споживання екологічні чинники класифікують:

❖ **ресурси** – екологічні чинники середовища існування, які організм споживає: їжа, вода, сонячна енергія, кисень;

❖ **умови** – екологічні чинники середовища існування, які організм не споживає: *температура, вологість, атмосферний тиск.*

Інколи важко віднести той чи інший чинник до певної категорії. *Наприклад, температуру повітря відносять до абіотичних чинників, але за певних умов завдяки присутності живих організмів вона може змінюватись. Найбільш яскравим прикладом регуляції температури в приміщенні слугує нагрівання печери ведмедиці, коли в ній з'являється ведмежа: різниця температур повітря у печері та за її межами може сягати до +40 °С. У вулику, коли температура повітря знижується до +13 °С, бджоли починають активний рух і підвищують її до +20–25 °С.*

6. Класифікація Мончадського:

❖ **первинні періодичні чинники**, які з'явилися задовго до виникнення життя і адаптація до них у всіх груп тварин не відрізняється специфічністю та відіграє першочергову роль у більшості місцеперебувань. *Наприклад, температура, освітленість, приливи, гравітація і геомагнетизм є еволюційно значущими, оскільки ці фізичні чинники мало змінювались з моменту зародження життя на Землі.*

Досліджуючи біологічну роль гравітації Коржуєв П.А. звернув увагу на різний рівень забезпечення водних і наземних організмів гемоглобіном та пояснив це еволюційним зв'язком органів кровотворення з гравітацією і її змінами. Синтез гемоглобіну у наземних тварин в кістковому мозку зумовлений навантаженням на різні частини скелету у зв'язку з подоланням сил гравітації при переміщенні тварин. Таким чином, скелет став органом кровотворення та визначив еволюцію наземних видів. Аналогічний зв'язок вбачають щодо обміну кальцію в кістках живих організмах: в умовах невагомості різко зростає вихід кальцію із тканин, що пов'язано з порушенням процесів зв'язування кальцію, який в земних умовах контролюється гравітацією;

❖ **вторинні періодичні чинники** виникають внаслідок змін первинних і відображаються на чисельності видів у межах ареалу. *Наприклад, вологість повітря є вторинним чинником, який знаходиться в прямій залежності від температури; рослинність, яка слугує їжею для трав'яїдних; сезонні коливання жертви та хазяїна, які пов'язані з фізіологічними особливостями хижаків та паразитів (тобто хазяїн для паразита). У водному середовищі – солоність, мутність, швидкість течії залежать від зміни інших чинників;*

❖ **неперіодичні чинники** з'являються несподівано і до них адаптаційні реакції у організмів не вироблені. *Наприклад, шквальний вітер, гроза, пожежа, форми людської діяльності.* Вплив періодичного чинника відображається переважно на чисельності особин в межах певної території.

До неперіодичних чинників в ряді випадків не відносять сильні вітри в тому випадку, коли для певної території вони є постійним чинником. *Наприклад, на океанічних островах, більшу частину року дмуть сильні вітри і пристосування до них у рослин проявляється у вигляді характерної прапороподібної форми, а приземлених кущів – подушкоподібної. Така ж ситуація характерна для пожеж, які регулярно, раз на 60–100 років, виникають у хвойних лісах на півдні Європи внаслідок частих гроз.*

Вплив паразита на хазяїна відносять до вторинних періодичних чинників, оскільки, організм хазяїна слугує для паразита обов'язковим місцем існування I-го порядку. Водночас, для хазяїна контакт із паразитом не є необхідністю, тобто є неперіодичним чинником, який не забезпечує формування адаптації (за винятком рідкісних випадків – формування набутого імунітету).

Відсутність адаптативних реакцій на неперіодичні чинники є підґрунтям для розробки хімічних і біологічних методів боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Яскравим прикладом може

служувати відкриття інсектицидного впливу ДДТ, створеного швейцарським вченим Мюллером П., за яке він отримав Нобелівську премію (1948). Багаторазове використання ДДТ призвело до появи стійких рас комах-шкідників, позитивний ефект від застосування засобу став знижуватися, а шкідлива дія – навпаки, проявлятися все яскравіше. Тепер використання ДДТ заборонено законом у більшості країн світу.

Формування механізму адаптації відносно певного екологічного періодичного чинника, виникнення стійких рас переводить цей чинник у вторинний періодичний.

7. За характером реакції-відповіді організму:

❖ **подразнювачі** – це чинники, що спричинюють формування біохімічних та фізіологічних змін;

❖ **модифікатори** спричинюють формування морфологічних і анатомічних змін;

❖ **обмежувачі** обумовлюють неможливість існування організму в даних умовах та обмежують ареал його поширення (наприклад, температура, вологість);

❖ **сигналізатори** інформують про зміну інших чинників (наприклад, зменшення світлового дня інформує про зниження температури повітря в майбутньому і необхідність накопичення поживних речовин).

Біологічні ритми.

Біологічним ритмом називають зміну реакції організму на вплив екологічного чинника у просторі та часі:

• **у просторі** зміна реакції організмів одного виду на вплив екологічних чинників може змінюватися залежно від місцеперебування популяції. Наприклад, швидкість скорочення тіла (парасольки) медузи

може відбуватися за температури $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$, залежно від місцезнаходження;

• **у часі зміна** реакції організмів одного виду на вплив екологічних чинників залежить від:

- ❖ вікової різниці між організмами;
- ❖ астрономічного часу.

Біологічні ритми проявляються у зміні інтенсивності та характеру біологічних явищ і процесів, які періодично повторюються:

- притаманні усім живим організмам на всіх рівнях організації;
- зумовлені природним відбором та адаптацією організмів;
- закріплені спадково.

Біологічні ритми поділяють на екзогенні та ендогенні.

I. Екзогенні ритми виникають у відповідь на періодичні зміни середовища існування. *Наприклад, ритмічність і добовий рух листків та пелюсток у рослин в сторону Сонця; осінній листопад; сезонні міграції тварин.*

• **фізіологічні ритми**, які забезпечують життєдіяльність організму і залежать від його стану (*серцебиття, дихання*);

• **екологічні ритми** (*добові, місячні, приливно-відпливні, сезонні, річні*) носять адаптативний характер, більш стабільні та відповідають зовнішнім ритмам. Ці ритми дають можливість організму завчасно готуватися до зміни середовища і орієнтуватися у часі – **біологічний годинник організму**.

❖ **добові ритми** – це зміни фізіологічних процесів, які пов'язані з часом обертання Землі навколо своєї осі. *Наприклад, у людини близько 100 фізіологічних характеристик підпорядковуються добовому ритму: частота серцевих скорочень, виділення гормонів, кров'яний тиск, температура тіла та ін. Тому, коли людина не спить, замість сну, її організм однаково налаштований на нічний стан, а безсонні ночі погано*

відображаються на здоров'ї. Тварини упродовж доби змінюють свою активність; у рослин змінюється термін розвитку, розпускання квіток відбувається лише в певний період доби. Водночас, добові ритми не властиві мешканцям печер і глибин.

Явище припливів виникає за рахунок сумісних гравітаційних впливів Сонця та Місяця на Землю. Морські й океанічні припливи і відпливи відрізняються в різних географічних точках планети й пов'язані з впливом фізичних чинників. Розрізняють повторюваність припливів:

- напівдобові (двічі на добу з періодом 12,4 год.),
- добові (раз на добу – 25,8 і 23,9 год.),
- динаміка приливів складає 13–14 діб в деяких місцях земного шару (наприклад, узбережжя Мексики);
- комбіновані припливи мають амплітуду підйому води 14–15 діб (наприклад, узбережжя Тихого океану, Австралія, Аравійський півострів).

В періоди розташування Сонця і Місяця на одній прямій з Землею (молодий Місяць та повний Місяць) приливи досягають свого максимуму.

❖ **місячні ритми** – це зміни біологічних явищ, пов'язані з проходженням Місяця навколо Землі (24–29 діб).

Зв'язок біологічних процесів зі зміною фаз Місяця підтверджено багаточисельними дослідженнями. Наприклад, будівельна активність термітів, зміна фототаксису у довгоносиків та ін. При перевезенні морських тварин (крабів, устриць) на значні відстані від місця вилову їхній ритм підлаштовується під місцевий місячний час. У деяких комах, що мешкають поблизу озер реєструють виліт в певні періоди доби, при відсутності приливно-відливної активності.

Встановлено, що вплив Місяця на життєдіяльності людини найактивніше проявляється в період, так званих, фаз повного та нового Місяця. У ці періоди змінюється статева активність, фізична працездатність, робота головного мозку, психологічний стан, перебіг

вагітності, народжуваність і смертність та інші функціональні показники в організмі людини. Вплив Місяця пов'язують з явищем сомнамбулізму (лунатизм), епілептичними нападами, загостренням психічних захворювань.

Існування місячних ритмів у людини, тварин і рослин завжди було предметом дискусії та залишається актуальною до нині. Нейман Д. (1984) наводить різноманітні приклади ендогенних місячно-добових та місячно-місячних ритмів у тварин. Так, метелики виду *Povilla adusta* виходять із лялечок лише за повного місяця; риба атерина-груніон, місцем існування якої є прибережна зона Мексики і Південної Каліфорнії відкладає ікру у весняно-літні місяці через кожні 15 діб близько опівночі за максимальних припливів; максимальну кількість лейкоцитів у крові людини реєструють за 6 діб до повного Місяця і в 1-й та 5-й після, а мінімальний – за 3–5 діб до та 3 доби після нового Місяця. У чоловіків був виявлений зв'язок між сприйняттям кольору і фазами Місяця: кольорова чутливість зміщується в сторону короткохвильових синьо-блакитних променів у фазу молодого Місяця та до червоної ділянки спектру – за повного.

Котельніковим Л.А. (1987) було висунуто статистично підтверджену гіпотезу, згідно з якою визначено так звані «критичні періоди» – це дні співпадіння перебудови фізичних та інтелектуальних біоритмів, яких на рік припадає близько 15-ти. Матеріал підтвердили на 1000 аварійних і нещасних випадків на виробництвах та розрахунку індивідуальних біоритмів 1500 осіб. Доведено, що частота смертельних випадків у «критичні періоди» зростає у 13 разів.

Місячні цикли тісно пов'язані з припливно-відпливними циклами, які відіграють надзвичайно важливу роль у функціонуванні водних екосистем. Наприклад, у кільчатих червів-поліхет на островах Полінезії спостерігають явище пов'язане з місячним циклом. А саме, нематода з'являється на поверхні моря в першій чвертині місячного циклу у

жовтні і листопаді в настільки великій кількості, що вода нагадує суп з локшиною. Аборигени вживають їх у їжу.

❖ **сезонні ритми.** Сезонна періодичність відноситься до числа найзагальніших явищ у природі. Стан зимового спокою характерний для багатьох видів тварин і рослин, переважно пойкилотермних. Головна (сигнальна) роль у регуляції таких циклів належить тривалості світлового дня. Прикладами адаптації до сезонних ритмів є повне заціпеніння у американського лісового бабака, зимовий сон ведмедя, сезонна зміна хутра та зміни в поведінці зайців;

❖ **річні ритми** пов'язані з періодами росту, розмноження, линяння, міграцій, глибокого спокою у організмів, які закономірно чергуються і повторюються таким чином, що критичний період року організм зустрічає в найбільш стійкому стані.

II. Ендогенні ритми. Реакція організмів на вплив екологічних чинників синхронізується з періодами настання природних явищ за допомогою ендогенних ритмів і фотоперіодичних реакцій. Наприклад, на берегах Індійського океану поселяються краби-сигнальники, які під час приливу набувають білого забарвлення, а за відливу – сірого. Якщо ізолювати такого краба за 15 хв. до відливу, коли він ще білий і помістити його в холодильник, то його біологічний годинник «зупиниться», але після вилучення з холодильника – він стане сірим через 15 хв., з точністю до секунди.

Реакція організмів на зміну тривалості дня та ночі проявляється у рослин і тварин (від одноклітинних до людини) здатністю вимірювати час, тобто функціонуванням біологічного годинника.

• **циркадні ритми** – це ендогенні ритми, період яких дорівнює близько 24 год. Наприклад, кажани покидають свої сховища в один і той самий час, навіть в лабораторних умовах при суцільній темряві;

- **цирканні ритми** – це ендогенні ритми, за яких біологічні процеси та явища повторюються з періодом 10–13 міс. *Олександр Чижевський, відомий вчений зоопсихолог, біохімік та біофізик проаналізувавши результати досліджень древніх трактатів, літописів, наукових даних та власних досліджень зробив світове відкриття, сутність якого полягала у існуванні взаємозв'язку між стихійними лихами на Землі (землетруси, засухи, виверження вулканів, епідемії та ін.) і фізичними змінами (пооявами плям, протуберанців на Сонці). Циклічність цих процесів дорівнювала 11 рокам. Вивчення сонячної активності та її вплив на живу природу лягло в основу нової дисципліни – геліобіології. Результати дослідження вченого про вплив сонячної активності на революційні маси «коштували» йому восьми років таборів.*

Фотоперіодизм.

При чергуванні періодів світла і темряви в процесі адаптації у організмів склалися ритмічні зміни морфологічних, біохімічних, фізіологічних властивостей та функцій, що отримали назву **фотоперіодизму**. Фотоперіодизм закріплений генетично, відіграє роль сигнального фактора і генерується самим організмом. *Наприклад, ділення клітин, синтез ДНК та РНК, секреція гормонів, дихання, серцебиття.* Фотоперіодизм використовують у промисловому тваринництві, *наприклад, якщо скорочувати тривалість світлового дня ранньої осені в приміщеннях для вирощування хутрових звірів, то на кілька тижнів можна прискорити початок зимового линяння і формування високоякісного однорідного хутра, що має велике економічне значення. В практиці промислового птахівництва світловий режим чітко відпрацьований і старанно дотримується для інтенсивності несучості птиці.*

Типи фотоперіодичної реакції:

• **довгоденна фотоперіодична реакція**, коли розвиток або активність організму настає при збільшенні тривалості світлого дня. *Наприклад, у рослин: жито, овес, льон, пшениця; у тварин починається гніздування, розмноження та ін.;*

• **короткоденна фотоперіодична реакція**, коли розвиток організму припиняється при збільшенні тривалості світлого дня. *Наприклад, у рослин: айстри, георгіни; у тварин: тутовий шовкопряд впадає в сплячку.*

Належність до одного з типів фотоперіодичної реакції визначається за відсотком особин, що знаходяться в неактивному стані, тобто в стані діапаузи.

Фототаксис – це різновид фотоперіодизму, рухова реакція мікроорганізмів та їх здатність переміщуватись у відповідь на світловий стимул.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Наведіть основні класифікації екологічних чинників.*
- 2. Чому інколи важко віднести той чи інший екологічний чинник до певної категорії?*
- 3. Яка різниця між антропічним та антропогенним впливом екологічних чинників?*
- 4. Чи можна віднести глибину чи висоту над рівнем моря до екологічного чинника?*
- 5. Наведіть приклади циркадних та цирканних біологічних ритмів.*
- 6. Як явище фотоперіодизму використовують у сільському господарстві?*
- 7. Наведіть приклади фототаксису у різних видів рослинних і тваринних організмів.*

ТЕМА 1.3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Ключові поняття та терміни: екологічна толерантність, зони оптимуму, комфорту та песимуму, закон Лібіха, закон Блекмена, лімітуючий чинник, закон толерантності Шелфорда, стенобіонти, еврибіонти, коливальний режим екологічних чинників, закон компенсації екологічного чинника, закон відносності впливу екологічних чинників, закон взаємодії факторів, адитивність, синергізм та антагонізм

Загальні закономірності впливу екологічних факторів.

Життєдіяльність будь-якого організму можлива лише в певних межах значень екологічних факторів, за їх межами – життя неможливе. Якими б різноманітними не були екологічні чинники, результати їхнього впливу екологічно подібні, оскільки вони завжди проявляються у зміні життєдіяльності організмів, і як наслідок, змінюють чисельність популяції.

Діапазон інтенсивності дії екологічного чинника між його мінімальними і максимальними показниками, в межах якого можливе існування певного виду називають **зоною екологічної толерантності (межа витривалості, екологічна валентність, стійкість, пластичність екологічна)** (рис. 1).

В межах екологічної валентності виділяють наступні зони:

1) **зона оптимуму** – найбільш сприятлива для життєдіяльності організму. Інтенсивність впливу екологічного чинника на шкалі значень фактора – **оптимум** – означає, що в цій зоні можливі життєдіяльність та розмноження організму певного виду. Зона оптимуму для особин одного виду може бути різною, залежно від частини ареалу в якому вони знаходяться. *Наприклад, для медузи Aurelia aurita біля берегів Канади*

максимальна швидкість скорочення зонтика відбувається за температури $+18^{\circ}\text{C}$, тоді як у особин виловлених поблизу берегів Флориди – $+29^{\circ}\text{C}$;



Рис. 1. Діапазон екологічної толерантності

2) **зона комфорту** – це зона нормальної життєдіяльності виду за відхилення значень екологічного фактора від оптимального. Життєдіяльність особин за перебування у цій зоні пригнічується, але все ще є сприятливою для росту і розвитку певного виду організмів.

3) **зона песимуму (зона пригнічення)** – це зона, в якій інтенсивність впливу екологічного чинника виходить за межі прийнятних для життєдіяльності виду, за якою йде **межа витривалості**. За межами цієї зони існування організму неможливе.

Юстус Лібіх (1840) був німецьким хіміком, засновником теорії мінерального живлення рослин. Він першим почав вивчати вплив різних факторів на ріст рослин і встановив, що врожай культури часто лімітується (обмежується) не тим елементом живлення, якого потрібно у значній кількості (наприклад, вода), а тим, якого в ґрунті дуже мало (наприклад, цинк). Ю. Лібіх сформулював принцип: від речовини, що знаходиться в мінімумі, залежить врожай і визначається величина та

стійкість останнього в часі. Ілюструється він як діжка, в якій рівень води визначає найнижча дірка.

ЗАКОН ЛІБІХА (ЗАКОН ЛІМІТУЮЧОГО ЧИННИКА):
існування та витривалість організму лімітуються тим чинником навколишнього середовища, який перебуває в мінімумі

Отже, витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюгу його екологічних потреб. Тобто, життєві можливості організму лімітуються тим екологічним чинником, кількість і якість якого близькі до необхідного мінімуму. Подальше відхилення показника лімітуючого екологічного чинника в ту чи іншу сторону веде до загибелі організму.

Лімітуючим називають чинник, який обмежує можливість існування виду в конкретних умовах, не зважаючи на оптимальні значення інших чинників. В різних екосистемах лімітуючими можуть бути різні чинники. *Наприклад, для рослин у тропічній пустелі лімітуючим чинником є вода, а в приполярних районах – тепло; у відкритому океані – залізо, оскільки там воно присутнє у важкодоступній для засвоєння організмами формі; у ґрунті вологих районів, озерах, околицях океанів – фосфор.*

Закон лімітуючого чинника лежить в основі теоретичного обґрунтування гранично допустимої концентрації (ГДК) забруднювачів, тобто визначає порогові значення фактора, за яких в організмі ще не відбувається патологічної зміни. Ці показники встановлюють експериментально і повинні прийматися в якості ГДК.

ЗАКОН БЛЕКМАНА: загальний вплив лімітуючих чинників може перевищити сумарний додатковий ефект комплексу інших чинників середовища

Блекман Ф. (1909 р.) запропонував принцип обмежуючих (лімітуючих) чинників, згідно якого для організму найвагомим є той фактор, значення якого найбільше відхиляється від оптимальних показників.

Американський вчений **Віктор Ернст Шелфорд (1910)** довів, що лімітуючим може бути не лише нестача, а й надмірність впливу екологічного чинника.

ЗАКОН ТОЛЕРАНТНОСТІ ШЕЛФОРДА: існування будь-якого організму (виду) в певному середовищі визначається не лише кількісним мінімумом, а й максимумом екологічного чинника

За межами встановленої величини діапазону толерантності чинник діє як лімітуючий. За цим законом будь-який надлишок речовини чи енергії в екосистемі стає її «ворогом».

Ступінь толерантності організмів в екології позначають за допомогою префіксів: «**еври-**» – широкий і «**стено-**» – вузький.

Стенобіонти – це організми, які живуть лише в певних умовах середовища, при дуже незначному коливанні значень екологічних чинників.

Еврибіонти – це організми, які живуть в досить різноманітних умовах середовища або при значних його змінах.

В індивідуальному розвитку кожного організму є критичні періоди коли він найчутливіший до змін чинників середовища і саме в цей період багато екологічних чинників стають лімітуючими. Переважно це періоди розмноження та раннього онтогенезу. *Наприклад, доросла рослина кипарису може рости в сухому або залитому водою ґрунті, але розмножується – виключно на вологій, але не залитій водою території.*

Краби та інші морські тварини можуть жити як у прісній воді так і в солоній, однак для личинок крабів необхідною є вода з високим вмістом солі.

КОЛИВАЛЬНИЙ РЕЖИМ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ:

найсприятливішим для організму є не фіксоване значення будь-якого чинника, а певна амплітуда і частота його коливання в певних «оптимальних» межах

У практиці рибного господарства вважалося, що будь-яке занепокоєння риб призводить до підвищення їхньої активності, зростання рівня енергетичного обміну, витрати енергії, що веде до зменшення ефективності біопродуктивного процесу. Професор Константинов О.С. провів експеримент щодо з'ясування ролі стресу на ріст риб – білого товсто лоба: в контролі подачу корму здійснювали автоматично, а в досліді риб годували і лякали, що призводило до її занепокоєння та метушіння. Через місяць отримали результат: риба, яка піддавалася впливу стресу росла на 30–40 % швидше і на 20 % ефективніше використовувала корм, мала оптимальні фізіолого-біохімічні показники. У риби позбавленої стресу реєстрували деградацію мозку.

ЗАКОН КОМПЕНСАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

(Рюбеля Е., 1930): відсутність або нестача деяких екологічних факторів можуть бути компенсовані іншим близьким (аналогічним) фактором

*Наприклад, деякі молюски (*Mytilus galloprovincialis*) можуть замінювати відсутність або значний дефіцит кальцію стронцієм для побудови своїх раковин. Брак світла в парнику може бути компенсований*

збільшенням концентрації CO₂ або стимулюючою дією деяких біологічно активних речовин (гіберелінів). Однак, така компенсація факторів, як правило, відносна.

ЗАКОН НЕЗМІННОСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФАКТОРІВ
(Вільямс В.Р., 1949): фундаментальні екологічні чинники (світло, вода, CO₂, азот, фосфор, калій та ін.) в принципі незамінні і не можуть бути замінені іншими факторами

Взаємодія екологічних чинників.

В природі екологічні чинники завжди діють комплексно. Саме комплекс чинників, під впливом якого здійснюються всі основні життєві процеси у організмів, включаючи розвиток і розмноження, називають **умовами життя**, за відсутності розмноження – **умови існування**.

ЗАКОН ВІДНОСНОСТІ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНОГО ЧИННИКА:
організм завжди пристосовуються до всього комплексу умов, а не до одного чинника

Величина врожаю залежить не від окремого, хоча б і найважливішого лімітуючого чинника, а від усієї сукупності екологічних чинників одночасно. Наприклад, середній вміст міді в ґрунтах України становить 20 мг/кг. Живі організми виробили адаптації до впливу цього чинника та надзвичайно хворобливо реагують на його збільшення або зменшення. Концентрація міді в тканинах рослин пропорційна його вмісту у ґрунті і виконує контролюючу роль. В організмі людини надлишок або дефіцит міді призводить до захворювань, які часто спостерігається у вегетаріанців.

Водночас, у комплексному впливі середовища одні чинники є **головними (ведучими)**, які є різними для певних видів або одного виду в різні періоди життя та **другорядними**. Наприклад, для первоцвітів ведучим чинником є світло, а після відцвітання – волога і наявність поживних речовин. Для культурних злаків в період проростання ведучим чинником є температура, в період цвітіння та колосіння – ґрунтова волога, в період дозрівання – вологість повітря і кількість поживних речовин.

Ведучий чинник не слід плутати із лімітуючим. Якщо хоча б один з екологічних чинників наближається до граничних показників, то не дивлячись на оптимальне поєднання інших умов, організму загрожує небезпека.

ЗАКОН ВЗАЄМОДІЇ ФАКТОРІВ (КОНСТЕЛЯЦІЇ): оптимальна зона та межі витривалості організмів відносно будь-якого чинника середовища можуть зміщуватися залежно від того, з якою силою і в якому поєднанні діють одночасно інші фактори

Розрізняють три типи взаємодії екологічних чинників:

- **адитивність**, коли кожний чинник діє незалежно від інших і їхній загальний вплив дорівнює сумі впливів кожного (*наприклад, сумарна доза поглинутої іонізуючої радіації із різних джерел*).
- **синергізм**, коли дія одного чинника посилює вплив іншого (*наприклад, холод посилює вплив голодування*).
- **антагонізм** – вплив одного чинника послаблює дію іншого (*наприклад, антибіотики пригнічують розвиток збудників інфекційних хвороб*).

ПРАВИЛО ВЗАЄМОДІЇ ТА КОМПЕНСАЦІЇ ФАКТОРІВ: всі екологічні фактори впливають спільно, і можуть посилювати або компенсувати вплив один одного

Наприклад, кліматичні чинники можуть бути заміщені біотичними, так вічнозелені види рослин за їх інтродукції у континентальному кліматі можуть рости під захистом верхніх ярусів рослинності.

Запитання для самоперевірки:

1. Чи можуть екологічні чинники заміщувати один одного або компенсувати вплив один одного?
2. Охарактеризуйте зону екологічної толерантності конкретного виду живого організму за впливу одного з екологічних чинників.
3. Які фактори можна вважати лімітуючими?
4. Наведіть приклад дії закону Ю. Лібіха.
5. Чому найсприятливішим для організму є не фіксоване значення будь-якого чинника, а певна амплітуда і частота його коливання в певних «оптимальних» межах?
6. Які типи взаємодії екологічних чинників вам відомі?
7. У чому полягає закон Блекмана?

ТЕМА 1.4. АУТЕКОЛОГІЯ (ЕКОЛОГІЯ ОСОБИН)

Ключові поняття та терміни: аутекологія, середовище життя, місцеперебування, екологічна група, життєва форма, екотип, фізіологічні раси, адаптація; фізіологічна, анатомо-морфологічна, біохімічна, онтогенетична і етологічна адаптації, адаптативний комплекс

Поняття про середовище життя.

Ауतेкологія (екологія особин) - це наука, яка вивчає взаємовідносини окремих організмів виду з довкіллям.

Ауतेкологія досліджує реакцію організму на вплив екологічних чинників, визначає межі його стійкості, вплив факторів на морфологію, фізіологію, особливості поведінки організму, цикли розвитку та ін.

Життя організмів повністю залежить від фізичного середовища: по-перше, організми отримують з нього їжу, а по-друге, поширення рослин і тварин обмежується їх витривалістю до впливу абіотичних факторів. Частина природи, що оточує організм та здійснює на нього прямий або опосередкований вплив визначається як **«середовище»**. Поряд з терміном «середовище» часто використовується його синонім: «середовище проживання», «життєве середовище», «зовнішнє середовище». Останнім часом вживаним є термін «оточуюче середовище». Однак, в екологічному законодавстві України визнаним є поняття **«навколишнє природне середовище»** — сукупність чинників природного та техногенного походження, що оточують організми, прямо або опосередковано впливають на їхній стан, розвиток, виживання і розмноження.

Будь-який організм в середовищі свого існування піддається впливу на нього самих різноманітних факторів. В середовищах проживання, які різняться між собою комплексом умов, що забезпечують можливість

життя, виділяють *місцеперебування* (місцеіснування) – це більш «вузькі» комплекси умов, що якісно відрізняються між собою в середовищі життя. *Так, у водному середовищі місцеперебуванням може бути товща води, дно, поверхнева плівка, серед водоростей або водної рослинності.* За Ю. Одумом місцеперебування – це «адреса» виду, і які б не були «інтимні стосунки» організмів з середовищем, рано чи пізно будь-яке середовище буде заселене.

Екологічні чинники впливають на організми зумовлюючи:

- усунення деяких видів з території існування (кліматичні і фізико-хімічні особливості, за яких конкретний вид не може існувати);
- зміну чисельності популяцій;
- появу адаптивних модифікацій, таких як діапауза, зимова і літня сплячки, фотоперіодичні реакції та інші.

В усіх випадках відповідність організмів і середовища досягається комбінацією двох основних стратегій, які притаманні організмам та виникають у відповідь на вплив чинників середовища: **уникнення і виживання.**

Уникнення характерно для великих тварин з добре розвиненою локомоторною системою, завдяки чому вони намагаються мінімізувати вплив несприятливих умов середовища.

В основі виникнення різних адаптивних модифікацій, які дозволяють успішно використовувати середовище існування виду лежить стратегія виживання. Повнота відповідності середовища життя організму вимірюється успіхом у розмноженні.

Екологічна класифікація організмів і життєві форми.

Історичне виникнення пристосування до найповнішого та найефективнішого використання умов місцеперебування й просторового розселення у тварин і рослин призвело до утворення життєвих форм.

Життєва форма організму – це морфологічний (морфо-фізіологічний) тип пристосування організму до умов існування та певного способу життя.

Класифікація життєвих форм рослин, *наприклад: дерева, кущі, кущики, напівкущики, ліани, сукуленти, трав'янисті рослини.* У тварин життєва форма – це група особин, що мають подібні морфологічні пристосування для життя в однаковому середовищі. *Наприклад, класифікація життєвих форм тварин за Д.Н. Кашкаровим (1945): плаваючі, риючі, наземні, деревні лазаючі, повітряні форми.*

Екотип – це генетичні лінії популяцій, у яких морфологічно проявляються специфічні пристосування до особливостей того середовища, в якому вони мешкають.

Найвдаліше проілюстрував різноманітність екотипів шведський ботанік Г. Турессон зібравши насіння рослини нечуйвітер волохатенький (ястребинка) з різних місцеперебувань і виростивши їх у власному саду. Незважаючи на ідентичні умови вирощування, рослини зберегли морфологічні відмінності: прямостоячі стебла з широким листям були характерними для екземплярів з лісу; розпростерті стебла та тонкі ворсинки на рослині – з пісчаних полів; вузькі листки і проміжний характер стебла – з пісчаних дюн (рис. 2).



Рис. 2. Екотипи виду нечуйвітер волохатенький

Якщо не відомо, чи адаптативний механізм закріплено генетично, говорять про **фізіологічні раси**.

Життєві форми організмів слід відрізняти від їх екологічних груп. Якщо життєві форми відображають пристосованість організмів до специфіки певного місцеперебування в цілому, то **екологічні групи (екогрупи) – це специфічні адаптації до окремих чинників навколишнього середовища (наприклад, до температури, вологості, світла, солоності та ін.)**.

Особливості **екологічної систематики** характеризуються тим, що в основу класифікації можуть бути покладені:

- спосіб харчування;
- переміщення (*біг, ходьба, стрибки*)(рис. 3);
- відношення виду до температури (*пойкілотермні, гетеротермні, гомойотермні*);
- відношення до вологості (*мезофіти, ксерофіти, сукуленти*);
- відношення до світла (*геліофіти, сціофіти*) та ін.

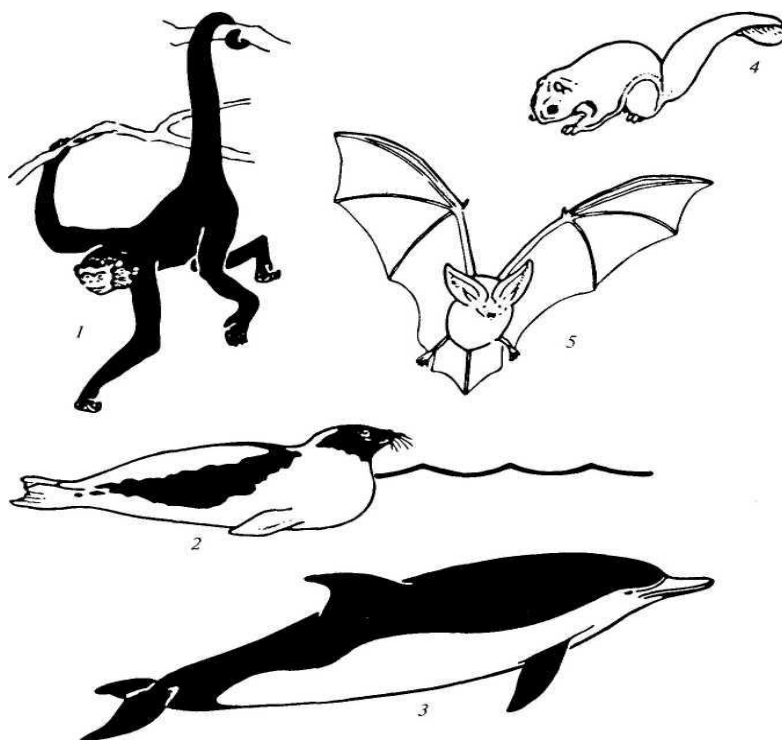


Рис. 3. Екологічні групи тварин за способом переміщення

Поняття про адаптацію.

Адаптація – це еволюційно вироблені пристосування організму, що дозволяють йому виживати та розмножуватися в характерному для них середовищі.

Здатність до адаптації – це одна з основних властивостей живого. Адаптації виробляються під дією 3-х чинників: **спадковість, мінливість, природній або штучний відбір.**

Шляхи пристосування організмів:

1) активний шлях адаптації, для якого характерно посилення спротиву, розвиток регуляторних процесів, що дозволяє здійснювати життєві функції (*наприклад, розвиток терморегуляторних процесів для протікання біохімічних процесів в клітинах*);

2) пасивний шлях адаптації – це підпорядкування життєвих функцій організму змінам чинників середовища (*наприклад, стан анабіозу*);

3) уникнення несприятливого впливу – це вироблення організмом таких життєвих циклів і поведінки, які дозволяють уникнути впливу несприятливих чинників (*наприклад, сезонні міграції птахів*).

Типи адаптації:

1) фізіологічні адаптації – це зміна фізіологічних процесів в організмі. *Наприклад, пристосування травного каналу до складу їжі; здатність верблюда забезпечувати організм вологою шляхом окислення запасів жиру; наявність у бактерій ферментів, що розщеплюють целюлозу.*

Популяціям людини різних адаптаційних типів властиві відмінності у процесах травлення. Так, розрізняють травлення за «**типом вовка**», яке подібне до травлення у хижих тварин і характеризується високою кислотністю шлункового соку та хімічним обробленням харчової грудки в центральній частині шлунку. При цьому захист слизової оболонки шлунку здійснюється за рахунок специфічної адаптації – продукування великої

кількості слизу. Такий тип травлення властивий народам Півночі, раціон яких складається, переважно, з м'яса тварин або риби (Додаток, рис. 1).

Популяції людини, у харчовому раціоні якої переважає рослинна їжа умовно називають **«за типом кабана»**. У них, порівняно, невисока кислотність шлункового соку дозволяє перетравлювати їжу поблизу стінок шлунку в тісному контакті з шлунковими залозами, подібно до травлення кабанів, ведмедів та інших тварин (Додаток, рис. 2).

У аборигенів Нової Гвінеї азотфіксувальна мікрофлора кишківника допомагає отримувати додатковий азот у бідному на білки раціоні, а у якутів та ескімосів в організмі відсутній фермент алкогольдегідрогеназа, який розщеплює алкоголь;

2) морфологічні адаптації (морфо-анатомічні) – це зміна в будові організму. Наприклад, видозміна листка в колючку у кактусів необхідна для зниження втрати води в умовах посушливого клімату; яскраве забарвлення пелюсток у комахоzapилювальних рослин; збільшення густоти шерсті у ссавців при наближенні зими; збільшення числа еритроцитів у крові мешканців високогірних районів; вироблення пігменту меланіну в шкірі у відповідь на вплив сонячних променів – все це тривалі адаптаційні пристосування, які пов'язані зі зміною фізіологічних механізмів адаптації. Морфологічні адаптації призводять до формування життєвих форм у живих організмів;

3) поведінкові адаптації (етологічні) – це зміни в поведінці тварин і людини до впливу біотичних, абіотичних та антропогенних екологічних чинників. Наприклад, зміна пози тварин у просторі, риття нір, спорудження гнізд, сезонні міграції, шлюбні ігри, зміна окрасу хамелеону, яка здійснюється за декілька секунд. Поведінкова реакція організму на вплив екологічного чинника є найшвидшою.

Групові поведінкові адаптації характерні наприклад, для пінгвінів, які в сильний мороз збиваються в гурт, кружляють і переміщуються.

Причому, особини, які знаходяться на периферії поступово переміщуються в центр конгломерату. Аналогічну поведінку реєструють у верблюдів, які у спеку також збиваються в групи, притискаються один до одного боками, але досягають зворотного ефекту – охолодження. Адже всередині такого скупчення підтримується постійна температура тіла для даного виду. Для верблюдів у центрі скупчення температура тіла знаходиться в межах +39 С°, а на кінчиках шерстинок – може досягати +70 С°.

4) біохімічні адаптації проявляються при внутрішньоклітинних процесах. Такі адаптації є «крайнім методом» адаптації та «включаються» лише тоді, коли неможливі або неефективні інші типи адаптації. *Наприклад, зміна активності ферментів при зміні їхньої кількості.*

5) онтогенетичні адаптації – це прискорення або уповільнення індивідуального розвитку організму, що сприяє виживанню виду при критичній зміні умов. *Наприклад, припинення розвитку личинок всередині яйця геогельмінтів – нематод родини Ascarididae до 3-х місяців при зниженні температури атмосферного повітря нижче оптимальної.*

Таким чином, екологічні чинники на рівні особини впливають:

- на поведінку тварин;
- змінюють трофічні взаємовідносини організму з середовищем;
- визначають характер метаболізму;
- впливають на здатність до розмноження;
- змінюють плодючість;
- визначають розвиток, швидкість росту та тривалість життя.

Адаптивний комплекс.

Адаптивний комплекс – це унікальний коадаптивний комплекс анатомо-морфологічних, фізіологічних, поведінкових та інших особливостей, властивий кожному конкретному організму. Прикладом адаптивного комплексу може бути рогата ящірка, що

мешкає в Америці та харчується лише мурахами у великій кількості. Через неможливість засвоювати хітин, вона змушена поїдати велику кількість їжі, внаслідок чого її шлунок займає значну частку маси тіла (близько 13 %) і форма тіла змінюється (**морфологічні адаптації**). Бочкоподібна форма тіла знижує швидкість її руху, вона не може вчасно схватися від хижаків, тому на поверхні тіла утворилися шипи і тварина перейшла до прихованого способу життя та більш тривалого періоду активності (**поведінкова адаптація**). Зниження рухливості ящірки зумовило виникнення **фізіологічної адаптації** – нижчі показники температури тіла порівняно з іншими видами ящірок (Додаток, рис. 3. та рис. 4).

Адаптивний комплекс явище видове, оскільки всім особинам даного виду в рівному ступені притаманні певні типи адаптацій, водночас, їхнє вивчення можливе на єдиному представнику виду. Адекватна відповідь на вплив абіотичного чинника є пусковим механізмом для взаємопов'язаних реакцій на популяційному та видовому рівнях.

Запитання для самоперевірки:

1. Чим відрізняється місцез перебування організму від навколишнього середовища?
2. Що покладено в основу екологічної систематики?
3. За допомогою яких стратегій досягається відповідність між організмом і середовищем існування?
4. Чим відрізняється екотип виду від фізіологічної раси?
5. Який з типів адаптацій потребує тривалого періоду, а який є найшвидшим?
6. Чому американська рогата ящірка морфологічно відрізняється від представників близькоспоріднених видів?
7. Який із типів адаптацій є ключовим у формуванні адаптивного комплексу?
8. Як екологічні чинники впливають на види на рівні особини?

ТЕМА № 1.5. СЕРЕДОВИЩА ЖИТТЯ ТА АДАПТАЦІЇ ДО НИХ У ОРГАНІЗМІВ

Ключові поняття та терміни: водне, наземно-повітряне, едафічне та організмове середовища життя, екологічні зони світового океану, гідробіонти, планктон, нектон, бентос, пойкилотермні, гетеротермні та гомойотермні організми, анабіоз, правило Ван-Гоффа, мікро-, мезо-макро- і мегафауна ґрунту, мешканці нір, біолюмінісценсія, облігатні й факультативні паразити

Середовище життя - це частина природи, яка оточує живі організми і впливає на них певним чином.

На нашій планеті живі організми освоїли чотири середовища існування:

- 1) водне середовище життя було освоєне першим;
- 2) організмове середовище життя пов'язане з появою паразитів і симбіонтів;
- 3) наземно-повітряне середовище;
- 4) ґрунтове середовище (власне ґрунт, гірська поверхня частини літосфери).

Адаптації організмів до водного середовища життя.

Всі мешканці водойм – *гідробіонти*, незважаючи на відмінності в способі життя, мають пристосування до екологічних чинників водного середовища: щільності, солоності, водневого показника води, теплопровідності, здатності розчиняти гази, вмісту кисню, тиску, освітленості та ін.

В океані й морях розрізняють насамперед **дві екологічні області** (рис. 4):

- **пелагіаль** – товщу води;
- **бенталь** – дно водойми.

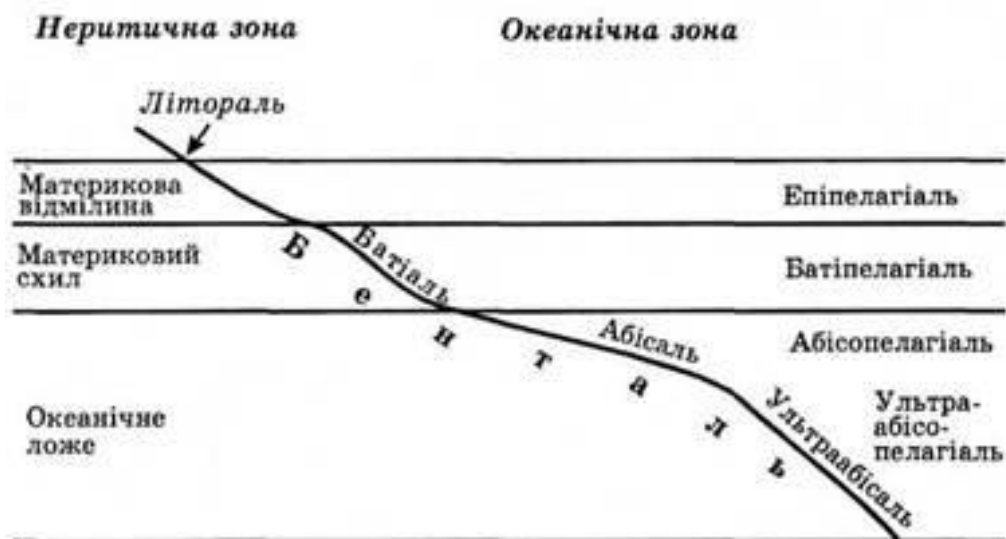


Рис. 4. Екологічні зони Світового океану

Залежно від глибини бенталь поділяють на:

- 1) **супралітораль** – це частина берега вище рівня припливів, яка зволожується бризками прибою. Мешканці супраліторалі живуть в умовах відносно невисокого атмосферного тиску, денного сонячного освітлення, часто, досить значних змін температурного режиму;
- 2) **літоральна зона** знаходиться на межі середовищ (водного і наземно-повітряного), яка заливається під час припливів;
- 3) **сублітораль** – це область плавного зниження суші до глибини 200 м;
- 4) **батіаль** визначають як область крутого схилу (200 м – 3 км);
- 5) **абісаль** – це область океанічного ложа (3 – 6 км);
- 6) **ультраабісаль** – западини океанічного ложа (6 – 10 км).

Мешканці абісальних та ультраабісальних глибин існують у повній темряві, при сталих значеннях температури й потужному тиску в декілька сотень, а іноді й близько тисячі атмосфер.

Пелагіаль ділять на вертикальні зони, відповідно до глибини бенталі:

1) епіпелагіаль. Нижня межа епіпелагіалі (не більше 200 м) характеризується проникненням сонячного світла в кількості, достатній для фотосинтезу. Фотосинтезуючі рослини глибше цих зон існувати не можуть;

2) батіпелагіаль відповідає батіальній зоні бенталі з глибинами від 200 м до 3 км;

3) абісопелагіаль – зона батіальних (сутінкових) і абісальних глибин (зона повної темряви), де мешкають лише мікроорганізми та тварини.

Різні екологічні зони виділяють й у інших типах водойм: озерах, болотах, ставках, річках і т.д. Різноманітність гідробіонтів та їхніх специфічних адаптацій дуже велика.

Екологічні групи гідробіонтів. Найбільшою різноманітністю життя відрізняються теплі моря та океани. В області екватора і тропіків нараховують близько 40 тис. видів організмів, а за віддаленості на північ та південь відбувається збіднення флори і фауни морів в сотні разів. Основна маса живих організмів зосереджена в поверхневих шарах (епіпелагіаль) та в субліторальній зоні, що пов'язано з проникністю сонячних променів. Залежно від місцеперебування, способу пересування й особливостей харчування гідробіонти володіють тими чи іншими загальними екологічними властивостями.

Гідробіонтів дна океану називають **бентосом**, а організми, що мешкають у товщі води або пелагіалі – **пелагос**. За здатністю до пересування та способу живлення мешканців водойм поділяють на три екологічні групи: планктон, нектон і бентос.

I. Планктон – це сукупність рослин (**фітопланктон**: діатомові, зелені і синьо-зелені (лише у прісних водоймах) водорості, рослинні джгутиконосці) та дрібні тварини (**зоопланктон**: дрібні ракоподібні,

крилоногі молюски, медузи, реброплави, деякі черви, ікра та личинки риб), що мешкають на різній глибині, але не здатні до активних пересувань і до протистояння течії. Для планктону, плаваючих та сидячих донних організмів, (наприклад, морські лілії, мідії, устриці та ін.) характерний **фільтраційний тип харчування** зваженими у воді дрібними організмами й харчовими частинками за допомогою різних пристосувань. Для рослин адаптацією є активне вегетативне розмноження, розвиток **гідрохорії** – винос квітконосів над водою і поширення пилку, насіння та спор поверхневими течіями.

До складу планктону входять:

- **нейстон** – організми поверхневої плівки води (наприклад, синфора – «португальський кораблик», водяний клоп та ін.);
- **плейстон** – це організми, у яких верхня частина тіла зростає над водою, а нижня у воді (наприклад, ряска, сифонофори та ін.);

Планктон відіграє важливу роль у трофічних зв'язках біосфери, тому є їжею для багатьох водних мешканців, у тому числі основним кормом для вусатих китів.

II. Нектон – це великі тварини, здатні активно пересуваються, долати великі відстані та сильну течію (наприклад, риби, дельфіни, кальмари, ластоногі, кити). Серед пристосувань до такого способу життя виділяють обтічну форму тіла, розвиток мускулатури та органів чуття для орієнтації в довкіллі.

III. Бентос – це гідробіонти дна, представлені в основному організмами, що ведуть прикріплений спосіб життя.

- **зообентос** (наприклад, риби, губки, кишковопорожнинні, черви, плечоногі молюски, асцидії, та ін.);
- **фітобентос**: (наприклад, на мілководді: діатомові, зелені, бурі, червоні водорості, бактерії; а глибині, де немає світла, фітобентос відсутній).

Найбільш багаті фітобентосом кам'янисті ділянки дна. У воді поблизу берега зростають *гідрофіти* – це напівзанурені у воду рослини (наприклад, стрілолист, білокрильник, очерет). Для бентосу характерною є закономірна зміна свого забарвлення відповідно до глибини місцеперебування. У верхніх шарах вони мають яскраве різнокольорове забарвлення, в сутінкової зоні – переважно червоний відтінок, щоб зручніше ховатися від ворогів (наприклад, морський окунь, корали, ракоподібні). Глибоководні види взагалі позбавлені пігментів.

До кожного з абіотичних екологічних чинників гідробіонти виробляють специфічні адаптації.

Адаптації до щільності води. Щільність води визначає її значну виштовхувальну силу. Це означає, що у воді полегшується вага організмів і з'являється можливість вести постійне життя *планктонних організмів* у водній товщі, не опускаючись на дно. Безліч видів планктону, переважно дрібних, нездатних до швидкого активного плавання, перебувають у воді у зваженому стані. Сидячий спосіб життя був би неможливий у водних мешканців, якби не було планктону, а він, у свою чергу, можливий лише в середовищі з достатньою щільністю. У пасивно плаваючих тварин збільшується питома поверхня тіла за рахунок виростів, шипів, додатків. Тіло плоске, через редукцію скелетних органів, слабо розвинені або зовсім відсутні механічні тканини (опорою слугує сама вода), є повітроносні міжклітинні порожнини. Пересування здійснюється реактивним способом (наприклад, головоногі молюски, медузи, каракатиці), вигинанням тіла, за допомогою джгутиків, війок тощо.

Щільність води ускладнює активне пересування в ній *нектонних організмів*.

Адаптації до тиску води. У зв'язку з високою щільністю води тиск з глибиною значно зростає. Глибоководні мешканці здатні переносити тиск, який в тисячі разів вище, ніж на поверхні суші. У придонних тварин зникає

або слабо розвинений кістяк, збільшуються розміри тіла й змінюється їхня форма, стає плескатою (*наприклад, електричний скат, кабала*).

Адаптації до світла. Світло проникає у воду на невелику глибину, тому рослинні організми можуть існувати лише у верхніх горизонтах водної товщі — до 100–200 м навіть у самих чистих морях, що визначає фотосинтетичну активність фітопланктону. Чим менше прозорість води, тим більше поглинається світло. Прозорість води лімітується мінеральними суспензіями і вмістом планктону та зменшується при бурхливому розвитку дрібних організмів влітку, а в помірних й північних широтах, також, взимку, після встановлення льодового покриву та укриття його зверху снігом. В океанах, де вода дуже прозора, на глибину 140 м проникає лише 1 % світлової радіації, а в невеликих озерах до 2 м — на десяти частини відсотку.

Промені різних частин спектру поглинаються у воді неоднаково, залежно від глибини: спочатку поглинаються червоні промені, потім зелені, блакитні, сині та, врешті, синьо-фіолетові, переходячи в повну темряву. Відповідно, змінюється колір гідробіонтів, що адаптуються не лише до спектрального складу світла, але й до його нестачі – **хроматична адаптація**. У світлих зонах, на мілководдях переважають зелені водорості, хлорофіл яких поглинають червоні промені, з глибиною вони змінюються бурими і, далі, червоними. На великих глибинах фітобентос відсутній. До дефіциту світла рослини пристосувалися розвитком **хроматофорів** великих розмірів, що забезпечують низьку точку компенсації фотосинтезу, а також збільшення площі асиміляційних органів (індексу листової поверхні). Для глибоководних водоростей типовою ознакою є сильно розсічені листки, листкові пластини тонкі, просвічуються. Для плаваючих рослин характерна **гетерофілія**, коли листя над водою такі ж, як у наземних рослин, мають цілісну пластинку, дуже тонкі.

В результаті поганої освітленості у гідробіонтів вироблені певні адаптації для кращої орієнтації в просторі:

- розвиток різних органів дотику (*вусики, щупальця*), що відчують зміну температури чи потоку води;
- здатність генерувати електричний струм для захисту, нападу, сигналізації та орієнтації у просторі (*наприклад, електричний скат*).

Біолюмінісценсія – це здатність організмів генерувати світло, що пов'язано з наявністю специфічного білку – *люциферази* (*наприклад, у медузи, морського коника, каракатиці*). Сьогодні, це природне явище використовують в екології для експрес-контролю стану навколишнього середовища промислових районів, залпових викидів підприємств, оцінки ефективності детоксикації стічних вод та ін. Принцип біотестування базується на основі високої чутливості люциферазних реакцій мікроорганізмів до впливу токсичних речовин.

Адаптація до температури. Через високу теплоємності води коливання температури у водоймах згладжені, тому у гідробіонтів немає необхідності адаптуватися до різких перепадів температури, морозів або спеки. Окремі види мікроорганізмів здатні жити і розмножуватись в термальних джерелах за температур наближених до точки кипіння води (*наприклад, бактерії при +88 °С, синьо-зелені водорості – +80 °С*). Діапазон значень температури води в Світовому океані знаходиться в межах від -2 до +36 °С, у прісних водоймах – від -0,9 до +25 °С. З глибиною температура води різко знижується. Так, на глибині до 50 м реєструють добові коливання температури, до 400 м – сезонні, глибше температура є постійною в діапазоні від +1 до +3 °С (*у Заполяр'ї близька до 0 °С*). Оскільки температурний режим у водоймах порівняно стабільний, їх мешканцям властива **стенотермія** – адаптація організмів до вузького інтервалу коливань температури. Незначні коливання температури в ту або іншу сторону можуть супроводжуватися суттєвими змінами у водних

екосистемах. Наприклад, в дельті річки Волги через пониження рівня Каспійського моря і прогрівання води виникає природне явище «**біологічний вибух**», що характеризується розростанням лотосу.

Адаптація гідробіонтів до складу газів у воді. Одна зі складностей життя водних мешканців – це обмежена кількість кисню, який надходить у воду переважно за рахунок фотосинтетичної діяльності водоростей та дифузії з повітря. Вміст розчиненого у воді кисню зменшується при забрудненні або нагріванні води, у водоймах мають місце **замори** – масова загибель гідробіонтів.

Деякі види риб дуже чутливі до дефіциту кисню (наприклад, форель, гольян, харіус), тому своїм місцеперебуванням обирають холодні гірські річки і струмки. Інші риби (наприклад, карась, сазан, плотва) невибагливі до вмісту кисню та можуть жити на дні глибоких водойм. Багато водяних комах, личинки комарів, легеневі молюски толерантні до вмісту кисню у воді.

Вуглекислого газу у воді майже в 700 разів більше, ніж у повітрі. Він використовується у фотосинтезі рослин і йде на формування вапняних скелетних утворень тварин (наприклад, раковини молюсків, покриви ракоподібних, каркаси радіолярій).

Пристосування до рухливості води. Характерною рисою водного середовища є рухливість води. Вона обумовлена приливами та відливами, морськими течіями, штормами, різним рівнем висотних відміток русел річок. У проточних водоймах виділяють окрему групу рослин – **перифітон** (зелені й діатомові водорості, водяні мохи), що міцно прикріплюються до нерухомих підводних предметів за допомогою органів фіксації, які розміщені на черевній стороні тіла. У приливно-відливній смузі морів багато тварин мають пристосування для прикріплення до дна (наприклад, черевоногі молюски, вусоногі рачки) або ж ховаються в ущелинах.

У риб проточних вод специфічною адаптацією до місцеіснування є кругла в поперечнику форма тіла, а у риб, що мешкають поблизу дна тіло плоске, як у придонних безхребетних тварин.

Пристосування до солоності води. Сольовий склад середовища також дуже важливий для водних організмів, оскільки солоність води впливає на її надходження до організму. Деякі види морських гідробіонтів не можуть жити в прісних водах, а прісноводні – в морях.

Природним водоймам властивий певний хімічний склад. Переважають карбонати, сульфати, хлориди. У прісних водоймах концентрація солей не перевищує показника 0,5 г/л, в морях – від 12 до 35 г/л.

У прісній воді (гіпотонічне середовище) добре виражені процеси осморегуляції. Гідробіонти змушені постійно видаляти проникаючу в них воду, вони **гомойосмотичні** (наприклад, інфузорії кожні 2-3 хвилини «прокачують» через себе кількість води, що дорівнює їх вазі). У солоній воді (ізотонічне середовище) концентрація солей в тілі та тканинах гідробіонтів однакова з концентрацією солей, розчинених у воді – **пойкілоосмотичні** організми.

У мешканців солоних водойм осморегуляторні функції не розвинені, тому вони не можуть заселити прісні водойми. **Стеногалінні** види, які не можуть переносити значних змін солоності води, **евригалінні** – можуть жити як солоній так і в прісній воді (наприклад, прісноводний судак, щука, лящ, кефаль, приморський лосось).

Водні рослини здатні поглинати воду і поживні речовини з води всією поверхнею тіла, тому в них сильно розчленовані листя та слабо розвинені провідні тканини і коріння. Коріння слугують в основному для прикріплення до підводного субстрату.

Ставлення гідробіонтів до кислотності. У прісноводних водоймах кислотність води або концентрація водневих іонів (рН) варіює набагато сильніше, ніж у морських (від 3,7–4,7 (кислі) до 7,8 (лужні)), що визначає

видовий склад рослин-гідробіонтів. У кислих водах боліт ростуть сфагнові мохи і живуть раковини-корненіжки, але немає молюсків-беззубок, рідко зустрічаються інші види молюсків. Більшість прісноводних риб живуть в діапазоні рН від 5 до 9 та масово гинуть за межами цих значень. Кислотність морської води з глибиною стає меншою.

Прісноводні рослини і тварини екологічно більш пластичні (*евритермі, евригаленні*) порівняно з морськими, а мешканці прибережних зон — порівно з глибоководними. Є види, що володіють вузькою екологічною пластичністю по відношенню до одного з факторів (*наприклад, лотос – стенотермний вид, рачок артемія – стеногаленний*) та широкою відносно інших екологічних чинників. Пластичність гідробіонтів також залежить від їх віку і фази онтогенезу.

Наземно-повітряне середовище життя.

Наземно-повітряне середовище набагато складніше для життя, ніж водне за рахунок різноманітності абіотичних факторів (*освітленість, мала густина повітря, температура, вологість, газовий склад атмосфери та ін.*) та широкого діапазону їх коливання у різних географічних зонах й екологічних системах.

Першими організмами, які адаптувались до умов суходолу були, ймовірно, мешканці припливно-відпливних зон або водойм, що періодично пересихали.

Серед адаптацій організмів до наземно-повітряного середовища слід виділяти:

- формування зовнішнього кістяку (*наприклад, черепашка у молюсків, панцир у ракоподібних*) і скелету у тварин та поява різноманітних механічних органів й тканин у рослин. Такі адаптації пов'язані з газоподібним середовищем, його низькою густиною, високим вмістом кисню і малою кількістю водяної пари;

- зміна системи дихання;
- специфічні пристосування для прикріплення і опори;
- максимальна маса та розміри наземних організмів;
- низька опірність щодо переміщення зумовлена низькою густиною повітря;

- здатність літати. До активного польоту за допомогою мускульних зусиль і планування у повітряних течіях пристосовані 75 % видів усіх наземних тварин, переважно комахи та птахи. У багатьох видів розвинена **анемохорія** – розселення з допомогою повітряних течій (*наприклад, спори, насіння, плоди, цисти найпростіших, дрібних комах, павуків*).

Аеропланктоном називають організми, які пасивно переносяться потоками повітря, а найважливішими адаптаціями для пасивного польоту є малі розміри тіла, збільшення їх площі за рахунок виростів, сильного розчленування, великої відносної поверхні крил тощо.

Для існування наземних організмів надзвичайно важливим є хімічний склад середовища життя. Газовий склад повітря у приземному шарі атмосфери досить однорідний щодо вмісту головних компонентів. Так, кисень, через постійно високий вміст у повітрі не є лімітуючим фактором. Вміст вуглекислого газу може змінюватися в окремих ділянках приземного шару атмосфери у досить значних межах, що пов'язано зі змінами інтенсивності дихання живих організмів упродовж доби.

Адаптація до температури. Температура – це один з найважливіших факторів навколишнього середовища. Діапазон температур, які існують в природі дорівнює тисячі С°. Порівняно з ними межі, в яких може існувати життя є надто вузькими – від -200 до +100 °С. Основна маса живих організмів мають ще вужчу зону екологічної толерантності від -50 до +50 °С (*наприклад, найстійкіші риби і комахи витримують до +50 °С*). Слід зазначити, що найкритичнішими є верхні межі температурного фактора порівняно з нижніми. При нижніх межах

температури окремі організми в стані спокою можуть існувати впродовж певного часу переходячи у стан анабіозу.

Температура повітря впливає на тварин, зокрема:

- на температуру тіла;
- інтенсивність теплопродукції;
- обмін речовин;
- визначає стан здоров'я тварини та її продуктивність.

Залежно від можливості регулювати температуру тіла або адаптуватися до її змін тварин поділяють на три екологічні групи.

I. Пойкілотермні (холоднокровні), температура тіла яких залежить від температури зовнішнього середовища і не регулюється організмом (*наприклад, всі мікроорганізми, гриби, рослини, безхребетні тварини, риби, земноводні, плазуни*). Адаптуватися такі організми можуть двома шляхами:

- ***спеціалізація***, тобто жити лише в тих ділянках біосфери, де коливання температурного режиму відбувається в незначних межах. *Наприклад, коралові поліпи при температурі води +20–30 °C, рослини дощових тропічних лісів не переносять зниження температури нижче +5-8 °C;*

- ***толерантність***, яка формується за рахунок розвитку стійких клітин і тканин для перенесення широкого діапазону коливань температури.

II Гетеротермні – це тварини, що частково здатні регулювати температуру тіла і змінювати її у конкретних умовах. *Наприклад, їжаки, летючі миші під час сну змінюють температуру свого тіла до температури повітря. Птахи: колібрі, стрижі, ластівки при охолодженні тіла впадають у стан близький до зимової сплячки – **анабіоз**, а при відігріванні знову оживають.* В такому стані організм припиняє боротьбу за підтримання високої температури тіла, знижуючи його лише на декілька градусів вище нуля. Така адаптація зберігає ресурси організму,

різко знижується інтенсивність обміну речовин, що забезпечує економне витрачання накопичених резервів. *Півтора року у відкритому космосі в контейнері знаходилися спори бактерій, насіння рослин, лишайники та прості амінокислоти, після чого їх повернули на Землю. Виявилось, що деякі лишайники (симбіотичні асоціації грибів і мікроскопічних зелених водоростей) перенесли суворі умови досліджень в стані анабіозу, а потім, на Землі «воскресли» та продовжили нормальну життєдіяльність.*

Крім терміну анабіоз вчені користуються іншим терміном — **«криптобіоз»** (приховане життя). *Наприклад, тихоходка (водяний ведмідь) може переносити температуру довкілля від -200 до +148 °C і відсутність кисню. Життєздатні екземпляри цього виду виявили при розмочуванні зразків моху зібраного К. Лінеєм, тобто 200 років тому.*

III. Гомойотермні (ендотермні) – це домашні і дикі ссавці, птахи, людина, що мають порівняно постійну температуру тіла, яка не залежить від коливань температури навколишнього середовища. **Несправжня гомойотермія** характерна для організмів, які впродовж життя знаходяться в умовах постійних температур (*наприклад, глибоководні риби*).

Здатність регулювати температуру свого тіла тварини набули в процесі еволюції. Цей процес отримав назву **теплорегуляція** – це збереження постійного теплового балансу між теплопродукцією і тепловіддачею. В основі терморегуляції лежить комплекс пристосувальних реакцій та змін у організмі, які спрямовані на підтримання температури тіла на відносно постійному рівні, залежно від умов навколишнього середовища.

Для теплокровних тварин властива **хімічна терморегуляція** – рефлекторне збільшення теплопродукції у відповідь на зниження температури середовища, що характеризується посиленням окисних процесів, особливо у скелетних м'язах, посилюється обмін ліпідів, оскільки

в них міститься основний запас хімічної енергії. Цей процес потребує витрат великої кількості енергії, яку необхідно поповнювати їжею. Новонароджені тварини мають добре розвинену хімічну регуляцію тепла, яка забезпечується високим рівнем обміну речовин, споживання кисню у них у двічі більше ніж у дорослих тварин. Для мешканців тропіків хімічна терморегуляція мало характерна. *Наприклад, копитні, мурчаки, деякі види птахів здатні регулювати температуру власного тіла і утримувати її на постійному рівні відразу після народження.*

ПРАВИЛО ВАНТ-ГОФФА: в організмі за підвищення температури на 10°C хімічні реакції прискорюються у 2-3 рази.

Фізична терморегуляція екологічно більш вигідна, оскільки адаптація до холоду відбувається за рахунок збереження тепла в організмі, а не посилення її продукції. Для неї характерно рефлекторне звуження і розширення судин шкіри, зміна теплорегулюючих властивостей хутра та пір'я за рахунок зміни кута його нахилу. Механізм фізичної терморегуляції у хижаків, поросят і телят починає функціонувати з 6-10 дня, тому у перші дні життя гине близько 80 % захворілого молодняку, причому близько 28 % припадає на незаразні хвороби.

Адаптації тварин до температурного режиму проявляється:

- **поведінковою адаптацією** – це зміна пози, риття нір, спорудження гнізд, міграція. *Наприклад, пустинна саранча в прохолодні ранкові години підставляє сонцю широку бокову поверхню тіла, а в спекотні – вузьку спинну частину. До зими багато тварин шукають сховища, де зміна температур більш згладжена. Ящірки швидко перебігають гарячі поверхні на задніх лапах, зменшуючи тим самим площу контакту ґрунту з тілом.*

- **морфологічною адаптацією.** *Наприклад, довгі ноги у ящірки дозволяють тримати тіло високо над поверхнею розпеченого піску;*

підшкірний жировий прошарок забезпечує тюленів від замерзання у воді. Ссавці мають спеціалізовану буру жирову тканину, в якій уся хімічна енергія, що вивільняється, розсіюється у вигляді тепла, тобто іде на обігрів організму.

- **фізіологічною адаптацією:** зимівля, анабіоз *Наприклад, жаби на зиму занурюються у мул на дні водойми і цим рятуються від впливу низьких температур. У природних умовах замерзання організмів зустрічається вкрай рідко, оскільки при закалюванні в тканинах організму утворюються гліцериновмісні сполуки – кріопротектори, які значно знижують пороговий рівень замерзання цитоплазми клітин.*

Екологічні групи рослин за адаптацією до дефіциту тепла:

- **теплолюбні** – це рослини тропічних лісів, деякі гриби, які сильно ушкоджуються за зниження температури від 0 до +8 °С;

- **холодостійкі** переносять низькі температури, але гинуть за утворення льоду в тканинах (*наприклад, рослини субтропіків та середземноморські ліси*);

- **морозостійкі** переносять позаклітинне замерзання води і зневоднення. Через накопичення вуглеводів, амінокислот, білків, солей у клітинах рослин знижується температура їхнього замерзання, оскільки відбувається зв'язування води.

Екологічні групи рослин за адаптацією до високих температур:

- **нежаростійкі**, тканини яких ушкоджуються за температури +30-40 °С (*наприклад, водні квіткові, еукаріотні водорості*);

- **жаровитривалі** – це рослини степів, пустель, саван, які витримують нагрівання до 50-60 °С;

- **жаростійкі** – це термофільні бактерії та деякі види синьо-зелених водоростей, які переносять температуру до 80-90 °С;

- **пірофіти** – це рослини стійкі до пожеж, *наприклад, дерева саван, які мають товсту кору просякнуту вогневитривалими речовинами.*

Адаптації рослин до температури:

- **морфологічні адаптації:** хвойні рослини мають потовщену кору, що захищає при пожежі; злаки у спеку згортають листки у трубочку, у кактусів замість листя – голки. Значна частина холодостійких рослин має темне забарвлення, що допомагає краще поглинати промені і нагріватися навіть під снігом; карликовість рослин.

- **біохімічні адаптації** регулюють активність ферментів, швидкість хімічних реакцій, обмін речовин.

- **фізіологічні адаптації** проявляються у вигляді транспірації, що дозволяє за високої температури довкілля знижувати температуру організму на 4-10 °С; уповільнювати замерзання клітин, через підвищену концентрацію клітинного соку – антифризу (*наприклад, листопад*).

Вологість. Висока вологість повітря (холодного чи теплого) шкідлива для організму через порушення тепловіддачі та сприяння процесам гниття й розмноження мікроорганізмів.

Екологічні групи рослин відносно вологості:

- **гігрофіти** – це наземні рослини, які живуть у дуже вологих місцях в умовах підвищеної вологості, на берегах водойм, у болотах (*наприклад, калюжниця болотна, тростина звичайна*);

- **мезофіти** нетривалий час переносять значну посуху (*наприклад, більшість дерев і кущів помірного кліматичного поясу*);

- **ксерофіти** – це рослини сухих степів і пустель, які обмежують випаровування води та запасують її у час посухи, мають водозапасаючу паренхіму в різних органах (*наприклад, агава, алое*).

Екологічні групи тварин відносно вологості:

- **гігрофіли** – вологолюбні (*наприклад, кровосисні комарі*);

- **ксерофіли** – сухоллюбні (*наприклад, жуки пустель, пустельна сарана*);

- **мезофіли** – проміжна група.

Адаптації до дефіциту води у тварин:

- **поведінкові.** Переміщення тварин в більш вологі місця, перехід до нічного способу життя, відвідування водопою. *Наприклад, пустельні мокриці (ракоподібні) риють вертикальні нори у глинистих пустелях Калахарі, ЮАР, Середньої Азії, а коли знижується рівень вологи, вони закривають своїм тілом вихід з нори, створюючи замкнутий простір з насиченими парами і так зберігають молодь від висихання;*

- **морфологічні** пристосування до затримання води в організмі (*наприклад, раковини наземних молюсків, ороговілі покриви рептилій*);

- **фізіологічні** – це утворення метаболічної води. Частіше метаболічну воду ефективніше використовують комахи, через те, що їх трахейна система здійснює повітряний дренаж з малими втратами на випаровування. Деякі організми не вживають воду, а обходяться лише метаболічною водою. *Наприклад, килимова міль взагалі не вживає воду, хоча відкладені нею яйця і личинки містять до 80 % води, амбарні та рисові довгоносики, тушканчики і американський кенгуровий щур (коло-коло) не потребують води як в природних умовах, так і в неволі.*

Втрата води організмом призводить до загибелі тварин швидше ніж при голодуванні. Для людини втрата 10 % маси тіла смертельна. Без їжі вона може обходитися близько 3 тижнів, без води – 3 дні, без тепла – 3 год., без повітря – 3 хв.

Світло. Рослинний та тваринний світ на нашій планеті виник і розвивався під впливом сонячного світла. Без Сонця не може бути життя на Землі. Весь потік променевої енергії Сонця називають сонячною радіацією – це один із видів електромагнітних випромінювань (ЕМВ). На практиці враховується лише оптична частина сонячного спектру, в межах якої знаходяться:

- *інфрачервоні промені (760–2800 нм), які проявляють тепловий вплив;*

- ультрафіолетові промені (380–10 нм);

• *видима частина спектра з довжиною хвилі 760–380 нм, яка складається з 7-ми кольорів і дозволяє бачити навколишні предмети, орієнтуватися у просторі та впливає на поведінку тварин. Наприклад, червоний колір викликає максимальну збудливість нервово-м'язового апарату; синій і бузковий – мінімальну; зелений та помаранчевий – не впливають на поведінку тварин.*

Для фотобіологічних процесів живі організми використовують вузьку смужку електромагнітного спектру від **300 до 900 нм**, яке вловлюють очі тварин.

Світло сприймають не тільки очі, але й фоточутливі елементи поверхні шкіри, нервових клітин та головного мозку. Вважають, що світло поглинається безпосередньо кров'ю, завдяки наявності в ній речовини гематопорфірину, який подібний до хлорофілу рослин. При дії на світлочутливі елементи сітківки ока та рецептори шкіри світлова енергія перетворюється в нервовий імпульс, який досягає кори головного мозку, звідки прямує до гіпоталамусу.

Екологічні групи рослин по відношенню до світла:

• **геліофіти (світлолюбні)** – це рослини добре освітленої місцевості (наприклад, ранньовесняні рослини, багато культурних рослин, кактуси й інші сукуленти, багато представників тропічного походження, деякі субтропічні чагарники);

• **сціофіти (тіньолубні)** – це рослини тінистих лісів, печер (наприклад, кислиця, костина, снитть);

• **факультативні геліофіти** (тіньовитривалі) переносять місця затемнення і яскраве світло (наприклад, модрина, береза, осика, вільха, дуб, в'яз, ялина, липа, граб, бук, ялиця).

Екологічне значення світла для рослин:

- утворення хлорофілу;

- впливає на газообмін;
- активує ряд ферментів;
- стимулює біосинтез білків і нуклеїнових кислот;
- сприяє процесам росту та розвитку рослин;
- визначає строки цвітіння й утворення плодів.

Світлові адаптації:

- листя світлолюбних рослин мілкі та товсті, з восковим нальотом, густою сіткою жилок, вираженою **фотометрією** – це орієнтація листка ребром до Сонця і зміна його положення залежно від висоти сонцестояння;
- у тіньолубних рослин листя розміщені горизонтально, має місце виражена листова мозаїчність, листя крупне і тонке, містить менше хлорофілу порівняно з геліофітами.

Екологічні групи тварин по відношенню до світла:

- тварини, що ведуть денний спосіб життя (*наприклад, більшість комах, ссавців*);
- види, яким притаманний нічний спосіб життя (*наприклад, гризуни, їжаки, борсуки та ін.*);
- організми з адаптацією до сутінкового способу життя (*наприклад, шиншила*).

Екологічне значення світла для тварин:

- **зорова орієнтація у просторі.** Повнота зорового сприйняття залежить у тварин від ступеня еволюційного розвитку. *Наприклад, павук може розрізняти предмети, що рухаються; гримучі змії бачать інфрачервону частину спектру; бджоли сприймають ультрафіолетове проміння, але не розрізняють червоний колір; собаки і коти, сови погано розрізняють кольори. Птахи для дальніх перельотів орієнтуються за Сонцем та Зірками, при вимушеному відхиленні від курсу здатні до **навігації** – це вроджена система інстинктів;*

- *сприяє збільшенню вмісту гемоглобіну і кількості еритроцитів у крові;*

- *посилення активності окисних ферментів та газообміну;*

- *секреція статевих залоз*, тому в більшості видів тварин статева активність зростає при подовженні світлового дня. Нестача світла, особливо для репродуктивних і ростучих тварин, призводить до глибоких, часто незворотних змін у дозріванні та функціональному становленні статевих залоз. Дефіцит світла зумовлює зниження статевої активності, заплідненості й виникнення тимчасового безпліддя;

- *підвищення тонуусу організму;*

- *синтез вітаміну Д (антирахітна дія);*

- *бактерицидна дія* пов'язана з впливом ультрафіолетової частини випромінювання спектру на нуклеїнові сполуки мікробної клітини, знижуючи її життєздатність. Бактерицидний ефект світла проявляється відносно багатьох патогенних мікроорганізмів.

Грунт як середовище життя.

Властивості земної поверхні, які здійснюють екологічний вплив на її мешканців об'єднують під загальною назвою – **едафічні чинники середовища** (від грец. *edaphos* – грунт). За цілим рядом екологічних чинників грунт є проміжним середовищем між водним і наземно-повітряним.

Екосистемні функції ґрунту різноманітні:

Грунт може посилювати вплив окремих абіотичних факторів, видозмінювати їх дію або узагалі «гасити». Наприклад, чорноземи України здатні знижувати вплив атмосферної посухи за рахунок здатності гумусу до водоутримування. Нейтралізуюча роль ґрунту пов'язана з руйнуванням токсичних речовин. Консервуюча роль ґрунту полягає у

здатності впродовж років і десятиліть зберігати життєдіяльність насіння.

Щільність (густина) ґрунту забезпечують порожнини між частинками, які зменшуються з глибиною. Оптимальною вважають 1 г/см^3 , а за щільності 1,4 рослини погано ростуть та погіршуються умови для життєдіяльності ріючих тварин.

Волога в ґрунті. Вміст води в ґрунті неоднаковий в різних ґрунтах і в різний час. Так, зв'язана (гігроскопічна) вода утримується поверхнею ґрунтових частинок в сухому ґрунті, капілярна – займає дрібні пори і може переміщуватися по них в різних напрямках, гравітаційна – заповнює більш великі пустоти і повільно просочується вниз під впливом сили тяжіння, пароподібна – міститься у ґрунтовому повітрі.

Склад повітря. З глибиною в ґрунті різко зменшується вміст кисню і зростає концентрація CO_2 – це результат дихання ґрунтів, тобто всіх живих організмів, що знаходяться в його товщі. У зв'язку з присутністю органічних решток, що розкладаються може зростати концентрація токсичних газів (аміак, сірководень, метан). Зростання температури підвищує виділення вуглекислого газу, що є додатковим живленням для фотосинтезуючих рослин. При надмірному вмісті вологи та інтенсивному гнитті рослинних решток в окремих ділянках можуть виникати анаеробні умови. Для ґрунту характерна добова динаміка дихання. Максимальні показники виділення CO_2 реєструють вдень між 13-15 год.

Температура. Різкі коливання температури характерні лише для поверхневих шарів ґрунту, а на глибині 1-1,5 м вони майже не помітні.

Екологічні групи рослин по відношенню до кислотності ґрунту:

- **ацидофільні види**, які ростуть на кислих субстратах з рН менше 6,7 (наприклад, рослини сфагнових боліт, білоус, очерет);
- **нейтрофільні** – рН 6,7-7,0 (наприклад, більшість культурних рослин);

- **базофільні** – ростуть при рН більше 7,0 (наприклад, мордовник);
- **індиферентні** – можуть рости на ґрунтах з різним значенням рН (наприклад, конвалія).

У деяких культур корені вступають у співжиття з грибами – **мікориза**. Гриби збільшують зовнішню поверхню коренів і цим підвищують ефективність їх роботи при поглинанні води та мінеральних речовин. Співжиття рослин з бактеріями (наприклад, бобові з бактеріями *Rizobium*) дозволяє зв'язувати газоподібний азот повітря і переводити його у форму доступну для вищих рослин.

Екологічні групи рослин по відношенню до валового складу ґрунту (вміст у ґрунті хімічних елементів, виражений у відсотках):

- **оліготрофні рослини**, які задовольняються малою кількістю елементів (наприклад, сосна звичайна);
- **евтрофні рослини** потребують великого їх вмісту (наприклад, береза);
- **мезотронним рослинам** достатньо помірного вмісту хімічних елементів (наприклад, ялина звичайна);
- **нітрофіли** віддають перевагу ґрунтам багатим азотом (наприклад, кропива дводомна);
- **петрофітні рослини**, ростуть на кам'янистих ґрунтах (наприклад, чебрець);
- **псамофіти рослини** заселяють сипучі піски (наприклад, мешканці сипучих пісків).

Екологічні групи тварин ґрунту (рис. 5.):

- **мікрофауна** – це дрібні ґрунтові тварини (наприклад, найпростіші, амеби, інфузорії, джгутикові, нематоди). Вони живуть у ґрунтових порах, заповнених капілярною водою, а частину життя можуть знаходитись в адсорбованому стані в тонких прошарках плівкової вологи. Багато з них мешкають у водоймах, однак ґрунтові форми значно менших розмірів та

здатні тривалий час знаходитися в стані цисти, очікуючи сприятливих умов;

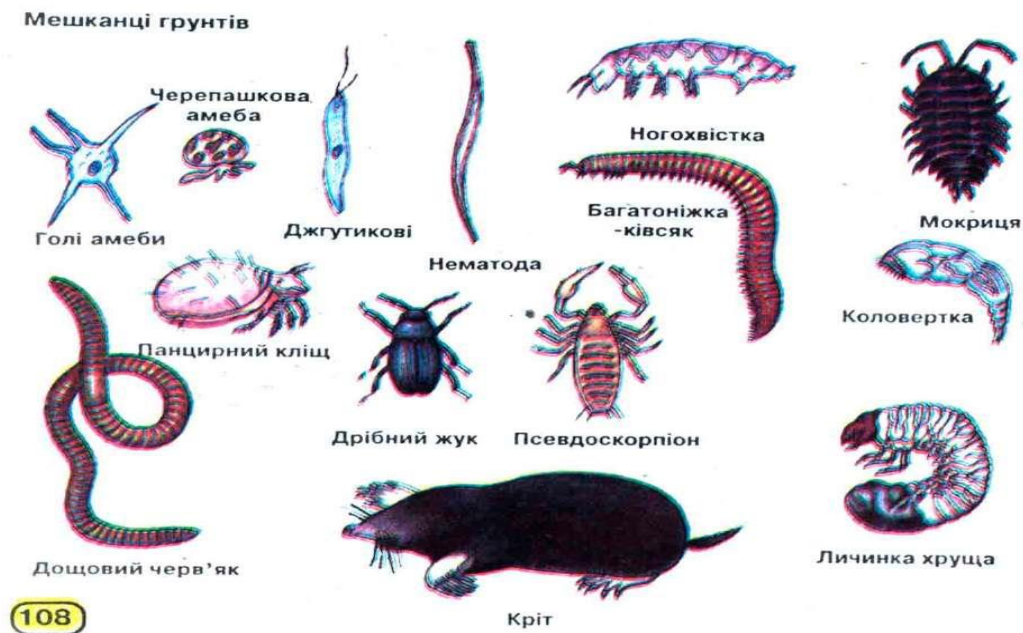


Рис. 5. Фауна ґрунту

- **мезофауна** — це сукупність більш крупних тварин (до 2-3 мм), що дихають повітрям (наприклад, кліщі, дрібні види комах). Для них ґрунт є системою дрібних печер. Вони не мають спеціальних утворів для риття, але здатні повзати. Насичене водяними парами ґрунтового повітря дозволяє представникам мезофауни дихати через поверхню шкіри, а окремі види мають трахею. Такі тварини чутливі до висихання і спасаються від нього міграцією в глибину ґрунту (на глибині зменшується діаметр пор та проникнення туди можливе для тварин малих розмірів). Більш великих розмірів організми мають захисні лусочки на тілі, панцирі, які дозволяють переносити тимчасове зниження вологості ґрунтового повітря. Періоди затоплення ґрунту організми перецікують у пухирцях повітря. Повітря затримується навколо тіла тварини завдяки покривам (волоски, лусочки), які не намокають, а дихають киснем, який дифундує через повітряний прошарок із доквілля.

Представники **мікро- і мезофауни** здатні переносити зимове промерзання ґрунту, але не можуть переміщуватись із шарів, що піддаються негативному температурному впливу.

- **макрофауна** – це тварини з розмірами тіла від 2 до 20 мм (наприклад, личинки комах, багатоніжки, дощові черв'яки та ін.). Для них ґрунт – це середовище, яке створює механічний опір при їх переміщенні. Вони риють нори або розсовують ґрунтові частинки (наприклад, дощові черви, личинки комарів). У багатьох видів розвинута здатність до екологічно більш вигідного типу переміщення у ґрунті – це риття з закупорюванням за собою ходу. Вони розгрібають ґрунтові частинки, а на задньому кінці тіла є зубці, гачки для фіксації пробки. В умовах зачиненого простору і насиченості повітря випарами власного тіла газообмін може здійснюватись через покриви тіла або за допомогою спеціалізованих органів дихання. Риючі тварини можуть мігрувати із ділянок, де виникають несприятливі умови, в засуху, а взимку концентруються в глибоких шарах.

- **мегафауна** – це великі ссавці (наприклад, сліпні, кроти). Вони мають анатомічні адаптації (недорозвинені очі, кротку густу шерсть, розвинуті передні кінцівки з міцними кігтями).

- **мешканці нір** (наприклад, сурки, тушканчики, борсуки). Вони шукають їжу на поверхні, але зимують, відпочивають, спасаються від небезпеки, розмножуються в ґрунті. Для цього в них є ряд адаптацій: довгі кігті, вузька голова, розвинута мускулатура, невеликі вушні раковини.

Голі землерийки не мають шерсті, грубувата рожева шкіра покрита складками, очі малі, вух немає, із ротового отвору стирчать різці. Тривалість життя голої землерийки досягає 29 років, що перевищує таку в білок, бобрів і щурів. Вони живуть в сухих саванах і напівпустинях Кенії, Ефіопії та Сомалі, глибоко під землею в колоніях від тридцяти до трьох сотень особин. Сліпці створюють справжні підземні лабіринти довжиною

до п'яти кілометрів. Кожна колонія має королеву-матку. В общині цих дивовижних гризунів панує кастова система: молоді особини виступають в ролі робочих, старші – слідкують за дитинчатами і постачають їжу, а найбільш зрілі особини займаються захистом колонії або заплідненням королеви. Сліпці використовують для риття тунелів довгі передні різці. Пити воду землекопам необов'язково, всю необхідну вологу вони отримують коренів, якими харчуються. Землерийки мають надзвичайну стійкість до кислот, отрути, вуглекислого газу, високих температур та радіації.

Організмове середовище життя.

Організмове середовище життя було освоєно відразу ж після водного, а виникнення паразитизму є майже одночасним з появою вільноіснуючих організмів. Його виникнення і розвиток нерозривно пов'язані з основними етапами еволюції живого та є трохи «молодшим» за життя на суші. Це було зумовлено прагненням природи до максимальної економності колообігу речовини та енергії у біосфері. «Стратегія» еволюції паразитичних організмів полягала в захопленні всіх життєвих середовищ (водного, наземно-повітряного, едафічного) при збереженні можливості їх зміни за найбільш вигідною для паразитів схемою в онтогенезі конкретних видів. Водночас, паразитизм поширений у тварин і рослин з різним типом організації та різними еволюційними строками виникнення.

Упродовж тривалого періоду часу екологи заперечували приналежність паразитизму до симбіотичних відносин та оцінювали це явище як особливу форму існування тварин і рослин. Основним диференціальним критерієм явищ симбіозу та паразитизму було неоднакове відношення паразитичних організмів до навколишнього середовища. Тобто, у паразитів двояке середовище існування: середовище

I-го порядку (*гостальний біотоп*) та середовище II-го порядку (*біоценотичний біотоп*).

Оскільки біологічні системи є відкритими системами, вони підлягають заселенню і відчують на собі «тиск життя» тих, хто володіє вищим репродуктивним потенціалом. Розвиток паразитизму як біологічного явища супроводжується постійним збільшенням числа видів та виступає як один з чинників формування біологічного розмаїття органічного світу і ускладнення структурно-функціональної організації живого.

В природних екосистемах паразитизм є обов'язковим структурним елементом біоценозів.

Вплив паразитів на стан екосистеми проявляється не трофічно, а патогенним впливом на популяцію хазяїв. Патогенність паразитів є системним фактором і обумовлена присутністю паразитів, як чужорідних організмів в середовищі хазяїна.

Універсальною властивістю паразитизму є суміщення фізичного простору тіла паразита з тілом хазяїна. Взаємодія між паразитом і хазяїном відбувається на таких рівнях:

- **організмий рівень** (особина паразита в особині хазяїна), що супроводжується різкими і незворотними змінами гомеостазу, тобто хворобою;
- **популяційний рівень** (група особин паразита в особині хазяїна або хазяїв) відіграє роль регуляторів чисельності популяції хазяїв;
- **біоценотичний (екосистемний) рівень** представляє собою популяцію паразита в популяції хазяїна та відіграє роль стабілізатора екосистеми.

Паразитів поділяють на:

- **облігатні паразити**, які ведуть виключно паразитичний спосіб життя і поза організмом хазяїна гинуть (*наприклад, віруси, трихілелла*);

- **факультативні паразити** ведуть паразитичний спосіб життя, але в разі необхідності можуть жити поза організмом хазяїна. У довкіллі існують пропативні стадії паразитів (*наприклад, яйця, личинки, ооцисти*) (Додаток, рис. 5).

Роль паразитів в біоценозі:

- 1) у трофічних ланцюгах паразити є
 - **консументами** (споживачами речовин і енергії)
 - **продуцентами** (виділяють в біоценоз яйця і личинок, які є їжею для інших організмів);
- 2) адаптовані до існування в різних трофічних ланцюгах;
- 3) об'єднують генетично різні біологічні об'єкти в єдину систему і біоенергетичний потік;
- 4) збільшують різноманіття та складність органічного світу: паразити використовують більшість представників рослинного і тваринного світу в якості простору для паразитарної експансії;
- 5) регулятор чисельності природних популяцій;
- 6) передача генетичної інформації шляхом стадій розселення (*яйця, личинки*).

Адаптація паразитів до середовища існування проявляється у коадаптації паразитів та хазяїв, синхронізації біоритмів, виробленні в паразита захисту від перетравлення в організмі хазяїна, високою плодючістю, редукцією зору та травної системи. В свою чергу хазяї адаптуються до паразитів шляхом ускладнення імунної відповіді.

Запитання для самоперевірки:

1. Назвіть екологічні зони Світового океану та охарактеризуйте адаптації до них гідробіонтів.
2. Вкажіть основні адаптації гідробіонтів до світла та поясніть екологічне значення біолюмінісценсії.

3. Які адаптації характерні для організмів наземно-повітряного середовища життя?
4. Наведіть приклади адаптації до дефіциту води у тварин і рослин.
5. Назвіть екологічні групи рослин і тварин відносно впливу температури.
6. Що розуміють під едафічними чинниками та як до них пристосовані мешканці ґрунту?
7. Які екологічні чинники ґрунту є основними для екологічної класифікації рослин?
8. Поясніть чому паразитизм виступає як один з чинників формування біологічного розмаїття органічного світу?
9. Чи є паразити обов'язковими компонентами біоценозу?
10. На яких рівнях відбувається взаємодія між паразитом і хазяїном?
11. Чому паразитизм упродовж тривалого часу не вважався екологічним явищем?

ТЕМА 1.6. ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ЧИННИКІВ ХАРЧУВАННЯ

Ключові поняття та терміни: типи харчування, активне і пасивне харчування, харчовий режим, харчова спеціалізація, поліфаги, олігофаги, монофаги, трофічний рівень, продуценти, консументи, редуценти, ланцюг живлення, пасовищний та детритний ланцюги живлення, харчова сітка, правило 10 %

Їжа є одним із найважливіших екологічних чинників. Європейські вчені, зробивши розрахунки, прийшли до наступного висновку: зайва вага людства може несприятливо впливати на навколишнє середовище. На сьогодні загальна вага всіх людей Землі складає 287 млн. тон, з них 15 млн. тон – зайві. Чим більша маса живого організму, тим більше споживання калорій, більше їжі потрібно, а для її вирощування і переробки необхідно використання енергоносіїв. Ймовірно, найближчим часом зайва вага буде розглядатися експертами на рівні екологічної проблеми промислових викидів в атмосферу або нестримного споживання природних ресурсів.

Харчування рослин і тварин.

У зелених рослин єдиним джерелом енергії є сонячне випромінювання, а основний спосіб харчування – фотосинтез, в процесі якого під впливом сонячної енергії відбувається відновлення вуглекислого газу до вуглеводів. Енергія випромінювання може бути **відображена** (в такому випадку вона втрачається), **пропущена** (окремі спектральні складові втрачаються) та **поглинута** (зв'язана при фотосинтезі). Енергія випромінювання, яка приймає участь у фотосинтезі, свій земний шлях проходить лише раз, на відміну від атомів азоту або карбону, молекул води, які неодноразово проходять через незлічені покоління живих організмів.

В процесі фотосинтезу приймають участь:

- фотохімічні реакції;
- ферментативні реакції;
- процес дифузії.

Кожний з цих процесів знаходиться під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників та може обмежувати продуктивність фотосинтезу в цілому.

Концентрація вуглекислого газу в атмосфері підтримується на однаковому рівні – 0,03 % і суттєво не впливає на фотосинтез, на відміну від води та сонячної енергії, вміст яких варіює залежно від географічного розташування і є лімітуючим чинником.

Біоелементи – це мінеральні ресурси, необхідні для росту рослин:

- 1) азот лімітує приріст біологічної маси.
- 2) основні елементи мінерального харчування потрібні у великих кількостях: фосфор, сірка, калій, кальцій, магній;
- 3) мікроелементи: ферум, марганець, цинк, мідь, молібден, бор, хлор;
- 4) вибіркові елементи: кобальт необхідний для життєдіяльності бобових, алюміній – для папоротеподібних, кремній – для діатомових водоростей.

Харчування тварин більш різноманітне ніж у рослин. Для дрібних тварин характерна висока інтенсивність обміну речовин і більша потреба в енергії на одиницю маси тіла. Аналогічно, гомойотермні тварини, у яких працюють механізми терморегуляції, потребують їжі більше ніж пойкилотермні.

З їжею тварини отримують:

- енергію, необхідну для життєдіяльності;
- поживні речовини для побудови тканин тіла.

Особливість впливу їжі, як екологічного чинника для тварин, полягає у тому, що екологічний сенс виникає лише при її недостатності та є важливим лімітуючим чинником. Їжа, як екологічний чинник обумовлює:

- **плодючість та швидкість розвитку тварин.** Наприклад, у постільного кліща кількість відкладених яєць залежить від кількості випитої крові, а у колорадського жука – від числа з'їдених листків;

- **географічне поширення тварин.** Наприклад, метелик – грушева плодожерка зустрічається лише там, де росте дика груша, а яблунева плодожерка – де культивують яблуні;

- **стаційне поширення тварин** в ділянках ареалу лише з певними екологічними умовами. Наприклад, багато рослиноїдних комах зустрічаються лише на своїх кормових рослинах;

- **добові, сезонні та інші регулярні міграції тварин** у більшості випадків пов'язані з їх потребою у харчах. Наприклад, летючі миші проводять день у печерах, а ночі – у пошуках комах переміщуються на десятки кілометрів; деякі види оленів вночі пасуться на лугах, а вдень знаходять захист від ворогів і відпочинок у лісі.

Типи харчування.

Розрізняють два типи харчування організмів:

1) пасивне харчування характерне для сидячих водних тварин, які відфільтровують із води зважені харчові частинки (наприклад, губки, двостулкові молюски) та організми, здатні всмоктувати поживні речовини поверхнею тіла (наприклад, найпростіші, паразити);

2) активне харчування властиве організмам, які за добування їжі «платять» витратами часу і енергії. Тварина може існувати лише в тому випадку, коли енергія, що надходить з їжею перевищує витрати на пошук харчів та на інші форми активності, в тому числі розмноження.

Види з активним типом харчування поділяють на дві категорії «збирачі» та «мисливці»:

- **«збирачі»** використовують їжу, що є в достатку (наприклад, травоїдні, планктонні гідробіонти, кити, дятли, кроти, комахоїдні птахи). Серед «збирачів» виділяють наступні форми харчування:

- ❖ **пасовищна форма харчування** знищується лише частина кормів певної місцевості і популяція поступово переміщується на нові ділянки (наприклад, зубри, бізони, антилопи);

- ❖ **форма харчування «виїдання»**, коли корм знищується весь або майже весь, після чого тварини мігрують у інші місця (наприклад, північні олені, лемінги).

- **«мисливці»** – це види спеціалізовані на добуванні визначеного типу їжі (наприклад, хижакі або фітофаги, що харчуються лише плодами). Для них характерна складна територіальна поведінка. *Наявність та масовість гризунів не завжди поєднується з їх доступністю для сов, чому перешкоджають щільний і глибокий сніговий покрив, стовбури та гілки дерев, високий і щільний травостій, звукові чинники – шум від вітру, дощу та ін.*

Для «мисливців» характерні три форми харчування:

- ❖ **форма харчування «засідники»** вичікують здобич і нападають на неї зненацька (наприклад, богомоли, щуки, кішки);

- ❖ **«шукачі»** значний період часу вишуковують здобич, але схоплюють та поїдають її доволі швидко, витрачаючи мало енергії (наприклад, дятел та інші комахоїдні птахи);

- ❖ **«переслідувачі»** витрачають мало часу на пошук здобичі але багато енергії на її переслідування і схоплення (наприклад, сокіл, більшість великих хижаків).

Харчові режими і харчова спеціалізація.

Харчовий режим – це природа харчового матеріалу, що є джерелом енергії для того чи іншого виду тварин.

Типи харчових режимів:

1) зоофагія – це використання в їжу тварин організмів та продуктів їхньої життєдіяльності:

- **біофаги** – харчуються живими тканинами;
- **некрофаги** – харчуються трупами хребетних тварин;
- **копрофаги** – харчуються екскрементами хребетних тварин.

2) фітофагія – це використання в їжу рослинних організмів та їхніх похідних (плоди, насіння, пилок). Їхня харчова спеціалізація базується на здатності реагувати на певні хімічні компоненти рослин (*наприклад, репеленти – відштовхують (відлякують), атрактанти – приваблюють*).

- **ксілофагія** – харчування деревиною.

3) детритофагія – це харчування рослинами, які розкладаються та продуктами їх розкладу. Детритофаги приймають активну участь у розкладанні лісової підстилки, обміні речовин між ґрунтом і рослинністю.

Харчова спеціалізація – це різноманітність харчових матеріалів (від широкого до обмеженого), що використовує даний вид.

1. Види-гетеротрофи розділяють на три екологічні групи залежно від обмеженості доступу до їжі:

- **поліфаги** – це організми, які використовують в якості їжі різноманітні групи тварин і рослин (*наприклад, таргани, бурі ведмеді, деякі паразити*). Лімітуючим чинником для них є **якість їжі**. Так, самиця шотландської куріпки в період розмноження віддає перевагу у харчуванні вереску, який багатий на такі елементи: кальцій, фосфор, азот;

- **олігофаги**. Спектр харчових об'єктів таких організмів обмежений порівняно вузькими рамками, лише певними родами чи родинами організмів. Харчова спеціалізація виявляється у більшості паразитичних

тварин. Адаптація кожного виду паразиту до свого хазяїна проявляється в морфологічних змінах, розвитку фізіологічних реакцій, що пригнічують імунітет хазяїна, а також у синхронізації циклів розвитку паразита і хазяїна;

- **монофаги.** Об'єкти їхнього харчування належать до одного виду або декількох близьких видів одного роду рослин або тварин. Лімітуючим чинником для організмів цієї групи є **кількість їжі**. Наприклад, в Австралії в період активного розвитку сільського господарства місцеві жуки-гноєвики, здатні харчуватися лише екскрементами сумчастих, виявилися нездатними до переробки гною дрібної і великої рогатої худоби. Екскременти накопичувалися у великій кількості, утруднюючи ріс трави та знижуючи продуктивність пасовищ. Для вирішення проблеми довелося з Африки завести декілька видів жуків-гноєвиків, які успішно переробляли екскременти корів і удобрювали ґрунт продуктами переробки.

У процесі еволюції у кожного виду організмів формується оптимальна стратегія добування їжі, що дозволяє визначити швидкість та характер їхнього пересування, способи пошуку їжі, харчовий раціон, межі кормової ділянки тощо.

2. Харчова спеціалізація зоофагів визначається способом ловлі здобичі та місцем полювання. Наприклад, богомол не може харчуватися нерухомими тваринами, бо він їх не бачить, а реагує лише на об'єкти, що рухаються.

3. Харчова спеціалізація фітофагів обумовлена здатністю тварин реагувати на певні хімічні компоненти рослин: репеленти та атрактанти. Наприклад, гусінь й метелики-білянки спеціалізуються на харчуванні рослинами родини хрестоцвіті, що пов'язують з привабливим впливом атрактантів — глюкозидів гірчичного масла. Якщо атрактанти переважають над репелентами, то мова йде про поліфагію, оскільки багато

рослин є привабливими для тварин. Монофагія зумовлена атрактантами, які виділяють рослини одного або декількох близькоспоріднених видів.

4. Харчова спеціалізація детритофагів. Детритофагія властива більшості мешканцям ґрунту, які здійснюють ґрунтоутворюючу роботу. Мешканці ґрунту спеціалізуються на харчуванні бактеріями і грибами. Детритофаги прісноводних водойм поділяють на групи:

❖ **подрібнювачі**, які подрібнюють великі частинки на дрібні фрагменти (*наприклад, бокоплав, дрібні рачки*);

❖ **збирачі** – збирають частинки органічної речовини, які осідають на дні;

❖ **збирачі-фільтратори** відціджують зважені частинки в потоці води;

❖ **зішкребачі** – зішкребають з каміння і поїдають органічні нарости-водорості.

Всі організми за функціями, які вони виконують в екологічних системах поділяють на:

• **продуценти** – це автотрофні організми, які продукують органічні речовини із неорганічних сполук, використовуючи фото- або хемосинтез (*наприклад, рослини, автотрофні бактерії*);

• **консументи** – це гетеротрофні організми, що одержують енергію за рахунок харчування автотрофами чи іншими консументами (*наприклад, гетеротрофні рослини, мікроорганізми, тварини*):

❖ **консументами I порядку** є рослиноїдні тварини, паразити продуцентів, які регулюють чисельність продуцентів. Вони споживають не більше 5-10 % рослинної маси;

❖ **консументами II порядку** є первинні хижаки, що харчуються рослиноїдними тваринами, паразити первинних консументів, зоофаги, некрофаги;

❖ **консументами III порядку** є вторинні хижаки, що харчуються м'ясоїдними тваринами, паразити вторинних консументів.

• **редуценти** – це гетеротрофні організми (деструктори), що розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих сполук – води, вуглекислого газу, мінеральних солей, замикаючи таким чином колообіг речовин у біосфері. Сапрофітні бактерії та гриби, які закінчують колообіг речовин утворенням CO_2 , NH_4 , H_2S , CH_4 , H_2 та іонів, таких як PO_4 , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} та ін.

Слід враховувати, що продуценти і консументи частково виконують роль редуцентів, виділяючи у довкілля мінеральні речовини – продукти їхнього метаболізму. В екосистемах утворених мікроорганізмами консументи відсутні.

В екосистемі харчові й енергетичні зв'язки йдуть у напрямі продуценти → консументи → редуценти, утворюючи **ланцюг живлення**.

Кожна з ланок ланцюга живлення може використати лише **5-15 % енергії харчів для побудови речовини свого тіла**. Внаслідок неминучої втрати енергії кількість утворюваної органічної речовини в кожній наступній ланці зменшується. Таким чином, кожен ланцюг живлення містить, як правило, **не більше 4-5 ланок**, тому що внаслідок втрати енергії загальна біомаса кожної наступної ланки приблизно в 10 разів менша за попередню. Якщо в раціоні людини багато м'яса, то менше людей можна прогодувати.

ПРАВИЛО 10 % (Ліндеман Р., 1942): на кожному з етапів передачі енергії від одних організмів до інших, більша її частина розсіюється у вигляді тепла і лише незначна частка (10-20 %) запасється у вигляді енергії хімічних зв'язків синтезованих органічних сполук.

Кожна ланка ланцюга живлення називається **трофічним рівнем**.

Зворотній ефект накопичення в організмах мають токсичні й радіаційні речовини, частка яких зростає на кожному наступному трофічному рівні харчового ланцюга. Явище біотичного накопичення реєстрували в усіх екосистемах. Наочними прикладами є використання ДДТ, пестицидів та інших речовин, які наносять найбільше шкоди хижакам – редуцентам останніх порядків в харчовому ланцюгу.

Типи ланцюгів живлення:

1) *ланцюг «виїдання» або пасовищний ланцюг живлення* починається з фотосинтезуючих організмів і характерний для водних екосистем, харчових ланцюгів, в яких задіяні хижаки та паразити;

2) *ланцюг «розкладання» або детритний ланцюг живлення* починається з відмерлих залишків рослин (детриту) і характерний для екосистем суходолу. Океани, ліси та більшість природних екосистем функціонують як детритні ланцюги живлення.

В усіх екосистемах пасовищний і детритний ланцюги живлення взаємопов'язані та швидко можуть переключати потоки енергії. *Так, не вся їжа, якою харчуються травоядні засвоюється, її частина – неперетравлені рештки їжі переходять в детритний ланцюг живлення. У спільнотах ланцюги живлення складно переплетені та утворюють харчові сітки. Це пов'язано з тим, що кожен продуцент має не одного, а декількох консументів. У свою чергу консументи, серед яких переважають поліфаги використовують декілька джерел живлення.*

Запитання для самоперевірки:

1. *Значення їжі як екологічного чинника.*
2. *Наведіть приклади форм харчування активного типу.*
3. *Які існують екологічні групи видів-гетеротрофів залежно від доступності їжі ?*

4. Як класифікують організми в екологічних системах залежно від функції, яку вони виконують?
5. Як між собою взаємодіють пасовищний та детритний ланцюги живлення?
6. Чому зростання кількості населення на планеті розглядають як екологічну проблему?
7. Які причини виникнення харчової спеціалізації видів?
8. Який тип харчового режиму притаманний видам: ведмідь бурий, сом річковий, бджола медоносна?

ТЕМА 1.7. БІОТИЧНІ ЧИННИКИ

Ключові поняття та терміни: *гомотипові та гетеротипові реакції, коакції, синхронія, синойкія, синтрофія, ефект групи, ефект маси, агрегація, ізоляція, принцип Оллі, правило Червоної королеви, міжвидова та внутрішньовидова конкуренція, «золоте» правило конкуренції, принцип Гаузе, нейтралізм, мутуалізм, симбіоз, коменсалізм, аменсалізм, алелопатія, прокооперація, паразитизм, хижацтво, біотичний потенціал, коадаптація, коевлюція.*

В природних умовах більшість рослин і тварин представляють собою комплекси різного ступеня складності, тобто різні форми взаємовідносин між особинами та популяціями.

Біотичні чинники середовища (коакції) – це сукупність впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших.

Спеціалісти різних областей біології розробили різні класифікації типів біотичних взаємовідносин, хоча між ними не існує чітких границь. Однією з них є класифікація за такими ознаками:

- взаємовідносини видів у часі – **синхронія** (наприклад, сутінкова активність мишей і сови);
- взаємовідносини організмів в угрупованнях без передавання речовин і енергії – **синойкія** (наприклад, ліани і рослини-опори);
- трофічні взаємовідносини – **синтрофія**;
- поділ на корисні (наприклад, мутуалізм), шкідливі (наприклад, міжвидова конкуренція) та нейтральні (наприклад, нейтралізм) відносини між видами.

З екологічної точки зору в основу класифікації біологічних взаємовідносин покладено джерело їжі у організмів, які співіснують.

Біотичні чинники (за Клеменсом Ф. та Шелфордом В., 1939) розділяють на два типи коакцій: гомотипові та гетеротипві.

Гомотипові реакції.

Гомотипові реакції – це взаємодія між особинами одного виду, яка проявляється у ефекті маси, ефекті групи і внутрішньовидовій конкуренції.

1. Ефект групи – це вплив числа індивідумів у групі особин на поведінку, фізіологію, розвиток, розмноження, що забезпечується сприйняттям присутності особин свого виду через органи відчуття (наприклад: баклани можуть існувати у колоніях не менше 10 тис осіб; стадо слонів – 25 особин, північного оленя – 300 голів). При сумісному житті особин одного виду за низької чи високої чисельності групи проявляються **позитивні ефекти**. Наприклад, зграя вовків може полювати на здобич великих розмірів; бізони у стаді краще бороняться від хижаків, у комах – тарганів або сарани у групі відмічають інтенсивніший метаболізм, швидкість росту і прискорення статевої зрілості. Риби в зграї можуть виживати при внесенні у воду летальної для даного виду дози отрути, на відміну від поодиноких особин.

Негативні ефекти виникають, переважно, за надмірної щільності групи. Наприклад, ріст пуголовків у групі сповільнюється; знижується плодючість домових мишей; у жуків мучного хрущака збільшується частка незапліднених яєць.

Наглядно ефект групи проявляється у сарани. Так, особини, які живуть в групі досягають стадної фази – греганії, що має контрастні чорні плями на помаранчевому фоні, а у особин, які ведуть уособлене існування (ізольовано від стада) формується фаза солітарії із морфологічним проявом зеленого окрасу тіла. Раніше вважали, що це два різних види, поки не було встановлено вплив ефекту групи на морфологію виду.

2. Ефект маси проявляється в середовищі існування виду за збільшення чисельності особин і щільності їх популяції та не пов'язаний зі сприйняттям організмами особин того ж виду. Переважно ефект маси негативно відображається на плодючості, швидкості росту й тривалості життя особин у групі. *Прикладом ефекту маси є розвиток популяції мучного хрущака в муці. Постійне накопичення екскрементів, шкурки від линьок призводить до погіршення якості середовища існування та, як наслідок, зумовлює зниження плодючості і підвищення смертності в популяції.*

В природних умовах ефект групи та маси проявляються одночасно.

Агрегація – це скупчення особин одного виду. Ступінь агрегації залежить від умов місцеіснування, впливу кліматичних, геологічних, едафічних та інших чинників, але передусім, від біологічних особливостей виду.

ПРИНЦИП АГРЕГАЦІЇ ОСОБИН (принцип Оллі): для кожного виду існує оптимальний розмір групи і оптимальна щільність популяції. Перенаселення та відсутність агрегації можуть мати несприятливий вплив і є лімітуючим чинником природної агрегації.

Ізоляцією називають явище протилежне агрегації, яке виникає внаслідок конкуренції між особинами за ресурси середовища і забезпечує формування прямого антагонізму між ними. У вищих тварин ізоляція є результатом механізму поведінки (*наприклад, захист території, агресія*), а у нижчих тварин і рослин має хімічну природу (*наприклад, виділення фітонцидів*).

3. Внутрішньовидова конкуренція – це взаємовідносини, за яких організми одного виду конкурують між собою за одні й ті ж ресурси

довкілля при недостатності останніх (наприклад, харчові ресурси, статевого партнера, сховище, світло та ін.). Вплив внутрішньовидової конкуренції на природні екосистеми надзвичайно великий і полягає у підтриманні оптимальної чисельності популяції за рахунок природного добору. Наприклад, у дуба, якщо він росте на відкритій місцевості (поле, луг) крона розлога, шароподібна, оскільки всі листя та віти отримують достатньо світла, а у лісових дерев – нижні віти відмирають і відпадають. У тварин внутрішньовидова конкуренція призводить до виникнення ієрархії. Наприклад, у популяції щурів виділяють «золотий генофонд» популяції, особини-демонстратори, які їдять нову їжу малими порціями, особини-спостерігачі, особини-солдати та ін.

Потреби популяції зростають і конкуренція загострюється по мірі росту особин та агрегації, що супроводжується зростанням ризику загибелі особин.

У деяких видів тварин дорослі особини харчуються власним приплодом – канібалізм. Наприклад, 80 % їжі великих риб в озерах Західного Сибіру складає молодь того ж виду; хижі звірі та птахи особливо в «голодні» роки знищують слабих особин того ж виду.

Гетеротипові реакції.

Гетеротипові реакції – це взаємодія між особинами різних видів, яка може носити позитивний, негативний та нейтральний характер.

Нейтралізм – це співжиття двох видів на одній території, що не мають позитивних чи негативних наслідків (наприклад, лосі та білки). В природі такий вид взаємовідносин зустрічається вкрай рідко, оскільки у більшості випадків між особинами різних видів існують опосередковані впливи.

Симбіоз – це сумісне проживання двох філогенетично не пов'язаних між собою організмів, при цьому жодна із сторін не може існувати без

іншої, а популяції, які взаємодіють називають **симбіонтами** (наприклад, рослини в симбіозі з азотфіксуючими бактеріями, лишайник є симбіозом водорості та гриба).

Мутуалізм – це форма симбіотичних відносин, за якої два різних організми покладають один на одного регуляцію своїх взаємовідносин з навколишнім середовищем. При цьому обоє отримують взаємну вигоду від партнерства та не можуть існувати один без одного. *Наприклад, рифоутворюючі корали: близько 30 % продуктів фотосинтезу вироблених хлорелами (одноклітинними водоростями) використовує губка, в той час як поліп захищає її від несприятливого впливу навколишнього середовища. Мікориза – азот фіксуючі бульбочки у деревних рослин. Рослиноїдні копитні тварини та целюлозоруйнуючі бактерії. Терміти харчуються деревиною за відсутності ферментів, які розщеплюють целюлозу за рахунок джгутикових, що живуть в їхньому шлунково-кишковому тракті. Взаємини в такому випадку нагадують бартер: один із видів представляє іншому матеріал або «послугу», отримуючи «що-небудь» натомість. При цьому метаболічна взаємодія між партнерами відсутня.*

Американськими вченими, які досліджували екологію полину пустельної місцевості встановлено, що головний корінь рослини поглинає воду з глибоких шарів субстрату, а бокові корінці постачають її бактеріям для переведення азоту в сполуки придатні для засвоєння полином.

Прокооперація – це форма симбіотичних відносин, коли взаємодія партнерів взаємовигідна, але носить тимчасовий характер та не обов'язкова для їхнього існування. *Наприклад, актинія (тип Кишквопорожнинні, клас Коралові) поселяється на поверхні панциру ракоподібних, маскуючи їх та захищаючи своїми кропивними клітинами, а сама живиться залишками їжі рачків та переміщуються за їх допомоги. Риби-чистильщики, які живляться паразитами на поверхні тіла гідробіонта – мурени.*

Коменсалізм – це форма співіснування між організмами, за якої одна популяція отримує вигоду від взаємовідносин, а для іншої – взаємодія є нейтральною. Коменсальні відносини базуються на використанні простору, їжі, субстрату, морфологічних особливостей партнерів тощо.

Різновидами коменсалізму є:

- **квартирантство (синойкія)**, в основі якого лежить використання сховища, будівель або тіл інших видів. *Наприклад, тропічні рибки, які ховаються між щупальцями актиній від хижаків; на жуках-мертвоїдах і жуках-гноїовиках зустрічаються личинки гамазових кліщів, які таким чином розселяються;*

- **нахлібництво (трофобіоз)** – це споживання залишків їжі іншого виду. *Наприклад, падальники (зієни, грифи, шакали) харчуються залишками їжі великих хижаків (леви); кільчасті черви живуть в раковині рака-відлюдника і споживають залишки його їжі; риби-причепи супроводжують акул з цією ж метою;*

- **співтрапеца** – це споживання різних речовин або їх складових із одного ресурсу. *Наприклад, ґрунтові бактерії-сапрофіти, різні рослини одного місцеперебування використовують поживні речовини з одного джерела;*

- **нідіколи** – це використання мікросередовища у сховищі іншого виду. *Наприклад, деякі види комах і кліщів зустрічаються лише в норах гризунів або гніздах птахів (наприклад, пухпероїди).*

Аменсалізм – це взаємовідносини, за яких один організм впливає на інший та пригнічує його життєдіяльність, але сам при цьому не відчуває жодних негативних впливів. *Наприклад, ялина, яка пригнічує ріст і розвиток рослин нижнього ярусу. В основі аменсалізму лежать алелопатичні реакції.*

- **алелопатія (антибіоз)** є різновидом аменсалізму і характеризується явищем, за якого один організм виділяє у довкілля

продукти життєдіяльності, які створюють несприятливі умови для існування іншого виду. Це явище поширене у грибів, рослин, бактерій. *Наприклад, речовини, за допомогою яких мікроорганізми впливають один на одного називають антибіотиками, а на вищі рослини – колінами; вищі рослини для знищення мікроорганізмів використовують фітонциди, а мікроорганізми – маразміни, які шкодять вищим рослинам.*

Хижацтво – це взаємодія, за якої одна популяція з метою харчування нападає на одну або декілька особин інших видів, при цьому стан популяції хижака тісно пов'язаний зі станом популяції жертв. *Наприклад, вовки та зайці. При зменшенні популяції одного виду жертви (наприклад, зайців) хижак може переключатися на іншу (наприклад, миші, косулі, жаби, комахи).*

• **канібалізм** є різновидом хижацтва, що характеризується вбиванням та поїданням особин того ж виду. Він притаманний популяціям щурів, бурих ведмедів, свиней, а також відомі випадки канібалізму у диких племен людини (*наприклад, племена Папуа Нової Гвінеї, Африки, незалежно від рівня розвитку*).

В ході еволюції хижацтво сприяло морфо-фізіологічному прогресу як хижаків так і жертв. **У хижаків** розвинувся адаптативний комплекс, який забезпечує більш надійне виявлення здобичі за рахунок розвитку нервової та сенсорної систем, а саме *модифікація ротового апарату, кінцівок і зубів для активного захоплення, поїдання жертви, поява специфічних травних ферментів. Жертвам* притаманний широкий діапазон пристосувань, що допомагає їм уникнути зустрічі з хижакком, а саме *зміна забарвлення шерсті, поява отруйних та електричних клітин, вироблення поведінкових реакцій* тощо.

Хижак і жертва, так само як паразит і хазяїн, постійно змагаються між собою за швидкість вироблення адаптацій та їхню ефективність.

Відставання у темпах «перегонів озброєння» призводить до зникнення виду.

ГІПОТЕЗА ЧЕРВНОЇ КОРОЛЕВИ або «**еволюційні перегони озброєння**» (Лі Ван Вален, 1973): для існування та виживання виду в постійно змінюваних умовах навколишнього середовища йому необхідно постійно удосконалювати свої адаптації.

Принцип відбору адаптативних ознак полягає у збереженні тих, які дають перевагу серед особин одного виду. *Наприклад, миша має бути більш прудкою за своїх батьків, а сова – швидшою за своїх.*

Одним із ефективних механізмів у «еволюційних перегонах озброєння» є перехід до статевого розмноження. *В експерименті вчених Індіанського університету з нематодою *Caenorhabditis elegans* встановлено, що статеве розмноження здійснюється з частотою 1–30 %, решта – за рахунок гермафродитизму. Зараження нематод патогенними бактеріями призвело до переходу до статевого розмноження, оскільки це виявилось єдиною умовою виживання виду.*

Гіпотеза Червоної Королеви пояснює зникнення видів і пов'язує його саме з головуванням біотичного чинника, присутністю інших видів, які є невід'ємним компонентом середовища життя та забезпечує необхідність еволюційних змін виду й постійну конкуренцію з ними задля отримання ресурсів.

Хижацтво також можна розглядами як прояв міжвидової конкуренції. Вплив жертви на чисельність популяції хижака безсумнівно позитивний – забезпечення існування виду. На популяцію жертви хижаки впливають позитивно, знищуючи хворих тварин та покращуючи якісний склад популяції і негативно – зменшуючи чисельність популяції. Роль хижацтва відчутна лише тоді, коли обидва види мають однаковий **біотичний**

потенціал – це теоретичний максимум потомків від однієї пари або особини за одиницю часу (рік або життєвий цикл). Величина біотичного потенціалу різна у різних видів. *Наприклад, самка косулі народжує за життя 10–15 козенят, паразит Trihinella spiralis відкладає 1,8 тис. личинок, самка медоносної бджоли – 50 тис. яєць.*

Паразитизм – це взаємовідносини, за яких паразит впродовж тривалого часу використовує організм хазяїна як середовище існування та джерело харчування. Паразитизм – це природне явище, яке представляє собою складну динамічну біологічну систему і процес, який веде до освоєння живих організмів як специфічної екологічної ніші та формування унікального типу речовинно-енергетичних й інформаційних взаємодій в біологічних системах.

Спільним між хижаками та паразитами є:

1) харчування «живого-живим» однаково характерний для хижаків і паразитів;

2) здатність підтримувати щільність популяції рослиноїдних тварин на низькому рівні, так що останні не знищують власні джерела їжі та не руйнують місцеперебування, тобто паразити й хижаки підтримують статевий процес у багатьох груп рослин і тварин;

3) при тривалому контакті в системах «жертва-хижак» та «паразит-хазяїн» їхній вплив стає помітним, потім нейтральним й, згодом, навіть, сприятливим. Таке явище можливе за тривалої **коадаптації** – сумісної адаптації двох видів упродовж еволюційного процесу.

Коеволюція – це тип еволюційних взаємодій між організмами, за яких обмін генетичною інформацією між компонентами угруповань, що знаходяться в тісному взаємозв'язку мінімальний або взагалі відсутній.

В таблиці 1 наведено відмінності екологічних властивостей хижацтва та паразитизму.

Порівняння екологічних властивостей хижацтва та паразитизму

Екологічні властивості	Хижацтво	Паразитизм
вплив на метаболічні процеси	відсутній	взаємодія партнерів на біохімічному рівні
рівень взаємовідносин	популяційний	організмий
вплив на життєздатність	припинення життя жертви	паразит маскує свою присутність в організмі хазяїна
адаптації до взаємодії	етологічні (пошук жертви), морфо-фізіологічні (поява кігтів, зубів та ін.)	зміна анаеробного типу живлення на аеробне
тривалість контакту	контакт «хижак-жертва» не тривалий	тісний тривалий контакт паразита з хазяїном
залежність від чисельності популяції	зниження чисельності популяції хижака сприятливо впливає на зростання чисельності популяції жертви і навпаки	зниження чисельності популяції паразита не призводить до структурних чи кількісних змін у популяції хазяїв, а хазяїна – негативно відображається на популяційних параметрах паразита

Головною умовою поступового зменшення ступеня негативної взаємодії популяцій є стабільність екосистеми.

Наприклад, в результаті мутацій один з видів рослин починає синтезувати не властиві йому хімічні речовини, які перешкоджають нормальному онтогенезу, які, водночас, можуть зменшувати привабливість рослин для травоядних тварин. Однак, комахи-фітофаги можуть виробити реакцію-відповідь на таке явище, в результаті чого з'являються популяції комах здатних споживати такі рослини. Формується так званий **«генетичний зворотній зв'язок»**, коли еволюціонуючи разом один вид є фактором відбору для іншого та впливає на його генетичну структуру. Закріплення нових ознак у рослин і комах, які еволюціонують разом, є коеволуцією. Груповий відбір є генетичним механізмом коеволуції, що забезпечує збереження ознак «корисних» для популяції та біотичних угруповань і не вигідних для їхніх окремих носіїв

всередині популяції. Водночас, за прояву шкідливих для угруповання ознак генетичний механізм зумовлює загибель популяції. З коеволюційним процесом пов'язують факти альтруїзму у тварин (наприклад, турбота про потомство, взаємодопомога, покірність вожакам тощо).

ЗАКОН АНТІА: в системі «паразит-хазяїн» коеволюція сприяє виживанню менш вірулентних паразитів та більш резистентних хазяїв, зумовлюючи поступовий перехід до коменсальних взаємовідносин, мутуалізму тощо.

Однак, такий процес можливий лише у збалансованих, стійких екосистемах з тривалим історичним періодом взаємовідносин, де вплив антропогенних чинників є мінімальним.

У трансформованих екосистемах порушення закону Антіа призводить до прискорення темпів еволюції в паразитарних системах і гальмування процесу природної коадаптації паразитів та хазяїв. В реальності конкурентна боротьба між ними не зменшується, а навпаки – стимулює розвиток у партнерів важливих процесів: ускладнення механізмів імунітету, синхронізацію поведінкових програм і збільшення складності паразитарної системи в цілому. Такі зміни проявляються **ефектом «несподіваного посилення патогенності»**. Наприклад, масове зараження церкаріозом населення пов'язане зі зміною збудником свого специфічного хазяїна – качки на людину. Серед гельмінтозів собак токсокароз є найбільш епізоотично значимим у більшості регіонів світу. В деяких містах ураженість тварин *Toxocara canis* сягає 100 %, але при цьому відчутної шкоди популяції хижаків не несе. Однак, збудник може спричиняти ларвальний токсокароз у неспецифічного хазяїна – людини. Яскравим прикладом ефекту «підвищення патогенності» є епідемічна ситуація з

вірусом Ебола, яка виникла в 2013–2014 рр. Вірус було відкрито у 1976 р., але через декілька десятиліть спричинив інфікування понад 10 тис. осіб і загибель близько 5 тис.

Основна екологічна роль хижацтва, паразитизму й інших варіантів харчових зв'язків в угрупованнях полягає в наступному:

- послідовно харчуючись один одним, живі організми створюють умови для колообігу речовин, без якого неможливе життя;
- взаємна регуляція чисельності видів в системах «хижак-жертва» та «паразит-хазяїн».

Міжвидова конкуренція – це конкуренція між особинами різних але екологічно близьких видів.

Конкуренцію поділяють на:

- **активну (пряма, інтерференція)** – це пригнічення одного виду іншим. Вона може проявлятися в агресивних сутичках між тваринами, алелопатії, специфічній поведінці тварин, що перешкоджає доступу до їжі, сховища, місця розмноження тощо;
- **пасивну (експлуатаційна)** – це споживання ресурсів, необхідних обом видам. Перевагу отримують особини того виду, які здатні швидше та ефективніше використовувати ресурси, що є предметом конкуренції.

Екологічне значення конкуренції:

- відіграє вирішальну роль, оскільки визначає місце виду в екосистемі;
- результатом конкуренції є коадаптація або заміщення популяції одного виду іншим, який переселяється на іншу територію, починає споживати іншу їжу або вимирає;
- конкуренція призводить до природного відбору та збільшення екологічних відмінностей між конкуруючими видами.

ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО КОНКУРЕНЦІЇ: чим більше співпадають потреби конкурентів, тим гостріша конкуренція. Внутрішньовидова конкуренція є більш вираженою ніж міжвидова.

Гаузе Г.Ф. вперше продемонстрував явище конкурентного витіснення у експериментах з інфузоріями за ізолюваного та сумісного утримання двох близькоспоріднених видів (рис. 6).

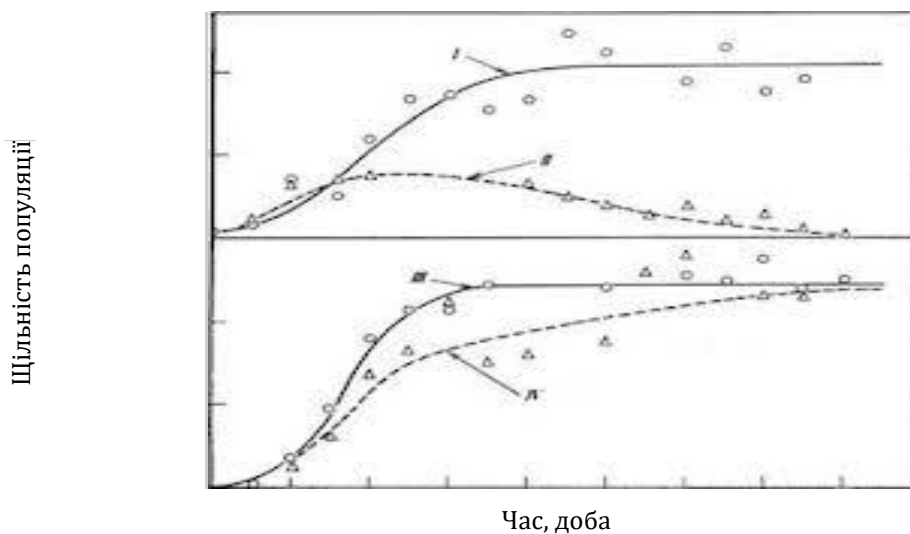


Рис. 6. Конкурентне виключення на прикладі лабораторного експерименту з двома видами інфузорій (за Г.Ф. Гаузе, 1934)
Примітка. 1 - *P. aurelia*, 2 - *P. caudatum* (за сумісного утримання)
А - *P. aurelia*, Б - *P. caudatum* (за роздільного утримання)

При ізолюваному утриманні чисельність популяції інфузорій кожного виду росла до максимуму, а за сумісного – один вид (*P. aurelia*) пригнічував розвиток іншого (*P. caudatum*).

ПРИНЦИП КОНКУРЕНТНОГО ВИТІСНЕННЯ
(принцип Гаузе): два види з однаковими потребами не можуть існувати разом, один з них обов'язково буде витіснений.

Виключенням з цього принципу є наприклад, сумісне гніздування у Великій Британії двох споріднених видів бакланів: великого і чубатого. Мешкаючи на одній території вони харчуються з одного джерела, але різною їжею: великий баклан глибоко пірнає за бентосними гідробіонтами (камбала, креветки), а чубатий баклан полює у поверхневих водах на оселедцевих риб.

Запитання для самоперевірки:

1. Які наслідки впливу на організми ефекту маси та ефекту групи?
2. У чому полягає принцип Оллі?
3. Наведіть приклади різних форм симбіотичних відносин.
4. Для якого з типів гетеротипових відносин характерна взаємодія між видами на генетичному рівні?
5. Які типи коменсалізму Ви знаєте?
6. Назвіть спільні та відмінні риси між хижацтвом і паразитизмом.
7. Дайте визначення «біотичного потенціалу».
8. Поясніть у чому подібність принципу Гаузе і золотого правила конкуренції?
9. У чому полягає закон Антіа?
10. Чому «гіпотеза Червоної королеви» пов'язана з еволюцією видоутворення?

РОЗДІЛ II. ПОПУЛЯЦІЙНИЙ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХОДИ У ТРАДИЦІЙНІЙ ЕКОЛОГІЇ

ТЕМА 2.1. ДЕМЕКОЛОГІЯ (ВЧЕННЯ ПРО ПОПУЛЯЦІЮ)

Ключові поняття та терміни: демекологія, популяція, стація, елементарна, екологічна та географічна популяції, рівномірна, дифузна і агрегована популяція, перманентна та темпоральна, панмектична й клональна популяції, просторова, вікова, статева, етологічна структура популяцій, криві виживання, чисельність, щільність, народжуваність, смертність, тривалість життя, темпи росту і часові коливання чисельності популяції, K- та r-стратегі, опірність середовища, сучасна концепція автоматичного регулювання чисельності, біотичні механізми регулювання чисельності популяції

Поняття про популяцію.

Демекологія – це наука, об'єктом вивчення якої є популяція. Вона вивчає прямі та зворотні зв'язки популяцій з середовищем і внутрішньопопуляційні процеси.

Популяція – це група особин одного виду, які:

- *здатні вільно схрещуватися та обмінюватись генетичною інформацією;*
- *населяють певний простір – стацію – упродовж багатьох поколінь;*
- *відокремлені від інших подібних угруповань.*

Вперше термін «популяція» запропонував у 1903 р. датський вчений-генетик Вільгельм Йогансен для того, щоб відрізнити групу гетерозиготних особин від гомозиготних організмів чистої лінії.

Розвиток популяційної екології базувався на формуванні нового підходу в аналізі польового та експериментального матеріалу і спостереженнями за сукупностями організмів. Було виявлено, що ці сталі сукупності особин одного біологічного виду володіють рядом специфічних властивостей, які не спостерігають у окремих організмів, тобто мають надорганізмове походження. Переважно досліджували популяції організмів, що мають важливе господарське значення (об'єкти промислу, шкідники сільського та лісового господарств, збудники хвороб тварин і людини, а також види, що потребують охорони).

Популяція виду просторово займає **стацію – частину ареалу з певними екологічними умовами**. Вибір стації, як правило визначається одним чинником (Додаток, рис. 6.).

Залежно від середовища життя це може бути солоність води, кислотність ґрунту та ін. Представники видів, які здатні переміщуватися на значні відстані і долати географічні перешкоди (*наприклад, ріки, протоки, гірські хребти та ін.*) характеризуються невеликою кількістю популяцій (*наприклад, північний олень, песець*). Види не здатні до переміщень на великі відстані формують безліч дрібних популяцій (*наприклад, популяції мокриць, які живуть у місцях з високою вологістю*). Для популяцій, здатних існувати у найрізноманітніших біотопах і переміщуватись на великі відстані характерне суцільне поширення виду (*наприклад, горобець хатній, семицяткове сонечко*) – це так звані **космополітні види**.

Класифікація популяцій.

1. За розмірами стації популяції поділяють:

- **елементарна (локальна)** – група особин, що характеризується практично повною панміксією (ізоляцією) (*наприклад, згряя риб серед багатьох у водоймі*). Обмін окремими особинами між популяціями

підтримує єдність виду, без якого тривала ізоляція популяцій призводить до утворення нових видів;

- **екологічна** – це просторово суміжні елементарні популяції (наприклад, популяція білок в сосновому, мішаному та широколистовому лісах одного регіону);

- **географічна** – це просторово суміжні екологічні популяції (наприклад, у виду – білка звичайна нараховується 20 географічних популяцій або підвидів у різних регіонах земної кулі).

2. За типом просторового розташування популяції бувають:

- **рівномірна (регулярна)**, коли особини розміщені на однаковій відстані один від одного (наприклад, поле кукурудзи, яблуневий сад та інші сільськогосподарські культури);

- **дифузна (випадкова)** (наприклад, хрущаки в борошні);

- **агрегована (мозаїчна)** є типовою для більшості природних екологічних систем.

3. За здатністю до самовідтворення та самостійної еволюції популяції поділяють:

- **перманентну (постійну)** – це відносно стійка у просторі та часі популяція, здатна до необмежено тривалого самовідтворення;

- **темпоральну (тимчасову)** – це популяції стійкі у просторі та часі, які можуть перетворюватися в перманентні або зникати.

4. За способом розмноження розрізняють популяції:

- **панмектичні**, коли розмноження виду відбувається статевим шляхом;

- **клональні**, для яких характерно безстатеве розмноження;

- **клонально-панмектичні** види, у яких відбувається чергування статевого і безстатевого розмноження (партеногенез).

Популяція є структурною одиницею виду та одиницею еволюції, які володіють рядом специфічних властивостей :

- чисельність;
- щільність;
- народжуваність та смертність;
- приріст популяції;
- темп росту.

Структура популяції.

Структура популяції – це співвідношення груп особин за статтю, віком, генотипами, поширенням та ін.

1. Просторова структура популяції визначає характер розміщення особин на території стації (*рівномірна, дифузна, агрегована*).

2. Статева структура популяції відображає певне співвідношення чоловічих і жіночих особин в популяції. За впливу чинників природного середовища співвідношення статей може змінюватися в бік більшої смертності самців. *Генетичний механізм забезпечує первинне співвідношення статей – 1:1 при заплідненні, вторинне співвідношення статей в популяції людини при народженні складає 100 дівчаток: 106 хлопчиків; третинне співвідношення статей у дорослому віці до 50 р. – 100 жінок : 85 чоловіків, а до 80 р. – 100 жінок : 50 чоловіків. Цей факт пояснює причину перевищення вартості страхового полісу для чоловіків у 1,5 рази порівняно з жінками у більшості країн Європи. У популяції мечоносців співвідношення статей залежить від значення рН середовища існування: при рН=6,2 частка самців становить 87–100 %, а за рН=7,8 – від 0 до 15 %.*

3. Вікова структура популяції характеризується співвідношенням особин різних вікових груп. Вікова структура властива природним угрупованням тварин та рослин, якщо вони не однолітні. В популяціях культурних рослин, в яких завдяки одночасному посіву вік особин однаковий, вікова структура не має значення.

4. Етологічна структура популяції – це система взаємовідносин між тваринами, що належать до однієї популяції. Розрізняють такі способи співіснування особин в популяції:

- **поодинокий спосіб життя**, за якого особини живуть окремо, утворюючи пари лише на репродуктивний період (*наприклад, тетеруки*);

- **сімейний спосіб життя** – особини утворюють пари на тривалий період (*наприклад, лебеді*);

- **зграйний спосіб життя** – тимчасове об'єднання тварин в угруповання для захисту від ворогів, пошуку їжі, міграції. Зграї можуть бути з лідером (*наприклад, більшість птахів, собак*) або без вираженого домінування окремих особин (*наприклад, риби, перелітна сарана*);

- **стадо** – це найбільш стійка форма угруповання організмів (*наприклад, копитні*);

- **колонії** – це сукупність особин одного виду організмів, пов'язаних спільним місцем проживання, які представляють собою, переважно поселення осілих тварин різного віку і статі. *В колоніях мурах та бджіл головують лише самки, а у термітниках – пара (король і королева). Розподіл праці між особинами популяції чітко розподілений: існують терміти-солдати з великою головою й міцними челюстями; хімічні війська, які «обстрілюють» ворога кислотою, що роз'їдає панцир; камікадзе – заповзають у гущу противника та вибухають; робочі особини – будують термітник і перетравлюють целюлозу для годування солдат, личинок та королівської пари;*

- **прайди** – сукупність особин одного виду, що складаються з самця, двох-трьох самок та молоді (*наприклад, леви*).

Тривалість життя особин в популяції формує криві виживання (рис. 7.):

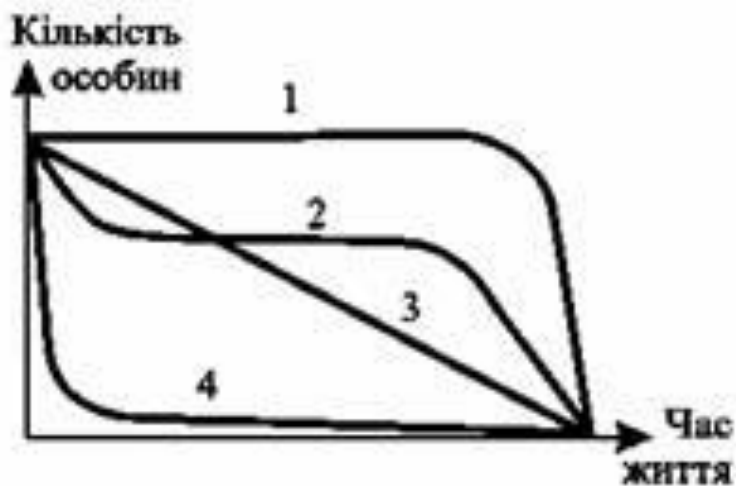


Рис. 7. Типи кривих виживання популяцій

Примітка. 1. Перший тип кривої виживання;
 2. Другий та третій тип кривої виживання;
 3. Четвертий тип кривої виживання

1. Перший тип кривої виживання (вибуха) – більшість особин популяції мають однакову тривалість життя з високим відсотком смертності особин у зрілому віці (наприклад, деякі види копитних, акули, морські зірки, людина);

2. Другий та третій типи кривої виживання (пряма лінія) – властивий видам, коефіцієнт смертності яких залишається постійний упродовж всього життя або з високою часткою загибелі у молодому та похилому віці (наприклад, прісноводна гідра);

3. Четвертий тип кривої виживання (увігнута) – висока смертність особин у ранньому віці (наприклад, птахи, риби, безхребетні), причинами якої є високий тиск з боку хижаків, хвороби, нестача харчових ресурсів.

Залежно від типу кривої виживання формується піраміда віку:

1. Класичний тип, високий відсоток молодняку формує широку основу піраміди;

2. Середній тип – це рівномірне розподілення особин за віком в популяції;

3. *Обернений тип* з чисельним переважанням старих особин над молодняком.

Статичні та динамічні показники популяції.

I. Статичні показники популяції – характеризують стан популяції на даний момент часу:

1. Чисельність – це загальна кількість особин в популяції, яка визначається протилежними явищами: народжуваність – смертність, вселення – виселення особин (міграція).

Дисперсія популяції – це обмін особинами з сусідніми популяціями або заселення нових територій. У комах дисперсія популяцій відбувається здебільшого дорослими особинами, у птахів і ссавців – молоддю. *Наприклад, у зайця біляка дисперсію забезпечує 1 % молоді, а у синиці великої – 60 %. У рослин розселення виду забезпечується спорами, насінням, пилком та ін.*

Теоретично будь-яка популяція здатна до необмеженого зростання чисельності, якщо відсутні лімітуючі чинники. В такому випадку швидкість зростання популяції залежить від біотичного потенціалу виду. *Наприклад, бактерії діляться кожні 20 хв. упродовж 36 год., кульбаба за 10 років може заповнити усю планету, якщо усе її насіння проросте.* Однак, в природних умовах ріст чисельності популяції лімітується екологічними чинниками.

Чисельність популяції регулюється екологічними чинниками:

- вплив абіотичних чинників;
- біотичні чинники:
 - ❖ поява великої кількості хижаків або паразитів;
 - ❖ дефіцит харчового ресурсу. *В регуляції чисельності популяції важлива роль належить їжі, наприклад, на Алясці та у Скандинавії раз на чотири роки за піку чисельності лемінгів, вони повністю знищують*

рослинність і починають мігрувати, масово гинучи у річках та фіордах. На чисельність гризунів також впливає поживність їжі та токсинів;

- ❖ міграція видів (сезонні, добові);
- ❖ поведінкові чинники (наприклад, мічення території, агресія, охорона території, гормональні розлади).

• вплив антропогенних чинників. Забруднення знижує резистентність рослин, в результаті чого чисельність комах зростає, однак при високому ступені забруднення чисельність комах знижується.

Сукупність лімітуючих чинників, що сприяють зниженню чисельності популяції називають **опірністю середовища**.

Гомеостаз популяції – це підтримання певної чисельності особин, що залежить від опірності системи, біотичного потенціалу та інших чинників.

Часові коливання чисельності популяції:

- **періодичні:**

❖ **коливання з періодом декілька років:** заєць-біляк та рись мають коливання чисельності 9,6 років і пов'язані між собою трофічними зв'язками; полярна сова та песець – 4 роки. Пізніше, було встановлено, що в регіонах, де рись була повністю винищена циклічність зміни чисельності зайців не змінилася. Цей факт підтвердив гіпотезу, що харчовий ресурс (зайці) є контролюючою першопричиною коливання чисельності хижаків (рисі). Біля берегів Перу раз на 7 років відбувається витіснення холодних вод теплими, що зумовлює підвищення температури води на 5 °C і зумовлює зміни чисельності видів пов'язаних ланцюгом живлення: планктон → нектон → птахи (рис. 8);

❖ **сезонні коливання.** Наприклад, популяція комара збільшує свою чисельність у певні періоди календарного року (рис. 9). На території міста Києва зареєстровано 34 види та підвиди комарів, з яких 23 види є визначеними переносниками збудників трансмісивних хвороб. Відповідно до типу життєвого циклу виділяють 5 екологічних груп, а з урахуванням

термінів появи і тривалості активного періоду у самок – чотири фенологічні групи комарів: весняні, весняно-літні, літні та полісезонні (за Кілочицькою Н.П., 2014).

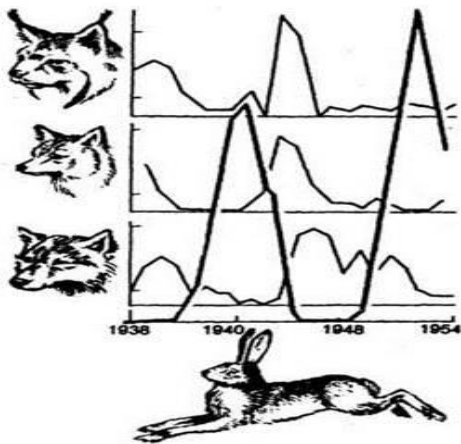


Рис. 8. Коливання чисельності з періодом декілька років (за Ю.Одумом)

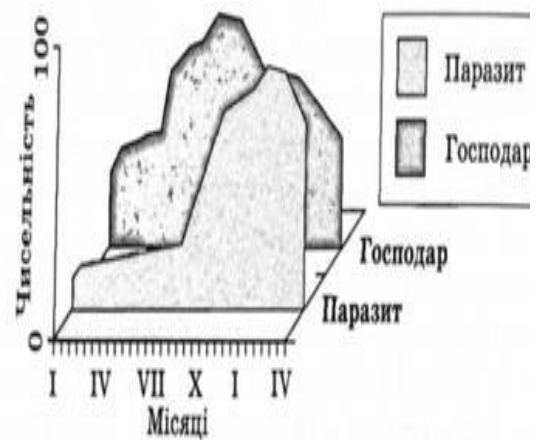


Рис. 9. Сезонні коливання чисельності популяції

ЗАКОН ПЕРІОДИЧНОГО ЦИКЛУ (ЗАКОН СИСТЕМИ ХИЖАК-ЖЕРТВА): аналогічно коливанням чисельності жертви відбувається коливання чисельності хижака.

- **неперіодичні коливання** носять непередбачуваний характер і пов'язані зі спалахами чисельності популяції.

Найчастіше непередбачувані коливання чисельності популяції відмічають в тих випадках, коли:

- ❖ вид вселяється (інтродукується) на нову територію, де є невикористані ресурси та відсутні негативні взаємодії. Природні механізми регуляції чисельності виду відсутні або малоефективні й зумовлюють несподіване чи швидке заселення організмів. *Наприклад, фермер Томас Остін у 1859 році завіз на австралійський континент і випустив на волю 24 кролика, чисельність яких до кінця 19-го століття зростає до сотень мільйонів особин (рис. 10).*



Рис. 10. «Вибух» популяції кролів у Австралії

«Вибух» популяції кроликів завезених до Австралії був спричинений наявністю достатньої кількості їжі та відсутністю природних хижаків. В результаті такої інтродукції багато аборигенних видів рослин і тварин виявилися на межі зникнення, а ґрунти були позбавлені рослинного покриву й стали піддаватися сильній ерозії. Для зниження чисельності популяції кролів до Австралії було завезено лисиць, які замість полювання на кролів почали харчувалися аборигенними видами: сумчастим мурахоїдом, тасманським дияволом та ін.

Найбільшу шкоду сільському та лісовому господарству наносять комахи-шкідники нещодавно заселені у нові для них райони (наприклад, гриб паразитуючий на каштані, хвороба Лайма).

Яскравим прикладом інтродукції є поширення сільськогосподарського шкідника – колорадського жука на Європейській території. У Європу колорадський жук вперше потрапив у 1918 р. в період Першої світової війни з імпортованим вантажем, а саме з бульбами картоплі. Французи, які перші зіткнулися з цією проблемою, не приділили їй достатньо уваги, що дозволило шкіднику «закріпитися на плацдармі» і впевнено просуватися на схід. Перші осередки поширення шкідника на території України було

zareєстровано у 1949 р. на Львівщині, пізніше у 1958 р. мав місце масовий заліт комах з території Угорщини та Чехії в Закарпатську область і далі, в наступні роки, на всю територію країни (Додаток, рис. 7).

❖ за різкої зміни середовища та умов харчування, які дозволяють популяції уникнути впливу звичайного механізму регуляції чисельності (природних ворогів, хижаків). Наприклад, зростання чисельності оленів на плато Кайбаб у Великому Каньйоні з 4-х тис. до 100-ти тис. впродовж 20-ти років пов'язували з Державною програмою знищення хижаків. Однак, популяція оленів швидко виснажила свою кормову базу, після чого зменшилась.

ПРИНЦИП ЗАСНОВНИКА: нові популяції, що виникли при штучному переселенні (акліматизації), часто втрачають спадково закріплені механізми саморегуляції чисельності. Натомість, згодом, вступають в силу біоценологічні механізми регуляції чисельності.

2. Щільність – це кількість особин на одиницю території (або об'єму простору).

Сучасна концепція автоматичного регулювання чисельності базується на принципово протилежних явищах:

- **модифікації** – це випадкові коливання чисельності, які **не залежать від щільності популяції**. Вплив різних абіотичних чинників зумовлює коливання чисельності популяції, але не ліквідує їх;

- **регуляції залежать від щільності популяції** та пов'язані з існуванням і активністю живих організмів, оскільки лише вони здатні реагувати на щільність своєї популяції та популяцій інших видів за принципом зворотного зв'язку. Якщо біотичний потенціал хижака набагато нижчий біотичного потенціалу жертви і вплив хижака не

відображається на щільності його популяції. Наприклад, одні лише комахоїдні птахи, без впливу інших екологічних чинників не можуть зупинити масового розмноження комах. В популяціях гризунів регуляцію щільності популяції до оптимального рівня забезпечує явище так званої «шокової хвороби» – це фізіологічний ефект, який характеризується зниженням плодючості та зростання смертності в популяції.

Зазвичай регуляція чисельності видів в природних умовах забезпечується множинними типами зв'язків.

Під впливом біотичних факторів відбувається регуляція чисельності та щільності популяції. Водночас, залежно від рівня чисельності популяції регулюючі механізми принципово різні (рис. 11).

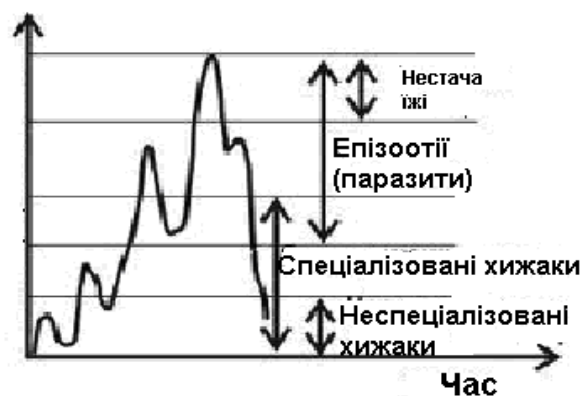


Рис. 11. Механізм біотичного регулювання чисельності популяції на прикладі комах

1. Функціональна реакція характерна для неспеціалізованих хижаків (хижаки-поліфаги) і базується на здатності змінювати свою активність за зміни (переважно зниженні) чисельності жертви.

2. Чисельна реакція – явище притаманне спеціалізованим хижакам (хижаки-олігофаги) – при зростанні чисельності жертви вони впливають на неї регулююче в ширшому діапазоні ніж поліфаги.

3. Епізоотії виникають при досягненні популяції жертви настільки високої чисельності, що виходить за межі впливу хижаків. Саме таким чином виникають спалахи епідемії та епізоотії. *Наприклад, хвороби, спричинені мікроорганізмами або паразитами в популяції людини можуть перебігати у вигляді епідемій (лихоманка Ебола, пташиний грип).*

Аналіз різних епізоотій останнього періоду свідчить, що рушійною силою епідемічного процесу є не відома тріада «збудник-механізм передачі-сприятливий хазяїн», а горезвісний людський чинник.

4. Внутрішньовидова конкуренція – межа фактора регуляції, що веде до вичерпання доступних ресурсів і розвитку стресових ситуацій в популяції жертви. *Наприклад, ендокринна реакція ссавців на збільшення щільності популяції проявляється стресом та посиленням агресивності особин.*

У видів з незначною кількістю ворогів (*наприклад, слони, великі хижі*) основну роль в регуляції чисельності відіграють не міжвидові, а внутрішньовидові зв'язки, територіальні відносини.

Відносно популяцій людини біотичні механізми регуляції популяції залишаються мало вивченими. Водночас, окремі дослідники стверджують, що виникнення нових хвороб (*лихоманка Ебола, коронавірус MERS, атипова пневмонія та ін.*), стійкості до дії антибіотиків та хімічної отрути, підвищення патогенності збудників різних патологій є одним із проявів природних механізмів регуляції чисельності у відповідь на домінування популяції людини та її антропогенну діяльність.

II. Динамічні показники популяції відображають процеси, що протікають в ній за певний проміжок часу:

1. Народжуваність визначають як кількість нових особин за певний проміжок часу на одну особину:

- **фізіологічна (максимальна)** – це максимально реалізована можливість народження за відсутності лімітуючих чинників;

- **екологічна (реалізована)** – дійсна народжуваність за конкурентних умов.

Організми можуть відтворювати своє потомство за один або декілька актів. У зв'язку з цим тварин поділяють на:

- **моноциклічні види**, які відтворюють потомство за 1–2 статевих цикли в рік або в один акт розмноження (*наприклад, дикі тварини, домашні собаки і деякі породи кішок, травневий жук, лососеві*);

- **поліциклічні види**, для яких характерно декілька актів розмноження відповідно до сезону. Поліциклічність характерна для більшості хребетних і ряду безхребетних тварин (*наприклад, велика та мала рогата худоба, кобили, свині*).

Серед рослин виділяють:

- **монокарпічні види** – це рослини, що дають насіння раз у житті (*наприклад, однолітні та багато дволітніх рослин, деякі види багатолітніх: бамбук, пальми, агави*);

- **полікарпічні види**, у яких формування насіння відбувається декілька разів за життя (*наприклад, ярові та озимі злаки, конюшина, капуста, яблуна, дуб*).

Людина один із небагатьох видів, здатний відтворювати потомство упродовж календарного року.

Тактика розмноження пов'язана із затратами, вкладеними батьками для відтворення потомства. Розрізняють дві основні тактики розмноження:

- один великий і добре адаптований нащадок – це актуальна тактика в конкурентному середовищі;

- максимальна кількість нащадків з малими розмірами і низькою адаптацією (*наприклад, батьки отримують більшу віддачу, якщо вкладають по 20 % в кожного з 5-ти нащадків, а не 100 % – в одного*). Така

тактика оптимальна для «конкуrentного вакууму», коли щільність популяції низька.

2. Смертність – кількість померлих особин за певний проміжок часу:

- **мінімальна (фізіологічна)** – це мінімально можлива величина смертності за відсутності конкурентних умов;

- **реалізована (реалізована)** – реальна величина смертності.

Розрізняють три типи смертності:

I тип – однакова на всіх стадіях життя і зустрічається вкрай рідко (наприклад, муха-дрозофіла);

II тип – підвищена смертність у ранньому віці (наприклад, у дерев зрілого віку досягає менше 1 % особин, у мальків риб – 1-2 %, у комах – менше 0,5 %);

III тип – висока смертність у старості та характерна для більшості ссавців.

3. Тривалість життя – це період існування особини від народження до смерті. Розрізняють тривалість життя:

- **фізіологічну**, яка залежить від генетичних можливостей організму, тобто за теоретичного виключення впливу на популяцію лімітуючих чинників;

- **екологічну** – це тривалість життя, яка можлива в реальних умовах середовища, тобто за впливу сприятливих та несприятливих чинників.

4. Темп (швидкість) росту популяції – це зміна чисельності популяції за одиницю часу. Швидкість росту популяції може бути позитивною, нульовою та негативною, залежно від народжуваності, смертності й міграції, а також пов'язана зі щільністю популяції (статичним показником). У зв'язку з цим розрізняють наступні типи росту популяції:

I тип – швидкість росту популяції зменшується по мірі збільшення щільності, за рахунок:

- зниження народжуваності (наприклад, самка африканського слона при низькій щільності популяції народжує 1 слоненя на 4 роки, а при високій – на 7 р.);

- зміна віку настання статевої зрілості (наприклад, самка африканського слона може досягати статевої зрілості в період від 12 років до 18 років, залежно від щільності популяції).

II тип. – темп росту популяції максимальний при середніх значеннях щільності. Такий тип характерний для видів з груповим ефектом (наприклад, у чайок число пташенят у виводку збільшується зі зростанням щільності популяції, а за досягнення максимальних показників починає знижуватися).

III тип – темп росту популяції не змінюється доти, доки не досягне максимальних показників, а потім різко знижується. Наприклад, лемінги, при досягненні максимальної щільності популяції починають мігрувати. В книзі Ч. Элтона «Екологія нашествий животных и растений» описано міграції лемінгів в Норвегії: тварини в такій кількості мігрували через населені пункти, що собаки і коти перестали навіть реагувати на них. Тварини були здатні долати природні перепони, а досягнувши моря – тонули.

Швидкість росту популяції може бути виражено у вигляді **кривої росту популяції**. Розрізняють дві основні моделі росту популяції:

- **експотенційний тип росту (J-подібна крива)** – ріст чисельності популяції не залежно від щільності. Такий тип росту можливий доти, поки біотичний потенціал популяції реалізується повністю в умовах низької конкуренції за ресурси. Однак, за досягнення ємності середовища чисельність популяції різко знижується. Прикладом експотенційного типу росту чисельності популяції є реальні спостереження. У 1944 р. на безлюдному острові св. Матвія, де були залишені 29 оленя, а мохи та лишайники, основна їжа оленів, були чудовою кормовою базою для них. На

острові не було ані хижаків ані мисливців, що зумовило збільшення їх чисельності до 6 тис. голів за наступні 19 років. Упродовж наступних трьох років майже всі тварини вимерли, залишивши жалюгідне стадо з 41-ї самиці і одного самця. Причиною зниження чисельності популяції було надмірне виснаження пасовища, для поновлення якого необхідні десятиліття. Несуча здатність території визначається як максимальна кількість тварин, які можуть упродовж року перебувати на території без порушення екосистеми. Для острова св. Матвія вона становить 5 оленів на 1 кв. км. Під час піку популяції на 1 кв. км припадало 18 особин. Після цього поголів'я деякий час зростало, а відтворюваність корму зменшувалася. Деградація пасовища виявилася незворотною; сталося стрибкоподібне зменшення популяції оленів.

- якщо теоретично припустити, що всі народжені особини вижили і дали потомство, то чисельність будь-якої популяції через певні інтервали часу зростала би у геометричній прогресії та графічно відображалася експотенційною кривою, яка йде в безмежність (рис. 12, примітка 1).



Рис. 12. Типи динаміки змін чисельності популяцій за збільшення харчових ресурсів

Примітка: 1 – поширений, з колапсом і ризиком цілковитої загибелі;
2 – "захищений", з поступовим виходом на нову урівноважену чисельність без колапсу

- **логістичний тип росту (S-подібна крива)** – швидкість росту популяції залежить від щільності популяції. При цьому швидкість росту популяції знижується (до нуля) по мірі росту чисельності та щільності.

Такий тип росту характерний для мікроорганізмів, рослин і тварин в лабораторних умовах (рис. 12, примітка 2).

У випадку несподіваного зменшення чисельності виду виникає **«ефект пляшкового горла»**, коли серед особин, що вижили зустрічаються рідкісні генотипи, які мають переваги в нових умовах і популяція за їхній рахунок відновлюється. *Наприклад, зоологи стверджують, що всі існуючі сьогодні на планеті гепарди мають настільки схожий генотип, що навіть припустима пересадка шкіри від одного до іншого без ефекту відторгнення. Це дає підставу стверджувати, що вся популяція гепардів є нащадками однієї пари.*

В деяких випадках ріст популяцій окремих видів організмів не підпорядковується закономірностям визначеним у двох попередніх моделях росту популяцій:

- **опортуністичний тип** росту популяції характеризується регулярними чи випадковими сплесками росту чисельності популяцій. Його реєструють за періодичного порушення середовища (*наприклад, пожежі, урагани, засухи*), які призводять до катастрофічної смертності, не пов'язаної зі щільністю популяції або за виснаження популяцією харчового ресурсу і зниження якості середовища через накопичення відходів метаболізму. За таких умов ріст чисельності популяції спочатку йде за експотенційним механізмом, а потім знижується до нульових значень та переходить у так зване «плато». *Наприклад, популяція кліщів інтродукована на нове місце існування; збільшення весною чисельності однорічних рослин і комах, фітопланктону у водоймах та їх зменшення восени.*

*До опортуністичного типу росту популяції належать багато видів бактерій (наприклад, *Penicillium candidum*) та грибів (наприклад, *Mucor racemosus*) з числа редуцентів, які швидко ростуть і розмножуються при доступності харчового ресурсу. За його вичерпування чисельність популяції*

цих видів різко знижується, однак залишається велика кількість спор, які дають ріст новій популяції за появи джерела їжі. Насиченість атмосфери опортуністами пояснює швидке псування продуктів харчування: скисання молока, гниття м'яса, заплісневіння.

- **рівновісний тип** – це популяції, які знаходяться у стані, близькому до рівноваги з ресурсами, при цьому значення їх щільності стійкі.

Опортуністичний тип коливання чисельності популяції впливає на природній відбір та на самі популяції, зумовлюючи формування **екологічної стратегії популяції** (r-відбору і K-відбору), а організми, в яких він закріпився отримали назву r-стратеги та K-стратеги;

За коливанням чисельності популяції розрізняють наступні типи організмів:

- ❖ **r-стратеги** – популяції, що швидко розмножуються, але мають низьку конкурентну спроможність, невеликі розміри, малу тривалість життя та здатні швидко заселяти нові місцеперебування (*наприклад, комахи, мікроорганізми*). Вони мають J-подібну криву росту популяції. r-стратегів умовно називають **«шакалами»**, оскільки вони здатні за короткий період завойовувати екологічний простір, що звільнився;

- ❖ **K-стратеги** – це популяції, що повільно розмножуються, мають великі розміри тіла та характерні для стабільних місцеперебувань. Вони мають S-подібну криву росту популяції і їх умовно називають **«левами»** – здатні тривалий час утримувати екологічний простір (*наприклад, людина, великі тварини, дерева*). Великі розміри тіла дають переваги: непривабливість для потенційних хижаків, легше переносять вплив абіотичних чинників, що зумовлює їх територіальну поведінку, соціальну стратегію та оптимальні розміри групи.

Таким чином, вплив екологічних чинників на рівні популяції характеризується такими показниками:

- народжуваність;

- смертність;
- середня тривалість життя особин;
- швидкість росту популяції та її розміри.

У свою чергу популяція адаптується до зміни абіотичних чинників:

- змінюючи характер свого просторового розміщення;
- шляхом адаптативної еволюції.

Рекомендації для закріплення теоретичного матеріалу: перегляд документальних фільмів «Вторгнення видів. Нічого випадкового» та «Вторгнення паразитів».

Ситуаційні завдання:

1. Поясніть можливі причини лімітуючі щільність популяції птахів-дуплогніздовиків у молодому та старому лісі.

2. Чи у всіх видів реєструють «вибух» чисельності популяції за відсутності природних ворогів?

3. Чому вплив більшості абіотичних чинників середовища на популяцію не забезпечує регуляцію їхньої чисельності?

4. Які чинники визначають особливості динаміки чисельності популяції ворон у містах? Так, щорічно взимку чисельність птахів збільшується у декілька разів порівняно з літом.

Запитання для самоперевірки:

1. У чому різниця між поняттями «стація» та «ареал»?

2. Які класифікації популяцій Вам відомі?

3. Наведіть приклади різних типів кривої виживання популяції.

4. Які типи популяційної структури Вам відомі?

5. Які переваги й недоліки характеризують різні типи етологічної структури популяції?

6. *Як впливають екологічні чинники на рівні популяції?*
7. *Поясніть механізм впливу біотичних чинників на чисельність популяції.*
8. *На яких явищах базується сучасна концепція автоматичного регулювання чисельності популяції?*
9. *Що розуміють під поняттям «швидкість росту популяції»?*
10. *Які типи коливання чисельності популяції розрізняють?*

ТЕМА 2.2. ЕКОЛОГІЯ ВИДІВ

Ключові поняття та терміни: вид, ареал, космополіти, ендеміки, убіквісти, екологічна ніша, ширина та перекриття екологічних ніш, потенційна і реалізована екологічна ніша, правило вікаріата, екологічна диверсифікація, правило Бергмана, правило Аллена, правило Глогера, екологічні еквіваленти, правило обов'язкового заповнення екологічних ніш, правило географічного оптимуму

Поняття про вид.

Вид – екологічна одиниця. Види різняться між собою цілою низкою ознак: розміром, забарвленням особин, фізіологічними процесами, середовищем проживання, поведінкою та ін.

Вид визначають як сукупність особин, схожих за основними морфологічними і функціональними ознаками, каріотипом, поведінковими реакціями, що мають:

- *загальне походження;*
- *заселяють певну територію – ареал;*
- *схрещується в природних умовах виключно між собою і мають плодове потомство.*

Територія, яку займає вид упродовж всього життя називають **ареалом**. Види часто займають великий ареал, в межах якого особини розподілені нерівномірно, групами – популяціями. Кожна популяція живе в певних умовах. Завдяки цьому вид, що складається з низки популяцій, займає великий ареал, незважаючи на різноманітність умов у його межах. Однак, будь-який вид, що складається з однієї або декількох популяцій є цілісним. Границі ареалів визначаються крайніми значеннями (від *min* до *max*) показників екологічних чинників (температури, солоності, вологи).

ПРАВИЛО ГЕОГРАФІЧНОГО ОПТИМУМУ: будь-який вид тварин займає певну територію (ареал), на якій він репрезентований системою популяцій.

В процесі еволюції у кожного виду сформувалися пристосування до певного середовища проживання. *Наприклад, арктичні птахи та ссавці мають біле забарвлення і пристосовані до життя в умовах низьких температур. Мешканці пустелі мають жовто-сіре забарвлення та різноманітні пристосування до високих температур, до нестачі вологи тощо. Подібні адаптації властиві всім особинам виду, хоча й можуть дещо різнитися в межах великого ареалу.*

Класифікація ареалів:

- **суцільний** – представники виду рівномірно представлені на всій території ареалу;
- **розірваний** – формується за наявності природних або штучних перепон (водні, орографічні) або просторів не зайнятих представниками даного виду.

Залежно від величини ареалу і характеру поширення види поділяють:

- **космополіти** – види рослин і тварин, представники яких зустрічаються на більшій частині території Землі (*наприклад, кімнатна муха, сірий щур*);
- **убіквісти** – види рослин та тварин з широкою екологічною валентністю, здатні існувати в різних умовах середовища й мають широкий ареал (*наприклад, вовк, тростина звичайна*);
- **ендеміки** – види рослин і тварин, які мають невеликі обмежені ареали (*наприклад, лемури на о. Мадагаскар*). Ендеміки часто зустрічаються на територіях ізольованих упродовж тривалого періоду, що налічує тисячі років – це океанічні острови, гірські хребти та ін.

Для тварин характерні: **трофічний ареал** та **репродуктивний ареал**, між якими існує зв'язок у вигляді шляхів перельоту (для птахів) і шляхів міграції (для деяких риб та ссавців).

Екологічна ніша.

Кожен організм, популяція, вид в межах місцезнаходження або ареалу займають екологічну нішу. Термін "екологічна ніша" був уперше вжитий американцем Д. Грінделом у 1917 р. Згодом, у 1933 р. його співвітчизник Ч. Елтон дав визначення цього поняття: екологічна ніша становить не лише певні умови середовища, але й спосіб життя і спосіб добування їжі. За образним висловлюванням Ю. Одума (1975): «... **місцезнаходження** – це "адреса" організму, а **екологічна ніша** – його "професія", яка дає можливість відповісти на питання: де, чим, як харчується вид, чиєю здобиччю він є, як і де розмножується».

Екологічна ніша – це роль виду в переносі енергії або фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають можливість існування будь-якого організму, популяції, виду в природі.

Екологічна ніша включає наступні категорії:

- **просторова ніша** – це місцезнаходження («адреса») організму, популяції, виду;
- **трофічна ніша** – це трофічний статус («професія»), тобто спосіб добування їжі, харчова спеціалізація, харчовий режим;
- **багатомірна ніша** – це область у просторі, обмежена кожним з екологічних чинників діапазоном толерантності, тобто ставлення конкретного виду до абіотичних факторів середовища існування. Поняття багатомірної ніші увів у 1952 р. англійський еколог Дж. Хатчинсон і визначав її як систему з багатьма координатами в

екологічному просторі, де проживає і відтворює себе особина (або популяція) (рис. 13).

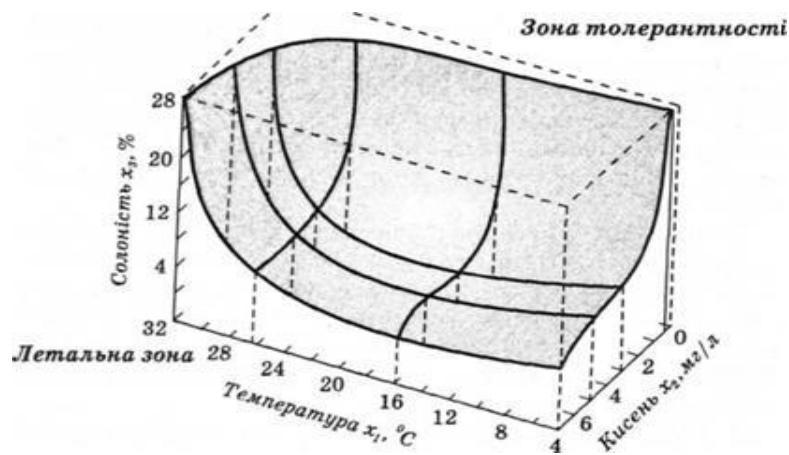


Рис. 13. Фрагмент екологічної ніші

Кожен вид має свою амплітуду значень щодо кожного екологічного чинника, при якій він може існувати. Оскільки факторів, що забезпечують існування у тварин і рослин багато, то екологічну нішу можна уявити собі як ділянку в багатомірному просторі обмежену абіотичними та біотичними факторами, за яких може існувати дана популяція.

Деякі види знайшли свої екологічні ніші в штучних екосистемах, подолали біологічні перепони та адаптувалися до тієї чи іншої системи господарювання – **синантропні види** (наприклад, мухи, таргани, мурахи, гризуни, міські птахи та ін.). Доволі часто вони є шкідниками і переносниками соціально-небезпечних хвороб (наприклад, чума, орнітози та ін.). Наприклад у м. Берлін постійно перебувають близько 10 тис. кабанів. Причиною цього явища є зниження ролі хижаків у системі «вовк-кабан», відсутність конкуренції в межах біотопу, висока безпека, доступність харчових ресурсів (смітники житлових масивів, ресторанів, кафе). Наслідками, так званої, «непомірної» благодійності людини є поява диких тварин у містах, де вони з'являються на ігрових площадках, риють ґрунт у парках, скверах, на стадіонах, гинуть під колесами автомобілів, а

контакт з людиною може стати причиною особливо небезпечних інфекційних хвороб (африканська чума свиней, хвороба Ауескі та ін.).

Всюди, де фізичне середовище однакове розвиваються подібні екосистеми не залежно від географічного походження. В них еквівалентні екологічні ніші займають види – **екологічні еквіваленти**. Наприклад, зебри і антилопи в Африці, бізони – у Північній Америці, кенгуру – в Австралії, велика та мала рогата худоба – на антропогенно трансформованих територіях.

Екологічну нішу характеризують два поняття:

1. Ширина екологічної ніші. Цей показник завжди відносний та носить порівняльний характер. Так, стенобіонти мають вузьку екологічну нішу, а еврибіонти – широку. Наприклад, про вузьку екологічну нішу говорять характеризуючи дубового шовкопряда, гусінь якої харчується лише дубовим листям. На відміну від нього гусінь непарного шовкопряда харчується багатьма видами листяних дерев, що забезпечує формування широкої екологічної ніші.

2. Ступінь перехрещування екологічних ніш має місце коли види використовують однакові ресурси.

- **екологічні ніші з повним перекриттям** виникають при співпадінні потреб конкурентів;

- **екологічні ніші з частковим перекриттям.** В таких умовах чим більше перекриття тим більша конкуренція, а існування виду можливе завдяки специфічності їх пристосування. Наприклад особини одного виду займають сховища, недоступні для більш активного конкурента;

- **повністю розділені екологічні ніші,** види яких взагалі не конкурують між собою.

Ареали таких видів (переважно копитні, які ведуть груповий спосіб життя) знаходяться поруч і суттєво не перехрещуються, водночас, регулярно або епізодично здійснюють обмін особинами між популяціями.

ПРАВИЛО ВІКАРІАТА (Д. Джордана): близькоспоріднені види, що ведуть груповий спосіб життя, як правило вікаріюють, тобто географічно заміщують один одного.

Розрізняють потенційну та реалізовану екологічні ніші:

- **потенційна екологічна ніша** (фундаментальна) представляє собою комплекс екологічних факторів, необхідних для даного виду за відсутності конкурентів (преконкурентна). Цей тип ніші відповідає потенційним можливостям виду.

- **реалізована екологічна ніша** охоплює ту амплітуду умов, яка доступна виду в присутності його конкурентів (постконкурентна). Реалізована ніша, як правило, в тій чи іншій мірі менша від фундаментальної.

Взаємодія між потенційною та реалізованою екологічними нішами пояснюється за допомогою поняття «**екологічної ліцензії**» – місце в просторі та часі, наявність зовнішніх умов та потоків речовини і енергії, які забезпечує екосистема для існування популяції або організмів. Реалізована екологічна ніша ніколи не виходить за межі ліцензії, але при цьому обов'язково перекриває потенційну екологічну нішу. Ліцензія може вміщувати кілька популяцій, при цьому між ними виникає конкуренція за ресурс (складна екосистема). *Рослини часто мають подібні екологічні ніші, оскільки у них однакові джерела живлення – сонячна радіація, вода, поживні речовини ґрунту. Але й тут завжди є диференціація: види можуть займати різні яруси, з метою пом'якшення конкуренції за опилувачів або квітнуть в різний час і т.п. У тварин механізм диференціації за екологічними нішами часто буває досить сильним.*

Наприклад, у заростях бамбуку Південного Сахаліну немає дрібних хижаків, оскільки вони мешкають поблизу водойм в долинах річок. Їх екологічна ніша заповнена сірими пацюками, які схильні до хижацтва. Існує

гіпотеза, що вірус імунодефіциту людини (ВІЛ) зайняв екологічну нішу вірусів групи, популяція яких була майже знищена сучасними противірусними засобами.

ПРАВИЛО ОБОВ'ЯЗКОВОГО ЗАПОВНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НІШ: будь-яка порожня екологічна ніша завжди стає природно заповненою.

За принципом Гаузе: два види з однаковими потребами не можуть існувати разом, один з них обов'язково буде витіснений, тобто ці види не можуть займати одну й ту ж екологічну нішу. Це сприяє розділенню екологічних ніш, спеціалізації видів, виникненню екологічної диверсифікації.

Розділ екологічних ніш, як наслідок міжвидової конкуренції отримало назву **екологічної диверсифікації**. Вона здійснюється за такими параметрами:

- **просторове розміщення** – це вибір видами різних стацій. Прикладом може бути міграція чорного щура на північ (завдяки шляху «із варягів у греки») і заселення його на горищах, де раніше жила популяція сірого пацюка. Різні види дятлів: великий, середній та малий строкатий шукають їжу на стовбурі, великих гілках і вітах крон дерева, відповідно, обираючи для існування різні стації;

- **харчовий раціон** – це різні харчові потреби у споріднених видів. Наприклад, ящірки одних видів харчуються лише мурахами, других – термітами, третіх – рослинністю і т.д. Бувають випадки, коли конкуренція за їжу призводить до прискорення розвитку та зміни всього життєвого циклу виду. Так, муха-саркофагіда заражає сарану, відкладаючи в її тіло яйця, а оса-сфекс ослаблену комаху (ту ж сарану) паралізує, затаює в свою нірку разом з яйцем саркофагіди. В результаті личинка мухи

гине не витримуючи харчової конкуренції з личинками осі. З часом у личинок мухи виробились і закріпились еволюційні зміни, які характеризуються прискоренням розвитку личинок, а плодючість їх при цьому стала меншою;

- **розподіл активності у часі** базується на різних типах активності: добовій (наприклад, ластівки та кажани) та сезонній (наприклад, ящірки, комахи).

Наслідками екологічної диверсифікації є:

1. Дивергенція – це посилення відмінностей між близькоспорідненими видами за їхнього існування на одній географічній території. Так зване явище «**зміщення ознак**» проявляється у випадках, коли на ділянках сумісного існування два близькоспоріднені види морфологічно різняться більше порівняно з видами, що живуть у різних частинах ареалу. Якщо два види морфологічно схожі, то в межах території їх сумісного проживання морфологічні ознаки набувають специфічності (наприклад, різний окрас, форма дзьоба та ін.);

2. Зміна чисельності популяції, залежно від адаптованості близькоспоріднених видів. Наприклад, в лабораторних умовах за однакової чисельності популяцій двох видів малого мучного хрущака (*Tribolium castaneum* і *Tribolium confusum*) та впливу певних екологічних чинників (температура повітря +34 °C і вологість 70 %) популяція *T. castaneum* завжди домінує. Водночас, за іншого вихідного співвідношення чисельності популяції перевагу однієї чи іншої передбачити неможливо, незалежно від впливу абіотичних чинників.

3. Спеціалізація виду. Наприклад, на Кубі гостромордий крокодил характеризується великою екологічною пластичністю і добре переносить засолення водойм, а кубинський крокодил зустрічається лише в прісних водах та за сумісного існування виявляється більше конкурентоспроможним через вузьку спеціалізацію. Наслідком такого співіснування стало витіснення гостромордого крокодила в солоні води.

ПАРАДОКС ХАДИСОНА (для гідробіонтів): два види можуть співіснувати в одній екологічній ніші, а якщо вони близькоспоріднені та вимушені використовувати один ресурс, то природний добір може сприяти їхньому співіснуванню і ці види будуть еволюціонувати в одному напрямку.

Вплив екологічних чинників на рівні виду.

Види адаптуються до впливу екологічних чинників наступним чином:

- **визначення географічного поширення** (положення, контури, розміри ареалів, провідними серед яких є температура і вологість). Протягом свого життєвого циклу особини одного виду можуть міняти середовище проживання, входячи в зовсім різні спільноти. Подібне явище спостерігається у багатьох комах. *Наприклад, у комара, личинки якого живуть у водному, а дорослі особини – в наземно-повітряному середовищі життя. Багато видів тварин належать до різних біологічних угруповань залежно від пори року (міграції птахів і ссавців), пристосовуючись таким чином до сезонних змін клімату;*

- **обмеження географічного поширення** пов'язано з діапазоном впливу абіотичних чинників, пристосувальною еволюцією та підпорядковується морфолого-зоогеографічним закономірностям, які стосуються підвидів одного виду або близьких видів;

- **зміна життєвих циклів** у видів носять статичний характер та може бути проілюстрована за допомогою морфолого-зоогеографічних закономірностей.

ПРАВИЛО БЕРГМАНА: в міру віддалення від полюсів до екватора розміри тіла пойкилотермних тварин стають більшими, а гомойотермних – меншими.

Наприклад, білий ведмідь більший за бурого ведмедя, а останній – за гімалайського; найбільший із пінгвінів – імператорський (зріст 90–120 см), живуть на берегах Антарктиди на льоду, королівський пінгвін (до 95 см) живе на півночі, в більш теплом кліматі, а найменший – малий (40 см) живе біля південного берегу Австралії та Нової Зеландії. Це пов'язано з тим, що великим тваринам з постійною температурою тіла в холодному кліматі легше утримувати температуру (тому вигідно, щоб розміри тіла були великими), а в теплом – необхідно її випромінювати.

ПРАВИЛО АЛЛЕНА: виступаючі частини тіла теплокровних тварин в холодному кліматі коротші, ніж в теплом.

Наприклад, американська пустельна лисиця, що живе в пустелі Північної Америки і відрізняється довгими ногами та великими вухами від близькоспоріднених видів, що живуть в прерії, лісостепу та степу. Пов'язано це з тим, що подовження різних частин тіла сприяє ефективнішому випромінненню тепла.

ПРАВИЛО ГЛОГЕРА: у близьких видів теплокровних тварин, що живуть в районах з різним кліматом забарвлення тіла різне: темніше і більш насичене притаманне формам із теплих та вологих частин земної кулі (що пов'язане з накопиченням пігментів – еумеланінів), переважно світле – із сухих і спекотних областей (пігменти – феомеланіни).

Наприклад, індійський тигр має яскравіше забарвлення ніж тигр з далекого Сходу; пустельне забарвлення характерне для пустельно-степових тварин, що робить їх непомітними на фоні піску та сухих трав.

Запитання для самоперевірки:

1. Як класифікують види залежно від величини ареалу і характеру поширення видів?
2. Поясніть різницю між просторовою, трофічною та багатомірною екологічною нішею. Наведіть приклади.
3. Поясніть взаємодію між потенційною й реалізованою екологічною нішею за допомогою екологічної ліцензії.
4. За якими параметрами здійснюється екологічна диверсифікація?
5. Наведіть приклади статичних адаптації у видів за допомогою морфолого-зоогеографічних закономірностей.
6. Як проявляється вплив екологічних чинників на рівні виду?

ТЕМА 2.3. СИНЕКОЛОГІЯ (ВЧЕННЯ ПРО БІОЦЕНОЗИ)

Ключові поняття та терміни: угруповання, біоценоз, біотоп, фітоценоз, зооценоз, мікроценоз, зв'язки в біоценозі (топічні, форетичні, трофічні, стохастичні, інформаційні, гостальні, просторові, фізичні і хімічні), просторова структура біоценозу, ярусність, мозаїчність, консорція, синузія, парцела, «каскад вимирання», ключові види, екологічні «інженери»

Структурно-функціональна організація біоценозу.

На будь-якій ділянці земної поверхні мешкає комплекс видів. Ізольовано види довго існувати не можуть, оскільки швидко погіршують умови свого існування. Тому, в природі особини, популяції та види завжди живуть у спільнотах (угрупованнях), створюючи системи з емерджентними властивостями, які відсутні в популяційних системах, що входять до їх складу.

Популяції різних видів організмів, які сумісно існують на одній території формують біологічні системи – біотичні угруповання або біоценози.

Синекологія (екологія спільнот) – це розділ екології, який вивчає особливості формування та функціонування угруповань різних видів, досліджує весь комплекс впливів та взаємовідносин в біоценозі.

Угруповання – це сукупність видів, об'єднаних між собою:

- **певними взаємозв'язками (трофічними, топічними, інформаційними, форетичними та ін.);**
- **територією проживання – біотопом;**
- **впливом комплексу умов існування.**

Поняття «угруповання» часто використовують як синонім терміну «біоценоз». Однак, воно має дещо вужчі межі. *Наприклад, виділяють*

окремо угруповання комах, птахів, мікроорганізмів. Водночас, угруповання постійно змінює зовнішній облік (наприклад, зимовий, осінній та весняний ліс), але зберігає властиві йому структуру та функції.

Біоценоз визначають як сталу біологічну систему, в якій організми пов'язані між собою різними типами зв'язків і населяють порівняно однорідну ділянку суші або води – біотоп.

Термін біоценоз вперше було вжито німецьким зоологом К. Мебіусом (1977).

Біоценоз та біотоп нерозривно пов'язані один з одним, про що свідчать ряд принципів їх взаємозв'язку в системі «біотоп-біоценоз».

ПРИНЦИП РОЗМАЇТТЯ УМОВ ЖИТТЯ (Тіннеман А.): чим різноманітніші умови біотопу, тим більше число видів існує в біоценозі та навпаки – в одноманітних біотопах з порівняно стабільними умовами життя кількість видів різко зменшується.

ПРИНЦИП ПОВІЛЬНОЇ ЗМІНИ СЕРЕДОВИЩА (Франц Г.М.): чим повільніше змінюються умови середовища в біотопі та чим триваліший час він залишається незмінним, тим багатший на види біоценоз, урівноваженіший і стабільніший.

ПРИНЦИП ВИДОВО-РОДОВОГО ПРЕДСТАВНИЦТВА (Іллієс Й.): оскільки два види (навіть близькоспоріднені) не можуть займати однакові екологічні ніші в одному біотопі, багаті видами роди, як правило, представлені в біотопі єдиним видом.

Угруповання можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям: видовому складу та просторовій структурі.

Видовий склад біоценозу визначають за наступними критеріями:

1. Характерний видовий склад. Існує дві характерні групи видів:

- **домінантні види**, які творять зовнішній вигляд біоценозу, причому кожен з них має свою особливу, неповторну зовнішність. Домінування особливо виразно проявляється там, де абіотичні чинники носять екстремальний характер (пустеля, тундра). Так, біоценози лісів Півночі можуть на 90 % бути представлені одним або двома видами дерев, в той час як в тропічних лісах домінантами можуть бути понад 10 видів дерев. Назву біоценозу дають за рослинними асоціаціями, наприклад, біоценоз очеретяний, сосновий, ковиловий, сфагновий, пшеничного поля й ін.). У водному середовищі поділ на біоценози пов'язаний з екологічними зонами водойми, наприклад, біоценози літоральної зони, абісальних глибин та ін.

На особливу увагу серед них заслуговують:

- **види-едифікатори** – це види рослин, які переважають у фітоценозах і визначають особливості рослинного угруповання та мікросередовище. Вони контролюють біоценотичне середовище, створюючи тим самим умови для існування інших видів;

- **субдомінантні види (другорядні)**, які своєю присутністю віддзеркалюють умови місцезростання. Наприклад, коли ми згадуємо про барвінок, то бачимо діброву, в якій домінує дуб.

Про значення окремого виду у видовій структурі біоценозу судять за такими показниками:

- **багатство виду** – це число видів в угрупованні;
- **частота зустрічності** – це відношення числа особин одного виду до загальної чисельності особин угруповання виражене у відсотках;

- **ступінь домінування** – це біологічна маса (для великих особин) або число особин (для дрібних особин) одного виду на одиницю площі або об'єму простору, що він займає;

- **видове розмаїття** визначають малочисельні рідкісні види.

2. Видова структура біоценозу забезпечує колообіг речовини й енергії та включає необхідну для цього сукупність організмів: угруповання рослин – **фітоценоз**, угруповання тварин – **зооценоз**, мікробний компонент біоценозу – **мікроценоз**.

Деякі види відіграють в угрупованнях настільки важливу роль, що визначають здатність інших видів до існування. Це так звані **ключові види**. Їх зникнення може спровокувати серію загибелі інших видів – **«каскад вимирання»**. Наприклад, за відсутності вовків, які регулюють чисельність травоядних, ріст чисельності останніх може призвести до руйнування рослинного покриву і зникнення багатьох видів фітофагів. Фікуси в тропічних лісах забезпечують своїми плодами багато видів птахів та ссавців. Завдяки діяльності бобрів утворюються місцеіснування з підвищеною вологістю, сприятливі для багатьох видів.

В угрупованні складно визначити, які ж види є ключовими для конкретної екосистеми. Так звані види **«екологічні інженери»** змінюють середовище існування у власних цілях, при цьому опосередковано створюють умови (місцеіснування) для існування інших видів.

Цікавим підходом, що визначає взаємозв'язок між біорізноманіттям та функціонуванням екосистеми є гіпотеза надлишковості або **«гіпотеза заціпок»**, згідно з якою види подібні до кнопок, що виконують незначну, але важливу роль для утримання системи. Зникнення видів один за одним зумовлює ослаблення зв'язків всередині системи. Водночас, кожен з видів в екосистемі виконує декілька функцій і дублює один одного, тому зникнення одного виду відразу не є відчутним, в той же час може бути непередбачуваним (гіпотеза унікальності).

Між компонентами біоценозу існують різні типи зв'язків:

Стохастичні зв'язки – випадкова взаємодія.

Трофічні – виникають між організмами, коли вони харчуються один одним:

- **прямий зв'язок** проявляється при безпосередній взаємодії системи «хижак-жертва» та «паразит-хазяїн». *Наприклад, харчування левів антилопами, гієн – трупами тварин, жуків-гноювиків – екскрементами рогатої худоби;*

- **опосередковані зв'язки** виникають при конкуренції різних видів за один ресурс. *Наприклад, поїдаючи комах-запилювачів, птахи побічно впливають на кількість вироблених рослиною плодів, на хижаків і паразитів цих тварин та рослин.*

Топічні зв'язки – створення одним видом умов для існування іншого (наприклад, паразитизм, коменсалізм або взаємодія між деревом та комахами, птахами, ссавцями, що живуть на ньому).

Форетичні зв'язки – участь одного виду в поширенні іншого: **зоохорія** – перенесення тваринами на поверхні свого тіла насіння, пилку, **форезія** – дрібних особин.

Фабричні зв'язки – використання одним видом продуктів життєдіяльності інших видів для влаштування **фабрикацій** – свого помешкання. *Наприклад, птахи використовують для спорудження своїх гнізд гілки дерев, траву, пір'я інших тварин.*

Гостальні зв'язки виникають між популяцією хазяїна і популяцією паразита (екстенсивність та інтенсивність інвазії).

Просторові зв'язки між різними організмами і видами при їх поширенні та розселенні. *Наприклад, успішному існуванню і розмноженню пугачів та сов, крім сприятливих кормових умов необхідна наявність вільних гніздових стацій.*

Інформаційні зв'язки – пов'язані з передачею генетичної інформації. На будь-якому рівні генетичного контролю (молекулярному, клітинному, організмовому, популяційному) гени задають початкові умови, а наступні процеси відбуваються за принципом саморегуляції за рахунок зворотного зв'язку.

Часові зв'язки виникають за контакту між особинами одного або різних видів у часі. *Наприклад, здатність жертви уникати контакту із хижаками через різні форми адаптації до добових ритмів.*

Фізичні зв'язки проявляються за фізичного контакту між особинами одного або різних видів. *Наприклад, спарювання, вигодовування, симбіоз.*

Хімічні зв'язки – це адаптація організмів до середовища життя, передусім, пов'язана з активністю внутрішньоклітинних ферментів та їх здатністю до утворення альтернативних шляхів підтримання метаболічних процесів і виробленню нових специфічних властивостей. *Наприклад, паразитичні нематоди-геогельмінти в ході життєвого циклу можуть змінювати тип обміну речовин та дихання: на стадії імаго в організмі хазяїна – анаеробний, у доквіллі в стадії яйця – аеробний.*

3. Тривалість життя у часі. Біоценоз з його видовим складом є системою стійкою і довговічною, однак його компоненти мають різну тривалість життя. *Наприклад, у мікробів вона триває хвилини, у дрібних безхребетних – дні, у великих – роки, а лісові дерева живуть сотні років.* Окремі біоценози тропічних лісів вирізняються геологічною історією, тоді як на місцях згарищ чи евтрофних озер розвиваються цілком юні біоценози.

4. Визначені територія та межі. Простір, на якому функціонує окремий біоценоз характеризується однорідністю й особливістю умов біотопу. Невеликі за розмірами біоценози можуть існувати на кількох метрах квадратних (*наприклад, джерело з його особливим тваринним і рослинним світом, камінець вкритий мохом, мурашник*) та входять до складу більших – *ялицевого лісу, а він, у свою чергу, – до лісового масиву Українських Карпат.* Головним у визначенні меж біоценозу є необхідний набір видів для реалізації обігу матерії та енергії.

3. Просторова структура біоценозу пов'язана з розподіленням організмів у просторі та часі, а також характером їх взаємодій між собою й

навколишнім середовищем. В комплексі це формує поняття «внутрішня організація угруповання» та визначається наступними параметрами:

- *розподілення у просторі;*
- *розмежування у часі.*

Однорідність біотопу в межах біоценозу є відносною і місцеіснування відрізняються відмінностями у зволоженні ґрунту, засоленості, різноманітності рослинного покриву, неоднакової освітленості тощо.

Популяції у складі біоценозів розташовуються у просторі горизонтально – *мозаїчно* і вертикально – *ярусно*.

1. Вертикальна ярусність (стратифікація). Два основних яруси автотрофний та гетеротрофний в багатьох біогеоценозах та екосистемах розділяють на додаткові. Завдяки цьому система завжди займає трьохмірний простір. *Наприклад, лісові фітоценози вертикально структуровані за ярусністю:*

- *перший ярус – ґрунт, листяна підстилка, лишайники, водорості;*
- *другий ярус – низькорослі трави, мохи;*
- *третій ярус – високорослі трави, напівкущі;*
- *четвертий ярус – кущі;*
- *п'ятий ярус – середньорослі дерева;*
- *шостий ярус – високорослі дерева.*

Ярусне розподілення видів у просторі знижує конкуренцію між ними, забезпечує існування багатьох видів на обмеженій території та сприяє максимальному використанню ресурсів середовища.

Компоненти біоценозу ніколи не існували в природі як окремі й самостійні частини. Їхній взаємозв'язок здійснюється за рахунок різних типів зв'язків. Одним із таких типів міжвидового поєднання на визначеній території є консорція.

Консорція – це структурна одиниця біоценозу, що об'єднує автотрофні та гетеротрофні організми на основі топічних і трофічних

зв'язків навколо центрального ядра. *Наприклад, дерево, що росте окремо і взаємопов'язані з ним організми: лишайники, комахи, ссавці, паразити рослин та тварин й ін. Такого типу угруповання не притаманні саморегуляція й самовідновлення (рис. 14).*

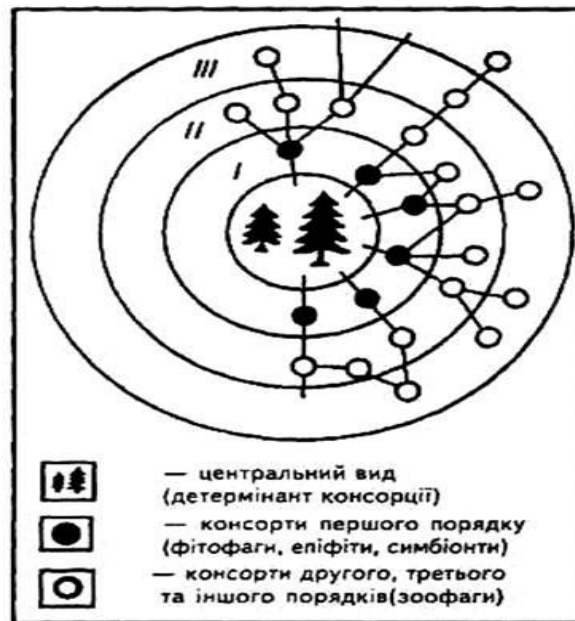


Рис. 14. Структура консорції на прикладі хвойного лісу

Г
оризо
нтал
ьна
стру
ктур
а
(зона
льніс
ть)

обумо

влена мозаїчністю і пов'язана з нерівномірним розподілом популяцій по площині. Мозаїчність біоценозу проявляється в його поділі на окремі мікроценози, які відрізняються за видовим складом, кількісним співвідношенням особин. Елементами горизонтального розчленування також можуть бути синузії.

Синузія – структурна частина фітоценозу у вертикальному та горизонтальному розчленуванні біоценозу, що утворена подібними видами за життєвими формами й обмежена в просторі та часі. *Наприклад: в сосновому лісі можна виділити синузії мохів, синузії чорниці, синузії сосни та ін. (рис. 15).*

Парцела – структурна частина у горизонтальному розчленуванні біоценозу, яка відрізняється від інших частин складом і властивостями компонентів. *Наприклад, березові зарості у хвойному лісі.*

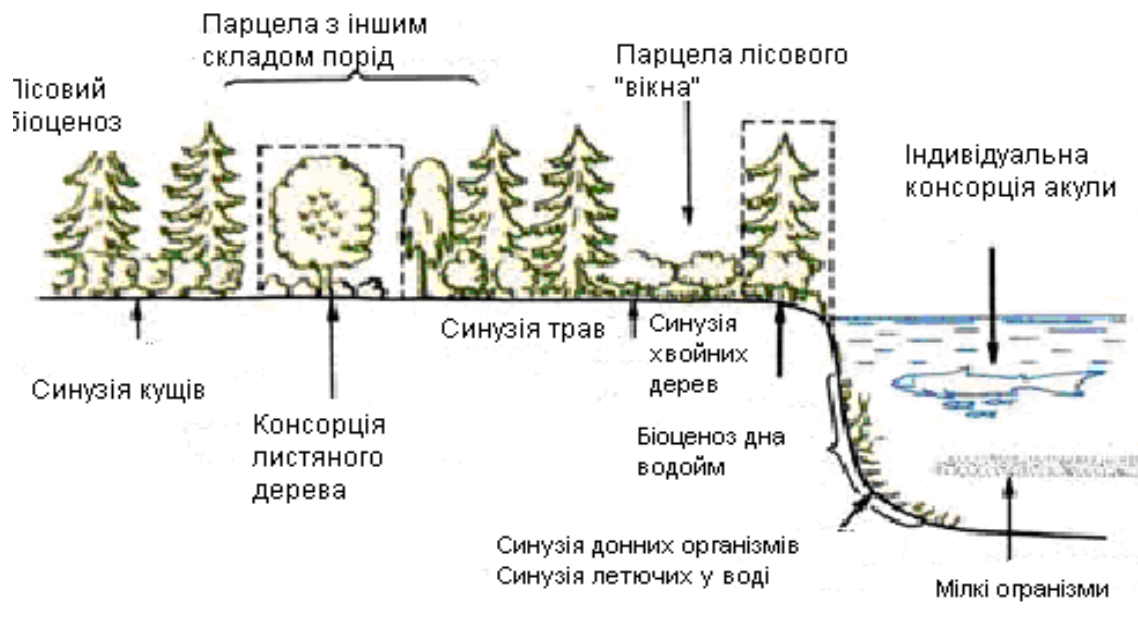


Рис. 15. Просторова структура біоценозу

Різні групи організмів можуть змінювати своє просторове положення та активність упродовж певного періоду часу: доби, місяця, сезонів, року тощо. *Наприклад, добова вертикальна міграція характерна для прісноводних гідробіонтів: на світанку біля поверхні води знаходяться фотосинтезуюча вища водна рослинність та фітопланктон, пізніше до поверхні мігрують безхребетні (ранішній пік чисельності 6–10 год); у денні години, коли реєструють зниження фотосинтетичної активності ці організми переміщуються на дно водойми (денний пік – 10–14 год.); у сутінкові години (18–22 год.) гідробіонти рівномірно розташовуються в товщі води від дна до поверхні, а вночі концентруються біля самого дна.*

У часі використання автотрофних організмів гетеротрофами може відбуватися не відразу, а з суттєвою затримкою. *Наприклад, листя, деревина, коріння в лісовій екосистемі споживаються редуцентами не відразу, а з часом.*

Також, на властивості біотичного угруповання впливають такі чинники як:

- трофічні взаємозв'язки;

- етологічна структура популяцій (зграї, колонії, пари та ін.);
- гомотипові та гетеротипові коакцій;
- характер розмноження: зв'язок нащадків з батьками, статеве і безстатеве розмноження та ін.

Запитання для самоперевірки:

- 1. В якому випадку поняття «угруповання» та «біоценоз» є синонімами?*
- 2. Які існують типи зв'язків між організмами?*
- 3. Які особливості зміни просторової структури біоценозу у часі?*
- 4. Наведіть приклади видової та просторової структури біоценозу.*
- 5. Визначте основні принципи взаємозв'язку в системі «біотоп-біоценоз».*
- 6. За якими показниками визначають значення окремого виду у видовій структурі біоценозу?*
- 7. Поясніть причини ефекту «каскад вимирання» видів.*

ТЕМА 2.4. БІОГЕЦЕНОЗ ЯК ЕЛЕМЕНТАРНА ЕКОСИСТЕМА

Ключові поняття та терміни: біогеоценоз, екотоп, сукцесія, первинна та вторинна сукцесія, кліматичний клімакс, едафічних і циклічний клімакс, дисклімакс, закон сукцесійного уповільнення, принцип сукцесійного заміщення, зоогенні, фітогенні, антропогенні та катастрофічні сукцесії, континуум, екотон, види-індикатори, краєвий ефект

Біогеоценоз – це визначена окрема ділянка біосфери Землі з однорідними природними явищами (склад атмосфери, ґрунту, водним режимом) та визначеною структурою біоценозу, поєднаних обміном речовин і енергії в єдиний природний комплекс. (рис. 16).

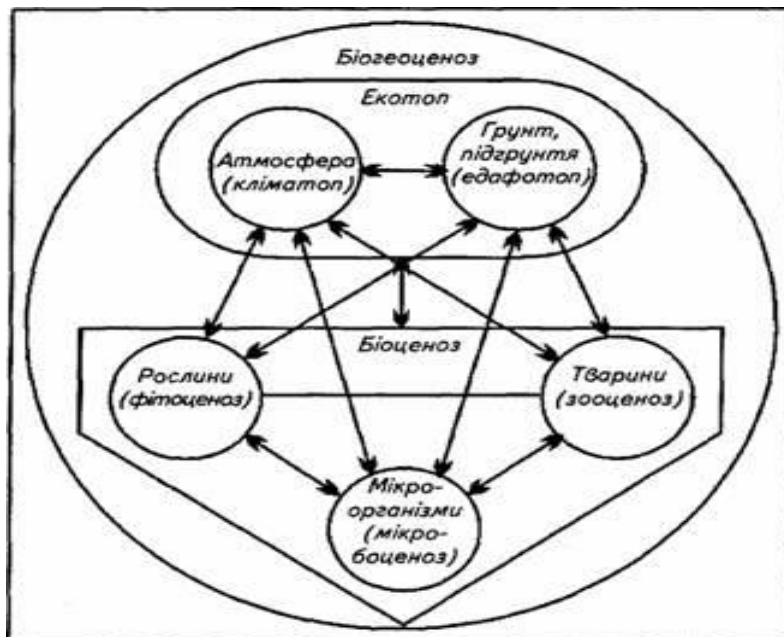


Рис. 16. Схема будови біогеоценозу (за В.М.Сукачевим)

Взаємозв'язок біоценозу та екотопу формує **біогеоценоз**. Термін біогеоценоз був введений в 1944 р. Сукачевим.

Територія, на якій існує біогеоценоз називають **екотоп** – це **однорідний за абіотичними факторами простір середовища, зайнятий біоценозом, який включає кліматотоп (атмосферу) і едафотоп (грунт).**

Деякі автори біогеоценоз ототожнюють з екосистемою (Ю. Одум, В. Кучерявий).

Біогеоценоз можна розглядати як один з видів екосистеми, що має чітку територіальну прив'язку. З іншого боку, біогеоценоз можна розглядати як найнижчий рівень ієрархії екосистеми, тобто її мінімальну розмірну одиницю. У цьому випадку між поняттями «біогеоценоз» та «екосистема» можна ставити знак «дорівнює».

Для кожної такої одиниці екосистеми лімітуючим є вплив власного специфічного чинника. Біогеоценози здатні швидко (упродовж декількох місяців або років) змінювати свою структурно-функціональну організацію під впливом зовнішніх чинників, що пов'язано з процесами заміщення, загибелі та ін. Водночас, такі зміни залишаються непомітними на вищих рівнях організації екосистеми й носять місцевий та короткотерміновий характер порушень. Вони відбуваються за рахунок поступової зміни фізичного середовища під впливом біотичних угруповань з метою модифікації та створення умов для існування інших популяцій. Це явище отримало назву **сукцесія** (від лат. "сукцедо" – наступний). *Наприклад, послідовне освоєння упалого дерева грибами, бактеріями, безхребетними.*

Сукцесія – це направлений розвиток екосистеми, результатом якого є встановлення рівноваги між біотичним угрупованням та фізичним середовищем.

В процесі сукцесії популяції організмів і типи функціональних зв'язків між ними закономірно та періодично змінюють один одного. На противагу еволюційному процесу, який є незворотнім, сукцесійні процеси розвиваються циклічно (по спіралі). *Наприклад, в лісі через вітровії, урагани, пожежі постійно виникають ділянки з порушеним рослинним*

покривом. Кожне впале дерево звільняє простір для початку сукцесійного процесу.

ПРИНЦИП СУКЦЕСІЙНОГО ЗАМІЩЕННЯ: поступове заміщення одних видів біоценозу іншими.

Заміщення видів при сукцесії через ряд етапів буде відбуватися доти, поки не буде досягнуто рівноваги між біотичним та абіотичним її компонентом.

Розрізняють сукцесії:

• **зоогенні**, які виникають під впливом життєдіяльності тварин. *Наприклад, неконтрольоване зростання чисельності популяція бакланів на території заповідника «Куршська коса» в Литві призвело до знищення вікового прибережного соснового лісу, через надмірну кількість гніздових місць та екскрементів, які «спалюють» хвою дерев;*

- **фітогенні** – під впливом рослинності;
- **антропогенні** – за впливу діяльності людини;
- **катастрофічні** – внаслідок пожежі, землетрусу, повені тощо.

В екології порушення середовища прийнято розмежовувати на катастрофу та **стихійне лихо**. Останні відбуваються в біотичних угрупованнях доволі часто і зумовлюють еволюційні зміни, що дозволяють уникнути впливу несприятливого чинника за його повтору. *Наприклад, викошування трави відбувається регулярно і рослини адаптуються до нього змінюючи терміни вегетації та цвітіння. Так, кульбаба відцвітає до його початку, а жовтець їдкий починає квітнути після завершення сінокошу.*

В природних екосистемах шкідливі впливи на рівні особин та популяцій виявляються корисними на рівні виду з точки зору адаптативної еволюції.

Катастрофи передбачити неможливо, вони виникають несподівано, характеризуються потужною руйнівною силою і організми не зберігають «генетичну пам'ять» про неї. Наприклад, виверження вулкану, пожежі, шкідники знищують біоценози, сприяючи тим самим повторенню сукцесії.

Розрізняють первинні та вторинні сукцесії.

Первинна сукцесія – це процес розвитку і зміни екосистем на раніше не заселених ділянках (пісок, лавовий потік, поверхня нещодавно утвореної скелі). Наприклад, поступове обростання гранітної скелі, яке завершується розвитком лісу або заростання піщаних дюн та ін.

Вторинна сукцесія – це відновлення екосистеми, що раніше існувала на даній території. Наприклад, відновлення соснового лісу після пожежі або вирубки, природний заповідник Асканія-Нова в Україні, джунглі та інші території, на яких раніше вели господарську діяльність.

Сукцесійний процес здійснюється поетапно, при цьому біотичні угруповання послідовно змінюють один одного, і лише деякі види можуть зберігатися від початкових стадій до зрілого стану екосистеми (рис. 17).

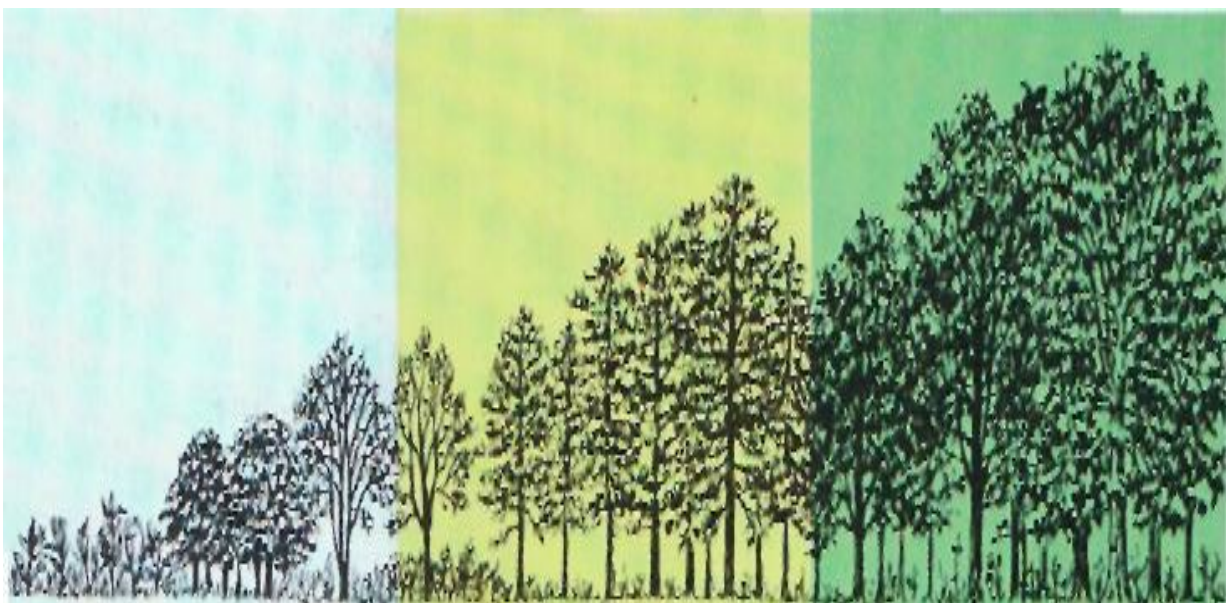


Рис. 17. Сукцесійний процес

Закономірності сукцесійного процесу:

- ***початкова стадія сукцесії*** або ***стадія сукцесійного росту*** характеризується незначним видовим різноманіттям з простими схемами харчування. В переважній більшості занесення спор та насіння, проникнення піонерних рослин на нову територію відбувається випадково і пов'язано з видовим складом суміжних біотопів. Однорічні рослини витрачають більшу частку енергії на відтворення насіння та освоєння вільної території, а не на розвиток біомаси (листа, пагону, кореневої системи). Місцеіснування здатні освоїти та закріпитись у ньому лише ті види, які володіють екологічною валентністю до абіотичних чинників конкретного середовища. Між видами представленими великою кількістю продуцентів і незначною – редуцентів виникають конкуренція, витіснення найменш пристосованих популяцій, видозміна місцеперебування та поступова стабілізація умов і взаємовідносин.

Продуктивність екосистеми на цій стадії досягає максимуму з високими показниками біомаси. Водночас, висока продуктивність біогеоценозу зумовлює її низьку надійність та нестабільність середовища, а це означає, що можуть відбуватися різкі коливання чисельності і щільності популяцій.

Біогеоценоз отримує поживні речовини від інших біогеоценозів, як правило зі стоком від суміжних біогеоценозів;

- ***стадія зрілості або стабілізації*** характеризується зростанням кількості та ролі симбіотичних відносин, ускладненням ланцюгів живлення й харчової сітки. В біогеоценозі домінують редуценти, що розкладають велику кількість мертвої органіки. Серед рослин домінують багаторічні трави, кущі, дерева, які значну частку енергії та поживних речовин витрачають на підтримання кореневої системи, стовбура, а не на утворення нових рослин. Біотичні угруповання біогеоценозу самі

добувають, утримують і переробляють біогенні речовини, які їм необхідні. Система стає більш надійною та стабільною;

- **стадія клімаксу** є завершальним етапом сукцесійного процесу, коли всі види угруповання зберігають відносно сталу чисельність та характеризується відсутністю подальших структурних змін. Формується стабільний біогеоценоз, в якому на одиницю потоку енергії приходиться максимальна біомаса, видове різноманіття і реалізуються усі можливі міжвидові взаємозв'язки. Водночас, є мінімальною або повністю відсутня річна чиста продукція органічної речовини. Стратегія життя рослин в такому угрупованні спрямована на збільшення розмірів організму, накопичення поживних речовин і води та посилення міжвидової конкуренції, що зумовлює скорочення видового багатства біогеоценозу.

Кожний наступний етап сукцесійного процесу триває довше і повільніше від попереднього та має циклічний характер через регулярно виникаючі катастрофи.

ЗАКОН СУКЦЕСІЙНОГО УПОВІЛЬНЕННЯ: процеси, які відбуваються в стійких врівноважених системах, як правило, проявляють тенденцію до уповільнення.

Розрізняють декілька варіантів клімаксного процесу.

Кліматичний клімакс – це теоретичне угруповання, спрямоване на розвиток біогеоценозу на даній території, а його компоненти знаходяться у рівновазі із загальними кліматичними умовами.

Едафічний клімакс має місце в тих випадках, коли рельєф місцевості, водойми, ґрунт та інші фактори перешкоджають розвитку кліматичного клімаксу.

Антропогенний субклімакс (дисклімакс) реєструють у випадках, коли угруповання підтримуються людиною. *Наприклад, через надмірний*

випас худоби в степу утворюється пустеля (дисклімакс), хоча за умовами регіонального клімату повинен зберегтися степ (кліматичний клімакс). Так, пустеля Олешківські піски в Херсонській області поблизу біосферного заповідника Асканія-Нова утворилася тут у ХІХ столітті, коли барон Фальц-Фейн, засновник заповідника почав завозити і випасати величезні стада овець, які знищили траву, звільнили піски, а вітрова ерозія сприяла розширенню пустелі.

Катастрофічний (циклічний) клімакс — це повторення циклічного сукцесійного процесу після знищення біоценозу в результаті катастрофи. Кліматичний та катастрофічний клімакс не завжди співпадають

Для розмежування біогеоценозів користуються характерними ознаками, які поділяють на:

- **фізіономічні** — це виділення площі з рослинністю за наявністю домінуючих видів (наприклад, дубрава). Такий підхід може бути використаний за наявності 1–2 видів-домінантів;
- **таксономічні** — базуються на поодиноких видах або сукупності характерних видів, які можуть існувати разом лише в одній конкретній екосистемі;
- **екологічні**, які визначають за параметрами абіотичного середовища.

Визначення границь екосистеми є складним завданням. У разі поступової зміни абіотичних чинників на межі різних біогеоценозів перехід від однієї екосистеми до іншої є згладженим, біотичні угруповання поступово змінюються і визначити їхні межі вкрай важко (наприклад, схил пагорба). Таке явище носить назву **континуум**.

За різкого розмежування біогеоценозів (наприклад, границя між лісом та посівами зернових) між ними виникає перехідна зона (зона напруження) – **екотон**. Часто чисельність та щільність популяцій в

перехідній зоні значно перевищує ці показники у центральній частині екосистеми, що отримало назву **краєвого ефекту**.

Різкий перехід між екологічними системами пов'язаний, передусім, з просторовим розміщенням найважливіших екологічних чинників. Першими на зміну абіотичних чинників реагують **види-індикатори** – це організми з вузькими межами екологічної валентності, які за зміни абіотичних чинників здатні реагувати проявом фізіологічних і поведінкових реакцій або самою своєю появою свідчать про зміни в середовищі їхнього існування чи його певні характеристики. Кращими екологічними індикаторами є види К-стратегі. *Наприклад, біологічним індикатором забруднення атмосфери в урбоекосистемах є соснові культури; кропива і малина свідчать про високий вміст азоту у ґрунті; личинки комарів-звонців є індикаторами органічного забруднення ґрунту; жуки-короїди – антропогенного забруднення повітря та вмісту у ньому хімічних речовин.*

Запитання для самоперевірки:

1. В якому випадку поняття «біогеоценоз» та «екосистема» є синонімами?
2. Дайте визначення біогеоценозу за В.М. Сукачовим.
3. Назвіть закономірності сукцесійного процесу.
4. Поясніть причини та особливості формування фітоценозу на різних етапах сукцесійного процесу.
5. Які причини виникнення кліматичного, едафічного клімаксу і дисклімаксу?
6. Які особливості реакції відповіді біотичного угруповання на порушення середовища існування (катастрофу і стихійне лихо)?
7. Особливості розмежування біогеоценозів.
8. Про що свідчать види-індикатори?

ТЕМА 2.5. КОНЦЕПЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Ключові поняття та терміни: екологічна система, концепція екологічної системи, біологічний спектр, трофічна та біологічна структура екосистеми, принцип емерджентності, продуктивність екосистеми, чиста первинна, валова, вторинна продукція, чиста продукція угруповання, закон спадаючої віддачі, «енергетична субсидія», біомаса, урожай на корені, закон збереження життя, «ціна врожаю»

Основною функціональною одиницею екології є екологічна система. Цей термін вперше був введений англійським біологом А. Тенслі в 1935 р.

Екологічна система (екосистема) – це історично сформована, безперервно змінювана єдність, що включає всі організми на даній території, які взаємодіють між собою і з фізичним середовищем таким чином, що потік енергії створює:

- *певну трофічну структуру;*
- *видове різноманіття;*
- *колообіг речовин.*

Екологічна система на відміну від біогеоценозу не має просторової прив'язки. *Наприклад, екосистемою може бути корова із мікроорганізмами, що паразитують на її тілі, трухлявий пень, термальне джерело та ін.*

Концепція екосистеми.

I. Екосистема – це структурна одиниця екології. Складність зв'язків на структурному рівні забезпечується числом її елементів і зв'язків між ними. В основі концепції ієрархічних рівнів організації в екології лежить так званий «**біологічний спектр**», який визначає основні рівні організації живої матерії: ген, клітина орган, організм, популяція,

біоценоз. На кожному з рівнів у результаті взаємодії з навколишнім фізичним середовищем (енергія, речовина) виникають характерні функціональні системи: генетичні, клітинні, системи органів, популяційні, екологічні (табл. 2).

Адаптація проявляється на різних ієрархічних рівнях організації живого: від молекулярного до біоценотичного.

Таблиця 2

Спектр рівнів організації (за Ю. Одумом)

Біотичні компоненти	Ген	Клітина	Орган	Організм	Популяція	Біоценоз
+						
Абіотичні компоненти	РЕЧОВИНА ~~~~~ ЕНЕРГІЯ					
=						
Біосистеми	Генетичні системи	Клітинні системи	Системи органів	Системи організмів	Популяційні системи	Екологічні системи

- **молекулярний (молекулярно-генетичний) рівень** має місце за організації живої матерії в складні високомолекулярні органічні сполуки: білки, нуклеїнові кислоти;

- **субклітинний (надмолекулярний) рівень**, коли матерія організуються в органоїди: хромосоми, мітохондрії, комплекс Гольджі, рибосоми, лізосоми та ін.;

- **клітинний рівень** – утворюються клітина – елементарна структурна і функціональна одиниця живого;

- **органно-тканинний рівень** – це формування тканин – сукупність клітин подібних за структурою і функцією та пов'язаних міжклітинною речовиною; органів – частина багатоклітинного організму, що виконує певну функцію;

- **організовий (онтогенетичний) рівень** – утворення організму (особина, індивідуум) – неподільної одиниці життя, її реального носія, що характеризується всіма її ознаками;

- **популяційно-видовий рівень** – жива матерія організується в популяції;

- **біоценотичний рівень** – біотичні угруповання пов'язані між собою, що населяють однорідний життєвий простір (біотоп);

- **біогеоценотичний рівень** – біоценоз утворює комплекс з абіотичними чинниками в межах однієї території (екотону). Компоненти біогеоценозу пов'язані між собою колообігом речовини, енергії та інформації.

- **біосферний рівень** – жива матерія утворює біосферу – оболонку Землі, яка формується під впливом діяльності живих організмів.

Абіотичний чинник, впливаючи на організм, може зумовити два варіанти відповіді (рис. 18):

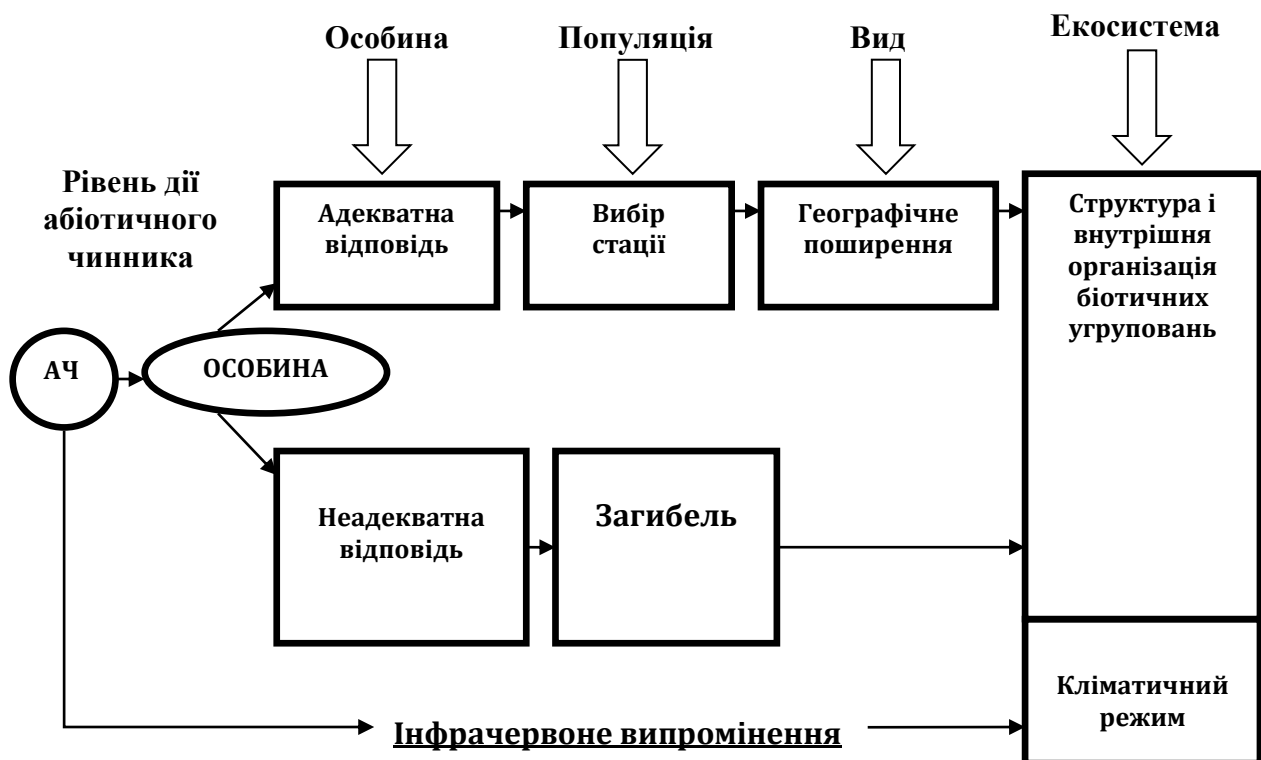


Рис. 18. Ефекти, зумовлені впливом абіотичних чинників на різних рівнях – від особини до екосистеми

- неадекватну, коли вплив чинника є надпороговим або надто швидким і організм не здатний відповісти на нього, що призводить до його загибелі;

- адекватна відповідь зумовлює ланцюгову реакцію взаємопов'язаних відповідей на вплив абіотичного чинника, що завершується формуванням ефектів на рівні популяції та виду.

II. Екосистема – це функціональна одиниця екології, що втілює ідею нерозривного зв'язку організмів, популяцій, угруповань з фізичним середовищем.

III. Екосистема – самостійний рівень організації живої матерії з притаманними їм емерджентними властивостями.

Будь-яку **систему** визначають як сукупність взаємопов'язаних складових (компонентів), які взаємодіють між собою і утворюють єдине ціле. В результаті взаємодії компонентів між собою, система набуває якісно нових властивостей (емерджентні властивості), які не притаманні кожному з її компонентів окремо. Емерджентні властивості виникають внаслідок взаємодії компонентів, а не в результаті зміни природи цих компонентів.

*Передбачити властивості кожного з наступних рівнів біологічного спектру на основі властивостей притаманних попередньому рівню неможливо. Наприклад, неможливо передбачити властивості води, виходячи з властивостей кисню (оксигену) та водню (гідрогену) або водоростей і кишковопорожнистих тварин, які еволюціонуючи разом (коеволюція) утворюють систему коралового рифу, яким властива висока продуктивність та різноманітність. В цьому полягає **принцип емерджентності**.*

Кожен із ієрархічних рівнів екосистеми потрібно розглядати як структуру, що об'єднує компоненти нижчого порядку і ,водночас, як окрему самостійну систему з притаманними їй властивостями.

Екосистема адаптується до зміни абіотичних чинників з двох причин:

1. Абіотичні чинник в сукупності створюють кліматичний режим екосистеми, на фоні якого протікають всі процеси життєдіяльності видів та взаємодії між ними.

Існування кожного з рівнів організації екосистеми від найменшого – біогеоценозу до найбільшого – біосфера залежить від власного специфічного чинника, а його масштаб зростає по мірі переходу від нижчих рівнів до вищих. Так, на рівні біогеоценозу визначальними є чинники едафічного клімаксу, які непомітні на більш високих рівнях організації екосистем, на рівні ландшафту – рельєф, біому – фактори кліматичного клімаксу, біогеографічної області – чинники еволюції, екосистем суші та океану – геологічні, а на найвищому – біосфера – космічні.

2. Всі особини, що входять до складу угруповання піддаються впливу абіотичних чинників, що може призводити до загибелі особин, зумовлюючи зменшення щільності популяції або до адекватної реакції, тобто формування адаптацій та видового різноманіття екосистеми (рис. 19).

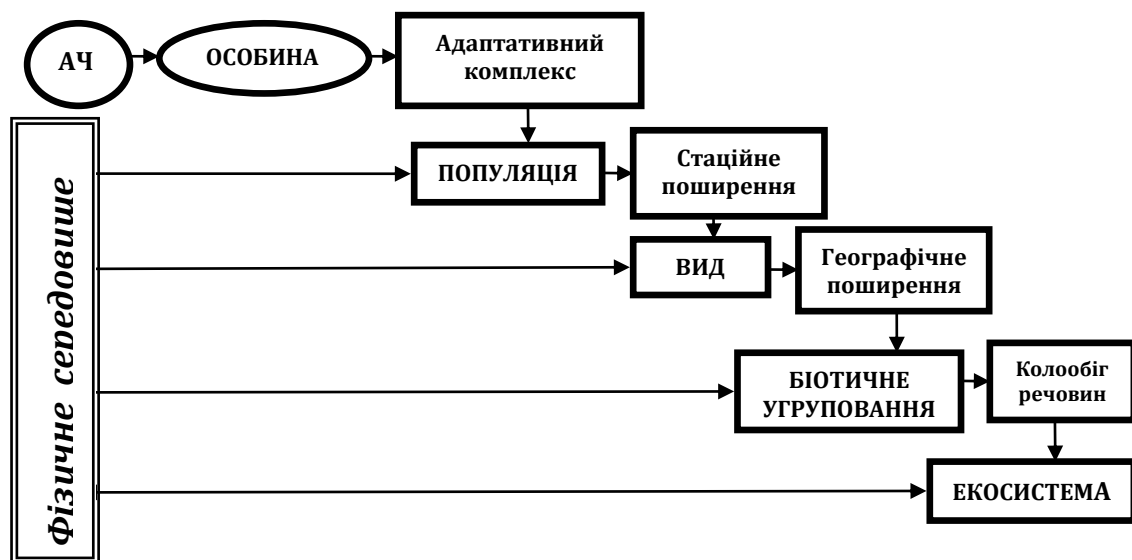


Рис. 19. Рівні впливу абіотичного чинника

Вплив екологічних чинників на рівні екосистеми відображається на:

- властивостях екосистеми;
- стратегії її розвитку.

Класифікація екосистем за Л. Барталанфі:

- **відкриті системи** обмінюються з навколишнім середовищем речовиною та енергією. *Наприклад, природні біоценози, які безперервно отримують енергію із довкілля (до рослин потрапляє сонячна енергія, фіксується в процесі фотосинтезу і т.д.);*

- **закриті системи** обмінюються з навколишнім середовищем лише енергією, отримують її ззовні і, з часом, приходять до стану рівноваги. *Наприклад, штучний біоценоз – аераційна споруда з очищення стічних вод. За постійного надходження стоків їхня кількість постійно збільшується, а концентрація активного мулу зменшується, що стає недостатнім для ефективної сорбції шкідливих речовин. Гомеостаз системи забезпечує людина: штучно нагнітає повітря, періодично оновлює мул;*

- **ізольовані системи** повністю відокремлені від середовища, *наприклад, екосистема акваріуму.*

За розмірами екосистеми поділяють на:

- **мікроекосистеми** – це можуть бути консорції (*наприклад, трухлявий пеня, мурашник, мертві стовбури дерев*);

- **мезоекосистеми або біогеоценози** (*наприклад, ділянка лісу, озеро, водосховище*);

- **макроекосистеми (біоми)** – екосистеми суші та океану, які охоплюють величезні території чи акваторії, що визначаються характерними для них макрокліматами і відповідають цілим природним зонам (*наприклад, екосистеми тундри, тайги, степу, пустелі, саван, листяних і мішаних лісів помірного поясу, субтропічного та тропічного лісів, морські екосистеми*);

- **глобальна екосистема** охоплює біосферу планети Земля.

За ступенем трансформації людською діяльністю екосистеми поділяють на:

- **природні.** В промислово розвинутих країнах екосистем не захоплених людською діяльністю майже не залишилося, за виключенням заповідників. *Наприклад, тропічні ліси, савани та ін.;*

- **антропогенно-природні.** *Наприклад, лісові насадження, луки, ниви хоча й складаються майже виключно з природних компонентів, але створені та регулюються людьми;*

- **антропогенні.** Переважають штучно створені антропогенні об'єкти і крім людей можуть існувати лише окремі види організмів, що пристосувалися до цих специфічних умов. *Прикладом є міста, промислові вузли, села (в межах забудови), кораблі тощо.*

Слід зауважити, що якими б різними не були екосистеми всі вони створені та функціонують за єдиним правилом. Так, для будь-якої екосистеми необхідні: сонячна енергія (або інші види енергії), вода, елементи харчування, органічні і неорганічні сполуки, автотрофні й гетеротрофні організми, що утворюють харчові сітки.

ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ЖИТТЯ: життя може існувати лише при проходженні через організм потоку речовин, енергії та інформації.

Класифікація екосистем за типом поведінки. Всі системи, а особливо біологічні, постійно знаходяться в процесі безперервних змін їх стану. Для переходу з одного стану в інший необхідний певний час.

- **рівновісний стан.** Оптимальним варіантом розвитку екосистеми є досягнення нею оптимального стану стійкості – сукцесійного клімаксу з мінімальними втратами енергії. Крайні варіанти є критичними для екосистеми. *Наприклад, для пасовища, як кормової бази консументів I-го*

порядку несприятливим є «недовипас» худоби, адже через відсутність прямого споживання рослин детрит може накопичуватись швидше ніж детритофаги можуть його переробити, що сповільнює колообіг мінеральних речовин. Водночас, «перевипас» худоби зумовлює швидке виснаження кормової бази, «каскад вимирання» видів і, ймовірно, є причиною загибелі давніх цивілізацій;

- **перехідний** – рух системи із початкового стану до режиму, що формується;

- **періодичний режим** – властивий системі, яка через певні проміжки часу повертається до певного стану.

За спільністю основних структурних ознак, специфічністю флори та фауни, особливостями функціонування і подібними географічно-кліматичними умовами екосистеми об'єднують у **біоми** – це **надекосистемне утворення до якого входять подібні екосистеми.**

Залежно від природних та кліматичних умов виділяють біоми: **наземні (біоми суходолу), прісноводні (біоми водойм) та морські.** Кожен з цих біомів поділяється на типи.

Типи наземних біомів:

1. Тундра: арктична та альпійська;

2. Бореальні хвойні ліси (тайга);

3. Листопадний ліс помірної зони (Західна Європа, Східна Азія, Схід США);

4. Степ помірної зони (в Євразії) та їх аналоги **прерії** (Північна Америка), **пампаси** (Південна Америка) і **туссоки** (Нова Зеландія);

5. Чапараль – райони з дощовою зимою та засушливим літом (Середземномор'я, південний берег Австралії, Каліфорнія, Мексика, Грузія);

6. Тропічний грасленд та савани (Центральна та Східна Африка, Південна Америка, Австралія, Індія);

7. Пустеля (пустелі Близьнього Сходу, Центральної Азії, пустеля Сахара, Північ Мексики та ін.);

8. Напіввічнозелені тропічні ліси (тропічна частина Азії, Центральна Америка);

9. Вічнозелені тропічні дощові ліси (Центральна Африка, острови Індійського і Тихого океану, екваторіальна Африка, Південно-Східна Азія).

Прісноводні біоми:

1. Стоячі води (озера, ставки, водосховища та ін.);

2. Текучі води (річки, струмки, джерела);

3. Заболочені угіддя (болота, болотисті ліси, приморські луки – марші).

Морські біоми:

1. Відкритий океан (пелагічна екосистема);

2. Води континентального шельфу (прибережні води);

3. Райони апвіланга – це межа між прісноводними і морськими екосистемами;

4. Естуарії (прибережні бухти, витoki річок, лимани та ін.);

5. Глибоководні рифтові зони (на глибині 3 тис. метрів і більше).

Структура екосистеми (за Ю. Одумом, 1986).

I. Трофічна структура:

Автотрофний ярус або «зелений пояс» утворений організми, які асимілюють неорганічні ресурси, утворюючи за допомогою світлової або хімічної енергії «упаковки» органічних молекул (білків, вуглеводів та ін.).
Наприклад, зелені рослини і деякі бактерії.

Гетеротрофний ярус або «коричневий пояс» формується організмами, що потребують високоенергетичних ресурсів, якими для них стають органічні речовини. Гетеротрофи приймають активну участь у ланцюгу перетворень, в ході яких споживач ресурсу сам перетворюється у ресурс для наступного споживача.

II. Біологічна структура:

1) неорганічні речовини;

2) органічні речовини;

3) повітряне, водне і субстратне середовище;

4) продуценти – консументи – редуценти – це структура екосистеми відносно потоку енергії. Ефективність трофічних ланцюгів оцінюється величиною біомаси екосистеми та за її біологічною продуктивністю.

Продуктивність екосистеми – це швидкість, з якою живі організми виробляють корисну хімічну енергію (фіксують сонячну енергію), що міститься в біомасі.

Розраховується продуктивність екосистеми як кількість енергії, яку організми акумулюють за одиницю часу на одиницю площі (*для наземних екосистем*) або в одиниці об'єму (*для водних екосистем*). Одиницями виміру можуть бути: ккал/м²•добу або ккал/м²•год. Продуктивність рослин виражається в кількості виділеного кисню: гО₂/м²•добу або гО₂/м²•год.

Продукція приймає різні форми:

- ріст організмів або збільшення біомаси;
- виділення секретів (сечовина, слиз, екскременти);
- запас поживних речовин у вигляді жирових відкладень, які можуть бути використані пізніше.

Енергія сонячного випромінювання та довгохвильове теплове випромінювання від навколишніх тіл характеризують екосистему та визначають кліматичні умови середовища в кожному конкретному географічному регіоні. За сприятливих кліматичних чинників і за надходження енергії від абіотичних компонентів екотопу у вигляді випромінювання від навколишніх тіл витрати біоти на підтримання

життєдіяльності зменшуються, а екосистема компенсує свої втрати на дихання та прискорює продукування біомаси.

У процесі фотосинтезу використовується незначна частина сонячної енергії, але вона є основною для створення **первинної продукції екосистеми** і залежить від структури екосистеми. *Наприклад, первина продукція пшеничного поля поступається первинній продукції листового лісу, через наявність в останнього вертикальної ярусності (дерева, кущі, трава), що забезпечує поглинання більшої кількості сонячної енергії.*

Близько 50 % енергії отриманої в результаті фотосинтетичної активності витрачається на дихання рослин. Вміст хлорофілу приблизно однаковий в різних типах біотичних угруповань. Однак, коли домінують зелені пігменти – це показник фотосинтетичної активності угруповання, а якщо жовті – посиленого дихання рослин. У водних екосистемах через формування первинної продукції у приповерхневих шарах води (близько 30 м) колір прибережних вод здається темно-зеленим, а у відкритому океані цей процес здійснюється на глибині близько 100 м, що забезпечує її синій колір.

Первинна продукція екосистеми поділяється на:

- **загальну**, наприклад, кількість деревної маси на 1 га, яку продукує сосновий ліс за період свого існування (200 м²).
- **поточну**, наприклад, кількість деревної маси на 1 га, яку продукує сосновий ліс за 1 рік (1,7–2,5 м²).

Первинна продукція агроценозів і природних угруповань – це основне джерело харчування для людства. Сучасне споживання первинної продукції біосфери досягло 7 % чистої первинної продукції суші, що зумовило порушення біогеохімічного колообігу в біосфері. Переважно, такий рівень продукції отримують за рахунок урожайності агроценозів. Для власного споживання людина використовує близько 1 % первинної продукції, а для вигодовування сільськогосподарських тварин – 6 %.

Отримання вищих показників врожайності потребує введення в екосистему додаткової енергії – «**енергетичної субсидії**».

Людина, прагнучи збільшити чисту продукцію біоти, формує штучні екосистеми – монокультурні агроценози. Водночас, такі підходи ідуть у розріз із екологічними законами, адже при цьому людина свідомо сповільнює розвиток екосистеми на ранніх стадіях сукцесії, зменшує біорізноманіття, спрощує структуру системи, і як наслідок, порушується стан рівноваги, що зумовлює низку надійність екосистеми.

**СТРАТЕГІЯ ЕКОСИСТЕМИ – НАЙБІЛЬШИЙ ЗАХИСТ.
СТРАТЕГІЯ ЛЮДИНИ – НАЙБІЛЬШЕ ПРОДУКЦІЇ.**

Реалізація підходу «**енергетичної субсидії**» включає механізми описані в законі спадаючої віддачі.

ЗАКОН СПАДАЮЧОЇ ВІДДАЧІ (А.Тюрго – Т. Мальтуса) :
підвищення питомого вкладення енергії в агроекосистему не забезпечує адекватного пропорційного збільшення її продуктивності.

Будь-яке підвищення ефективності біосистеми обертається збільшенням затрат на її підтримання. Видалення понад 30–50 % річного приросту біомаси створює стресову ситуацію для екосистеми та порушує її здатність до самовідновлення.

Валова первинна продукція (P_G) визначається як органічна речовина, яка синтезується рослинами за одиницю часу на одиницю площі або об'єму, включаючи ту частину, що витрачається на дихання. Виражається вона в одиницях маси або енергії на одиницю площі або об'єму в одиницю

часу. В природі валова продукція перевищує дихання спільноти, в результаті чого відбувається накопичення неспожитої органічної речовини (наприклад, природні поклади кам'яного вугілля, горючі сланці, купи листя восени в парках). Уся валова первинна продукція повністю витрачається на автотрофне та гетеротрофне дихання, так що в кінці річного циклу нічого не залишається. Подібна рівновага між продукуванням і споживанням енергії спостерігається в найбільш стабільних угрупованнях, де уся вироблена за рік органічна речовина утилізується значною кількістю консументів (наприклад, тропічна зона, джунглі). Людина випалювала тропічний ліс, сподіваючись отримати високі врожаї на цій території, натомість всі її сподівання виявилися марними. Вся річна продукція в тропічних лісах споживається консументами, а ґрунти залишаються абсолютно безплідними.

Природні екосистеми прагнуть до збільшення валової продукції.

Чиста первинна продукція (P_N) – це органічна речовина, яка накопичується в тканинах рослин за одиницю часу на одиницю площі або об'єму, за виключенням частини, яка витрачається на дихання в той самий період часу. Виражається в одиницях маси або енергії на одиницю площі або об'єму в одиницю часу: $P_N = P_G - R$.

Вторинна продукція – це органічна речовина, що синтезується на рівні консументів за одиницю часу на одиницю площі або об'єму. Позначається: P_1, P_2, P_3 , залежно від трофічного рівня. Одержана за рахунок сільськогосподарських тварин вторинна продукція не менш важлива, тому що біомаса містить тваринні білки необхідні для збалансованого харчування людини.

Чиста продукція угруповання – це чиста первинна продукція органічної речовини в екосистемі, за виключенням частини, яка була асимільована консументами за одиницю часу на одиницю площі або об'єму: $P_N - (P_2 + P_3 + \dots)$. На кожний момент часу чиста продукція

угруповання виражається наявною **біомасою або урожаєм на корені**, яка постійно змінюється. *Наприклад, весною чиста продукція угруповання є незначною, а восени – максимальною.*

Оцінюючи продуктивність екосистеми, необхідно враховувати:

- втрати енергії, пов'язані зі збором урожаю, забрудненням середовища, несприятливими кліматичними умовам, стресовими явищами;

- надходження енергії ззовні сприяє збільшенню продуктивності та компенсує при цьому втрати енергії екосистемою при диханні. *Наприклад, енергія припливів підвищує продуктивність природної прибережної екосистеми.*

«Ціна» врожаю складається зі співвідношення економічних затрат та екологічних втрат. З метою отримання більших показників корисної продукції людина може впливати на продуктивність екосистеми наступним чином:

1. Вкладання енергії та зусиль в збільшення валової первинної продукції шляхом селекціонування, виведення високопродуктивних сортів рослин, генної інженерії. Такий шлях потребує високого рівня наукового потенціалу і тривалого періоду часу. Водночас, такий підхід може мати іншу сторону – ефект «генетичного» забруднення.

2. Компенсувати затрати рослин на дихання, вкладаючи в екосистему енергію у вигляді роботи сільськогосподарської техніки та використовуючи добрива. Економічно це вигідно, але екологічні втрати відбуваються за рахунок забруднення й трансформації екосистеми. Органічне виробництво сільгосппродукції є найоптимальнішим з точки зору співвідношення економічних затрат і екологічних втрат.

3. Сприяти зменшенню вторинної продукції. Небажання ділитися урожаєм з «консументами» змушує людину використовувати доступні отрутохімікати, що забруднюють середовище, зменшують видове

різноманіття, порушують гомеостаз агроценозу. З точки зору екологічних наслідків такий шлях є найдорожчим. Враховуючи вироблення стійкості до отрути у шкідників, формуються нові економічні затрати пов'язані з пошуком нових форм боротьби.

Уміння точно розрахувати потік енергії і масштаби продукції екосистем дозволяє одержати найбільший вихід продукції, необхідної людині.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Висвітліть основні положення концепції екосистем.*
- 2. Поясніть, яким чином екологічний абіотичний чинник впливає на різні рівні екологічної системи та взаємозв'язок між ними.*
- 3. Основні типи класифікації екосистем. Наведіть приклади.*
- 4. Дайте визначення поняттю «біомаса» та «урожай на корені».*
- 5. Поняття продуктивності екосистем та її складових.*
- 6. Методи збільшення валової первинної продукції та наслідки для екосистеми таких антропогенних впливів?*
- 7. Дайте визначення поняттю «біом». Класифікація біомів.*
- 8. Особливості структури і функціонування агроценозів в аспекті їх продуктивності.*
- 9. Поясніть поняття «ціна врожаю» та шляхи впливу на продуктивність екосистеми.*

ТЕМА 2.6. ВЛАСТИВОСТІ ЕКОСИСТЕМИ

Ключові поняття та терміни: властивості екосистеми, цілісність, принцип системної додатковості, функціональність, енергоспроможність, стійкість, пружність, стабільність, динамізм, гомеостаз, позитивний та негативний зворотній зв'язок, екологічний стрес, «шуми», гомеостатичне плато, закон подібності частин цілого, закон переходу в підсистему

В основі будь-яких біологічних досліджень повинні лежати уявлення про організм, як біологічну систему з її **основоположними принципами:**

1. Цілісність – одна із найсуттєвіших характеристик біосистеми, яка реалізується на всіх рівнях її структурно-функціональної організації. Здатність проявляти себе, як єдине ціле при взаємодії з іншими об'єктами довкілля, при цьому проявляючи загальні ознаки системи:

- *власна програма розвитку, що функціонує на основі регульованих інформаційних взаємозв'язків з довкіллям;*

ПРИНЦИП СИСТЕМНОЇ ДОДАТКОВАНOSTI: будь-яка підсистема, що входить до складу природної системи, не є нейтральною до інших підсистем, а об'єднання їх в систему є вигідним для кожної підсистеми та екосистеми в цілому.

- *ієрархічність структури.* Ієрархія – характерна риса будь-яких складних екосистем, в якій кожний рівень спеціалізується на виконанні певних функцій.

ЗАКОН ПОДІБНОСТІ ЧАСТИН ЦІЛОГО: ієрархічно побудованим системам властива як структурна, так і функціональна диференціація, тобто кожен рівень (підсистема) спеціалізуються на виконанні певної групи функцій.

- *складність всіх структурно-функціональних рівнів.*

ЗАКОН ПЕРЕХОДУ В ПІДСИСТЕМУ: цілісне функціонування системи можливе як результат дії всіх її компонентів.

На основі вчення про біосферу, екологію та коєволюцію англійським хіміком Дж. Лавлоком та американським мікробіологом Л. Маргулісом було висунуто гея-гіпотезу.

ГЕЯ-ГІПОТЕЗА: живі організми об'єднані в єдине ціле з середовищем свого існування можуть на кожному із наступних рівнів організації контролювати умови існування, в тому числі склад атмосфери.

2. Функціональність (цілеспрямованість) визначає мету існування екосистеми;

3. Продуктивність – це властивість екосистеми виробляти певну продукцію згідно мети екосистеми;

4. Енергоспроможність проявляється у здатності екологічної системи сприймати, переробляти, засвоювати зовнішню енергію, а також віддавати її за межі системи;

5. Емерджентність – це здатність екосистеми отримувати нові властивості відмінні від властивостей її структурних складових;

6. Стабільність – це здатність зберігати структуру й функції системи за дії зовнішніх чинників. У випадку тимчасового впливу на систему ззовні ці механізми забезпечують її повернення до стійкого стану.

КОНЦЕПЦІЯ СТАБІЛЬНОСТІ: будь-яка природна екосистема з потоком енергії, що проходить через неї схильна розвиватися в сторону стійкого розвитку і в ній виробляються саморегулюючі механізми.

До механізмів, що забезпечують стабільність екосистеми відносять:

- **надлишковість функціональних компонентів екосистеми** забезпечується декількома видами автотрофів, які мають власті температурні діапазони функціонування, при цьому загальна фотосинтетична активність фітоценозу незмінна, незважаючи на коливання температур;

- **множинне дублювання ланцюгів харчування на видовому рівні** пов'язане зі спеціалізованим харчуванням різних систематичних груп організмів, які в сумі забезпечують максимальну утилізацію органічних речовин.

Нові системи не здатні протистояти зовнішнім впливам, на відміну від зрілих екосистем, компоненти яких мали можливість коадаптуватися в процесі еволюції. *Наприклад, стабільність популяції пов'язана зі сталими величинами її чисельності та щільності, вихід за межі якої здійснюється двома шляхами стабілізації: внутрішньовидова конкуренція і групова поведінка, що може проявлятися в ефектах «порядок клювання», «статеве домінування» та ін.*

7. Стійкість – це здатність системи повертатися у вихідне положення після дії чинників, які виводять її з рівноваги. Як єдине ціле екосистема здатна зберігати стійкість за відносно стабільного

зовнішнього середовища і змінюватися в результаті змін у довкіллі та структури самої екосистеми. *Стійкість спільноти збільшується в результаті багаторазового дублювання харчових ланцюгів, на видовому рівні – за рахунок великого числа видів тварин, які належать до різних систематичних груп.*

ПРАВИЛО 1 % : вилучення енергії з екосистеми в межах одного відсотка і навіть менше виводить її з урівноваженого стану.

Вплив неперіодичних чинників в природі (*наприклад, виверження вулкану, землетруси, повені, цунамі*), як правило, має сумарну енергію, що не перевищує 1 % енергії сонячного випромінювання, яке досягає Земної поверхні. Якщо відбувається перевищення показника в 1 % реєструють різкі кліматичні зміни, наслідками яких є лісові пожежі, висихання боліт тощо. Такі зміни спрямовані на встановлення природної рівноваги і мають вагоме значення для глобальних екосистем.

8. Пластичність, коли система «деформується» під впливом чинника і потім швидко повертається у вихідне положення при припиненні або зменшенні сили впливу. Біосфера за свою історію пережила ряд масштабних обурень (*наприклад, зустрічі з астероїдом, гороутворення, виверження вулкану*) та справлялась з ними завдяки гомеостатичним механізмам.

9. Пружність – це здатність, яка обумовлює можливість системи сприймати значні впливи, не змінюючи при цьому своєї структури і властивостей. Водночас, за надпорогового впливу чинника така система або руйнується або переходить у нову якість.

ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЄ-БРАУНА: при дії на систему сили, яка виводить її з рівноваги, остання зміщується в тому напрямі, за якого ефект зовнішньої дії зменшується.

10. Динамічність. Динамізм – це зміна екосистеми під впливом різних причин. Виділяють **аллогенні зміни** пов'язані з впливом геохімічних сил, які діють на систему ззовні та **автогенні зміни**, що протікають всередині самої екосистеми.

Динамізм характерний для усіх біологічних систем і представляє собою рух навколо вісі стійкості. Якщо ця вісь незмінна, то такий стан називають **гомеостазом**.

11. Гомеостаз (самоорганізованість) – це здатність системи адаптуватися до впливу середовища. **Гомеостатичні механізми пов'язані в основному зі структурою і функцією біоти.**

Гомеостаз характеризує різні рівні організації екосистем.

На рівні організму – це підтримання сталості внутрішнього середовища окремих організмів (*наприклад, склад крові тварин, структура тканин та ін.*).

На рівні популяції гомеостаз визначається такими показниками: просторова структура, генетичне різноманіттям, чисельність та щільність, статева і вікова структура популяції.

Гомеостаз екосистеми проявляється в стійких формах взаємодії між видами, у пристосуванні до особливостей середовища, підтриманні циклів колообігу біогенних елементів. Забезпечення сталих показників газового складу атмосфери, склад ґрунтів, концентрації солей в океанах формують гомеостаз біосфери.

Гомеостаз, існуючий в природних екосистемах здійснюється автоматично за рахунок **механізмів зворотного зв'язку**. Порушення у функціонуванні живих систем в екології визначають терміном «**шуми**» –

це різноманітні екологічні чинники, які виходячи за межі допустимого, створюючи *екологічний стрес* (рис. 20).

Негативний зворотний зв'язок виникає коли «*продукт*» (наприклад, щільність популяції або число яєць, які продукують паразити) впливає на «*датчик*» (наприклад, харчові ресурси або число личинок паразита, які проникли в хазяїна). Відхилення щільності популяції від оптимуму в ту чи іншу сторону зумовлює «шуми» — дефіцит або надлишок харчових ресурсів, в результаті чого рееструватимуть зміни динамічних показників популяції: народжуваності або смертності, і в кінцевому результаті — повернення щільності популяції до оптимуму.

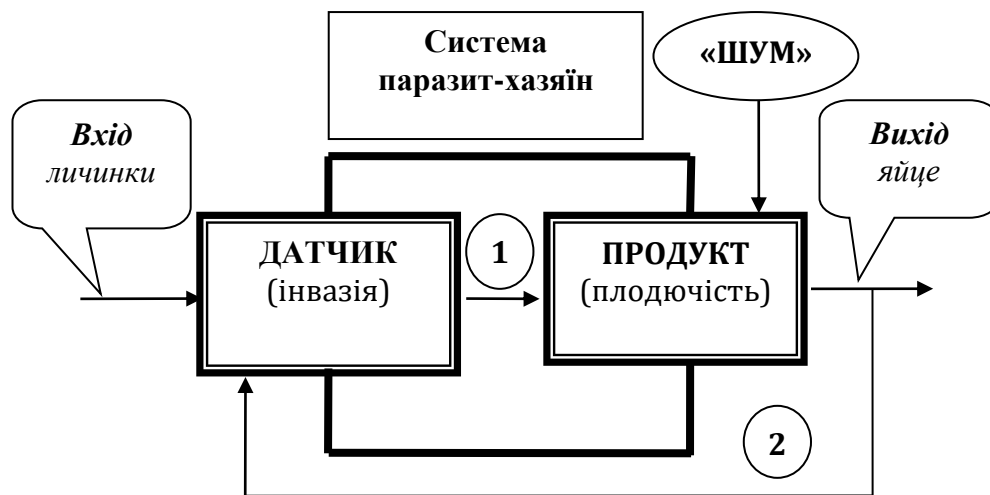


Рис. 20. Блок-схема системи «паразит – хазяїн»
(за Milsum, 1967, цит. за Кеннеді, 1978)

Примітка. 1 – керуючий вплив;

2 – зворотний зв'язок від виходу

Позитивний зворотний зв'язок збільшує відхилення від оптимуму та зумовлює дисбаланс системи, тому рідко зустрічається в біологічних системах. Наприклад, збільшення або зменшення харчових ресурсів: за збільшення чисельності оленів, збільшується популяція вовків, які їх поїдають – *це позитивний зворотний зв'язок*, який намагається вивести систему з рівноваги. Водночас, зменшення чисельності оленів через

хижацтво – це прояв **негативного зворотного зв'язку**, що повертає систему у стан рівноваги. У випадку, якщо через будь-які стресові явища чисельність популяції вовків зростає, відповідно, – знизиться чисельність оленів, що врешті відобразиться на чисельності вовків, через недостатність їжі, але стабільність системи в цілому не зміниться (рис. 21).

Саме негативний зворотній зв'язок забезпечує колообіг речовин і потік енергії в екосистемі та створює гомеостаз, який не потребує зовнішнього управління і формується не лише організмами та їхніми продуктами, а й компонентами неорганічної природи (наприклад, хімічні та фізичні зміни інертних речовин, надходження в середовище нових речовин та енергії).

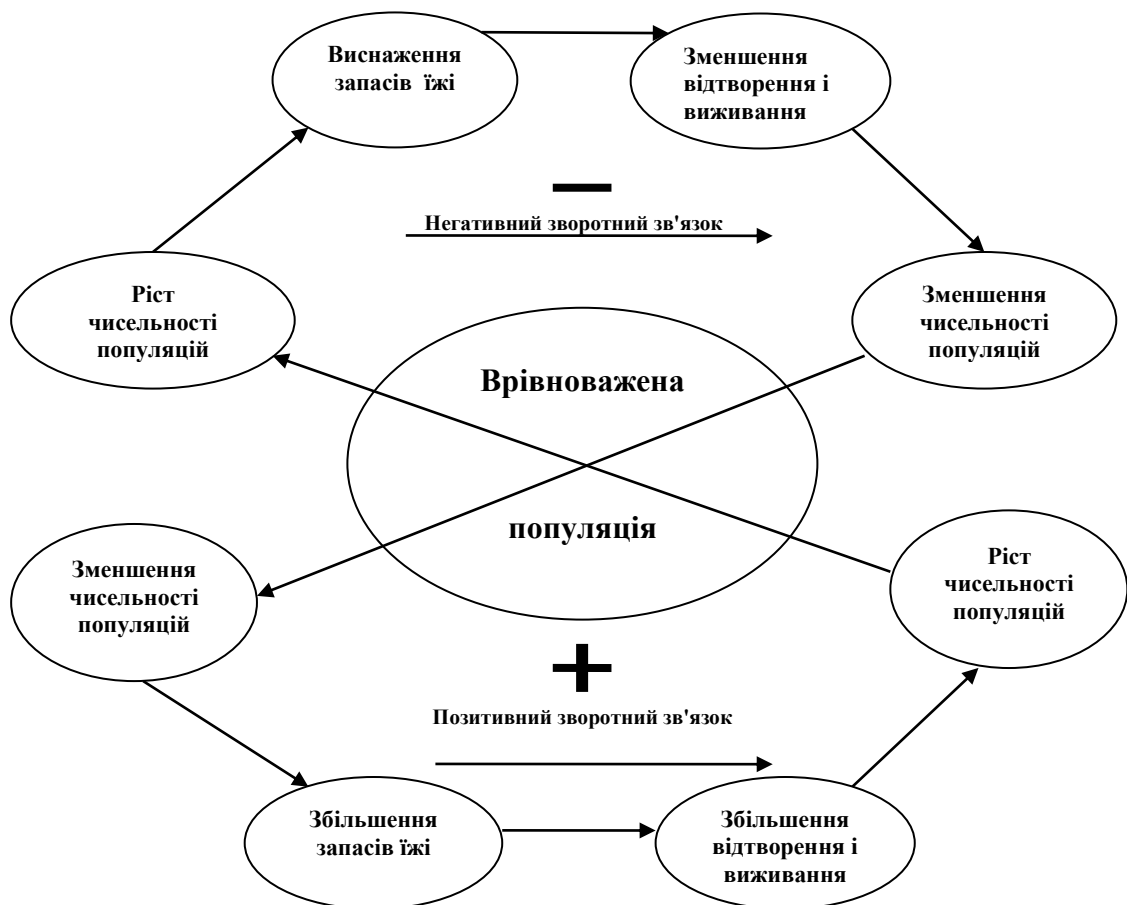


Рис. 21. Механізм забезпечення гомеостазу популяції

Підтримання гомеостазу екосистеми можливе лише в певних межах. Область впливу негативного зворотного зв'язку можна відобразити у вигляді **гомеостатичного плато** – це сходинки, в межах яких діє цей зв'язок і перехід на іншу сходинку може відбутися в результаті екологічного стресу, тобто зміни певних умов (рис. 22). Поза межами впливу негативного зворотного зв'язку в дію вступає позитивний зворотний зв'язок.

Перехід на кожну наступну сходинку гомеостатичного плато не призводить до розпаду екосистеми, але потребує періоду еволюційного пристосування. В процесі антропогенної діяльності зменшення біорізноманіття веде до зменшення стійкості біосфери, руйнування екосистем та джерел життєзабезпечення для людини. В свою чергу людина створюючи синтетичні матеріали, невідомі у природі, повинна піклуватися про розробку і впровадження штучних циклів їх розкладу, тобто забезпечувати «штучну рівновагу».

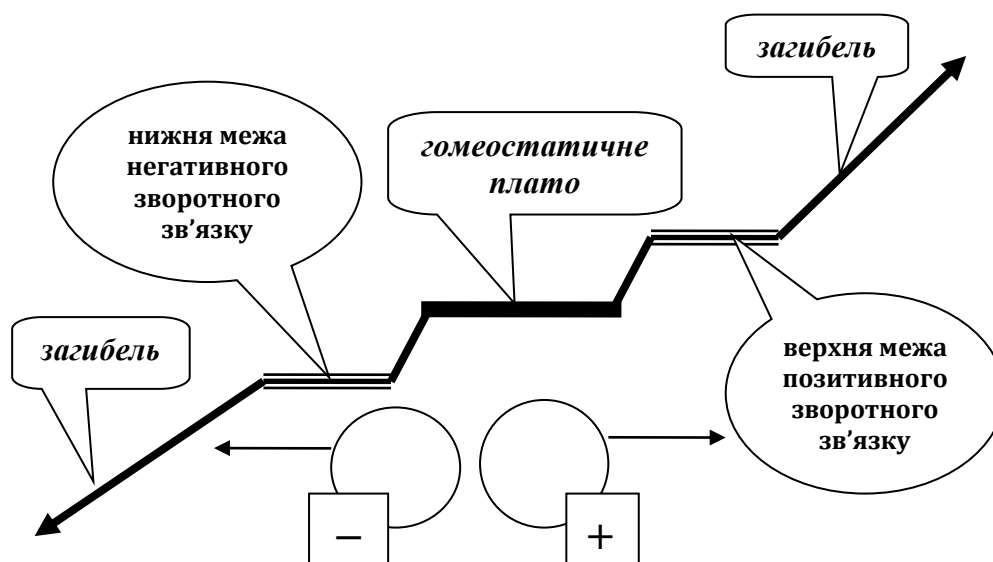


Рис. 22. Схема гомеостатичного плато (за Ю. Одумом)

Таким чином, область, в межах якої механізми зворотного зв'язку здатні, не дивлячись на стресові ситуації, зберігати стійкість системи

називають **гомеостатичним плато**. На антропогенно змінених територіях людина сама повинна відігравати функцію компенсаторного регулятора у верхніх і нижніх межах впливу зворотних зв'язків (*наприклад, озеленення, очищення повітря та стічних вод*).

Запитання для самоперевірки:

1. Поясніть механізми забезпечення стабільності екосистеми.
2. Дайте визначення поняттю «гомеостатичне плато» та особливості його функціонування в природних і антропогенно змінених екосистемах.
3. Як взаємодіють між собою позитивний та негативний зворотний зв'язок? Наведіть приклад.
4. Що в екології екосистем називають «шумом»?
5. У чому полягає різниця між властивостями екосистеми: пружність та пластичність?
6. Які критерії забезпечують цілісність екосистеми?
7. Які наслідки можуть бути при нехтуванні правилом 1 %?

2.7. ЕНЕРГІЯ В ЕКОСИСТЕМІ

Ключові поняття та терміни: закон збереження маси, речовина, енергія, ентропія, універсальна модель потоку енергії, екологічна піраміда, екологічна ефективність, зворотна петля, принцип мінімізації вільної енергії, енергетична класифікація екосистем

Екологічна піраміда.

Продуценти під впливом світлової енергії здійснюють фотосинтез, тобто процес перетворення води і CO_2 в цукри з виділенням побічного продукту – O_2 . Молекулами, за допомогою яких автотрофи вловлюють світлову енергію є зелений пігмент хлорофіл. Горіння і розкладання – процеси зворотні росту, що ведуть до руйнування складних органічних молекул та формування з них простих неорганічних атомів. При цьому ми говоримо лише про перегрупування атомів, а не про зміну їх властивостей чи кількості – одного з основних законів природи.

ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ МАСИ: атоми в хімічних реакціях ніколи не зникають, не утворюються і не перетворюються один в одного, вони лише перегруповуються з утворенням різних молекул та сполук.

Однак, в процесі хімічних реакцій атоми не лише перегруповуються. Має місце енергетичний процес, тобто поглинання або вивільнення енергії. Тому, спочатку потрібно з'ясувати різницю між поняттями «речовина» і «енергія».

Речовина займає простір і має масу (тверді, рідкі, газоподібні речовини).

Енергія не має маси і не займає простору, це лише здатність здійснювати роботу (світло, тепло, рух). **Кінетична енергія** обумовлена безпосередньою дією або рухом, а **потенційна енергія** запасується системою й показує можливість її реалізації в формі кінетичної. Одиниця виміру – калорія – кількість тепла, необхідна для нагрівання 1 мл води на 1°C. Зміна енергії в системі відбувається при здійсненні роботи. Енергія сама по собі поза межами матеріальних тіл не існує і при переході її з однієї форми в іншу кількість енергії залишається незмінною.

ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ (перший закон термодинаміки): енергія в природі не виникає із нічого і не зникає, а лише переходить з однієї форми в іншу. Кількість енергії при цьому залишається постійною.

ДРУГИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ: деяка частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплової енергії.

Односпрямованість процесів та потоку енергії в природі є специфічним екологічним законом, що проявляється в екосистемах і біосфері й загалом в глобальному законі природи (*наприклад, перетравлена їжа не володіє такою калорійністю як до травлення; гарячі тіла з часом охолоджуються, але самі по собі не нагріваються*).

Однією з енергетичних характеристик екосистеми є екологічні піраміди.

Екологічна піраміда – це графічне відображення співвідношення між продуцентами і консументами різних порядків, виражене у одиницях біомаси, чисельності або енергії. Розрізняють три типи екологічних пірамід: піраміда біомас, піраміда чисел та піраміда енергії. Усі три типи

екологічних пірамід (продукції, біомаси і чисел) виражають у підсумку **енергетичне відношення в екосистемах**. Перші дві виявляються в угрупованнях із певною трофічною структурою, остання – піраміда продукції має універсальний характер.

1. Піраміда чисел показує чисельність окремих організмів на кожному трофічному рівні, причому загальне число особин, що беруть участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшується. Так, пасовищні ланцюги живлення в лісі (продуценти – дерева, консументи I-го порядку – комахи, що значно перевищують чисельно продуцентів) мають обернені піраміди чисел; пасовищні ланцюги живлення степу – конічну форму, де основою є чисельність продуцентів.

Закономірності формування піраміди чисел:

- в будь-якій екосистемі дрібні тварини чисельно перевищують великих;
- для будь-якого хижака існують межі розміру їх жертв: верхня межа – хижак не може подолати тварину набагато більшу за розмірами від себе, нижня межа – при надто малому розмірі жертви полювання втрачає сенс через нераціональне використання енергії. Виключення: вовки полюючи спільно можуть вбивати жертву більших розмірів ніж вони (оленя); павуки і змії – виділяють отруту; людина – єдиний вид, який може харчуватися особинами будь-якого розміру.

2. Піраміда біомас (урожай на корені) – це кількісне співвідношення органічної речовини, за якого сумарна маса рослин виявляється більшою, ніж біомаса всіх травоядних організмів, маса яких, у свою чергу, перевищує масу всіх хижаків.

Закономірності формування піраміди біомас :

- наземні і мілководні екосистеми більш стійкі, оскільки до їх складу входять продуценти великих розмірів, що мають довшу тривалість життя. Вершина піраміди може бути вузькою – у недавно створених екосистемах,

де співвідношення біомаси консументів до біомаси продуцентів є меншим порівняно зі зрілими екосистемами;

- у відкритих та глибоких водах, де продуценти невеликого розміру та з короткими життєвими циклами, піраміда біомас може бути оберненою;

- в озерах і ставках, де продуцентами є великі рослини та мікроскопічні водорості піраміда буде мати проміжний вигляд.

3. Піраміда енергії (продукції) вважається найбільш інформативною, оскільки число та маса організмів залежать не від кількості фіксованої енергії, а від швидкості продукування їжі. Піраміда енергії відображає швидкість проходження маси їжі через харчовий ланцюг. Якщо враховані всі джерела енергії, піраміда завжди звужується до верху, що узгоджується з другим законом термодинаміки.

ПРАВИЛО ЕКОЛОГІЧНОЇ ПІРАМІДИ: на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси і енергії, які запасуються організмами за одиницю часу, значно більші, ніж на наступному (в середньому в 5-10 разів).

Знання законів продуктивності екосистем і кількісний облік потоку енергії мають велике практичне значення, зокрема при створенні штучних екосистем.

ПРАВИЛО ВНУТРІШНЬОЇ НЕСУПЕРЕЧЛИВСТІ: стабільність екосистеми підтримують види, які проживають в екоотопі. Види не можуть руйнувати середовище власного проживання.

Найважливішою термодинамічною характеристикою екосистеми є її здатність створювати і підтримувати високий ступінь ентропії – міра кількості енергії, недоступна для використання. Система володіє низькою ентропією, якщо в ній відбувається безперервне розсіювання енергії, яка легко використовується (*енергія світла, їжа*) та перетворення її в енергію, яку важко використати (*теплову*). Надходження енергії в екосистему впорядковує її, внаслідок чого ентропія зменшується.

Універсальна модель потоку енергії в екосистемі (за Ю. Одумом, 1975).

Існування екосистеми можливе лише за надходження до неї енергії та речовин ззовні, тобто **реальні екосистеми – енергетично і структурно відкриті**.

Усім живим організмам для здійснення процесів життєдіяльності необхідна енергія, що надходить ззовні. Основним джерелом її є сонячна радіація, на яку припадає близько 99,9 % в загальному балансі енергії Землі. Якщо прийняти сонячну енергію, що досягає Землі за 100 %, то близько **19 %** її поглинається при проходженні через атмосферу, **34 %** – відбивається назад в космічний простір і **47 %** – досягає земної поверхні у вигляді прямої та розсіяної радіації. Із 47 % світлової енергії приблизно **1 %** вловлюють зелені рослини і накопичують у вигляді органічної речовини, перетворюють в енергію їжі, а решта – розсіюється у вигляді тепла та в сумі забезпечує формування клімату (рис. 23).

Втрати енергії пов'язані зі збором урожаю, забрудненням середовища, несприятливими кліматичними умовами, різними типами стресових впливів.

За стресу зростають витрати енергії на дихання біоти.

Універсальна модель потоку енергії може характеризувати:

I. Популяцію будь-якого виду (рис. 24). Відображає надходження потоку енергії з їжею на вході (I) та на виході ($G+S$) з кожної популяції.

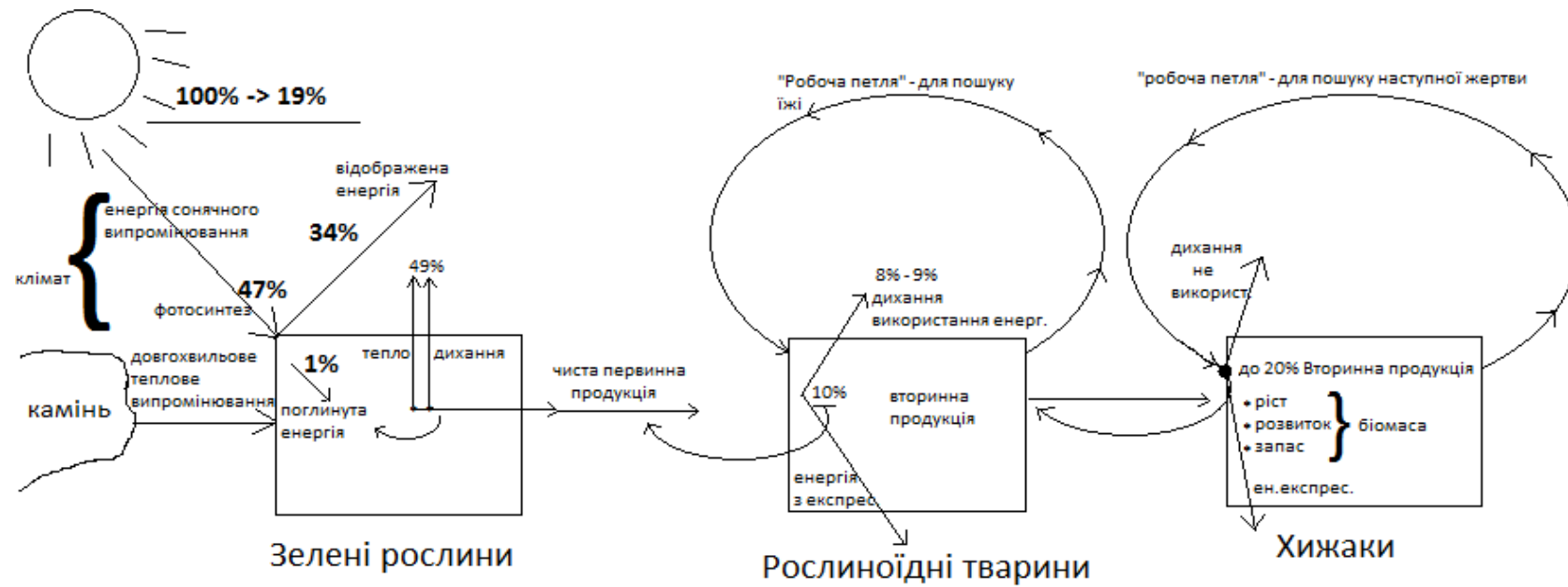


Рис. 23. Схема потоку енергії через екологічну систему (за Ю.Одумом, 1975)

Не вся енергія, яка надходить в систему з їжею асимілюється, **частина її не засвоюється** (NU). Так, при проходженні через шлунково-кишковий тракт частина їжі не перетравлюється (*наприклад, хітин у комах*). **Асимільована енергія** (A) витрачається на **дихання** (R) і **продукування органічної речовини** (P).



Рис. 24. Універсальна модель потоку енергії та функціонування робочої петлі (за Ю. Одумом)

- Примітка. A - асимільована частина енергії;
 B - чиста первинна продукція;
 I - енергія, яка потрапляє на трофічний рівень;
 P - енергія, що витрачається на продукування органічної речовини;
 S - запас енергії;
 R - енергія, яка витрачається на дихання;
 G - продукція росту або збільшення біомаси;
 E - асимільована органічна речовина, що виділяється з екскрементами або секретами (слиз, сечовина, прості цукри);
 NU - частина енергії, яка не засвоюється

Продукція може приймати різні форми:

- ріст або збільшення об'єму (G);
- запас (S), який може бути використаний з часом шляхом включення до «робочої петлі». Зворотний шлях енергії, що запасалася організмом називають **«зворотною петлею»**, оскільки ця енергія може бути використана організмом в майбутньому (*наприклад, хижак використовує цю енергію для пошуку і захоплення нової жертви*);

Сума продукції росту і запасу енергії ($G+S$) називають біомасою.

- виділення з секретом (E).

II. Певний енергетичний рівень. На першому трофічному рівні рослини частину засвоєної енергії використовують на забезпечення власних процесів життєдіяльності (**дихання**), а іншу частину запасують у вигляді синтезованих ними органічних сполук (**енергія їжі**).

На другому і наступних трофічних рівнях організми, які споживають зелені рослини, також запасують лише частину енергії, одержану з їжею (близько 10–20 %), у хижаків ефективність може бути вищою – до 20 % через більш калорійне харчування. Решта енергії розсіюється у вигляді тепла (**випорожнення, дихання**) та витрачається на забезпечення процесів життєдіяльності (**ріст, розвиток, запас енергії**). Крім того, рослини і тварини виробляють велику кількість важко перетравлюваної органічної речовини (**хітин, целюлоза, хімічні інгібітори, які перешкоджають їх поїданню можливими консументами**).

Знаючи універсальну модель потоку енергії можна визначити **екологічну ефективність** – відношення величин енергетичного потоку в різних точках харчового ланцюга, виражене у відсотках. Ефективність асиміляції залежить від харчової цінності їжі. *Наприклад, ефективність асиміляції рослиноїдних тварин складає 85 % при вживанні насіння, 60 % – молодого листя, 30-40 % – старого листя; у хижаків 60 % – при споживанні комах та 90 % – м'яса і риби.*

ПРИНЦИП МІНІМІЗАЦІЇ ВІЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ: при відсутності зовнішніх збуджень будь-який стан системи є не стійким.

Енергетична класифікація екосистем (за Ю. Одумом):

1. Природні екосистеми, що використовують енергію Сонця та не субсидуються. Системи з низькою продуктивністю, які отримують мало

енергії, але займають великі площі біосфери (*наприклад, океани, глибокі озера, високогірні ліси*);

2. Природні екосистеми, що використовують енергію Сонця та субсидуються з інших природних джерел. Окрім енергії Сонця такі екосистеми отримують додаткову енергію у вигляді дощу, вітру, органічних речовин та мінеральних елементів (*наприклад, річні екосистеми, деякі дощові ліси*);

3. Екосистеми, що використовують енергію Сонця та субсидуються людиною. Додаткова енергія подається людиною у вигляді пального, органічного чи мінерального добрива, пестицидів, стимуляторів росту рослин і тварин. Агроекосистеми порівняно з природними мають значно спрощену будову та функціонування.

Відповідно до законів екології прості екосистеми нестабільні. Умовою стабільності є біологічне різноманіття, яке відсутнє в агроекосистемах, тому стабільність досягається вкладенням додаткової антропогенної енергії. Агроекосистеми створені людиною, тому поєднують в собі екологічні і соціальні компоненти. Для урбасистеми характерними є розірваність трофічних ланцюгів, що створює умови для масового розмноження окремих видів та низького біологічного різноманіття. Такі системи виробляють продукти харчування й інші матеріали (*наприклад, агроекосистеми, аквакультури, ліси*);

4. Екосистеми, що використовують енергію палива. Основним джерелом енергії в таких системах є енергія палива. Структура систем включає промислові зони, селітебні території (міська забудова), рекреаційні зони (бази відпочинку, парки, лісопарки), транспортні системи і споруди (автомобільні та залізничні полотна, метрополітен, аеродроми й ін.). Такі системи повністю залежні від екосистем перших трьох типів і паразитують на них (*наприклад, промислові комплекси, міста та передмістя*).

Запитання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняттю «екологічна піраміда». Їхня роль в підтриманні енергетичного режиму в екосистемах.
2. За якими принципами здійснюється енергетична класифікація екосистем?
3. Чим пояснюється односпрямованість потоку енергії в природі?
4. Дайте визначення «робочої петлі» та поясніть механізм її функціонування.
5. Поясніть універсальну модель потоку енергії на прикладі популяції.
6. Чому агроекосистеми є нестабільними?

ТЕМА 2.8. БІОСФЕРА – ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА

Ключові поняття та терміни: біосфера, кісна речовина, геобіосфера, гідросфера, агросфера, правило Ешбі, геологічний та біогеохімічний колообіги речовин, резервний і обмінний фонд, глобальна екологічна піраміда, техносфера, ноосфера, цикли азоту, фосфору, сірки, вуглецю

Біосфера – глобальна екосистема – це оболонка Землі, склад, структура і властивості якої визначаються теперішньою та минулою діяльністю живих організмів.

Вперше цей термін був ужитий австрійським геологом Е. Зюссом близько 100 років тому в його книзі про походження Альп і лише через 50 років радянським мінерологом В.І. Вернадським було сформульовано основні положення концепції про біосферу.

Для біосфери характерно:

- наявність значної кількості води;
- вплив потужного потоку енергії Сонця;
- поверхня розділу між речовинами, що знаходяться в рідкому, твердому, газоподібному станах.

За В.І. Вернадським в біосфері виділяють 7 різних, але геологічно взаємопов'язаних типів речовин:

1. Кісна речовина представляє собою абіотичне середовище не пов'язане з діяльністю живих організмів (*наприклад, породи магматичного та метамагматичного середовища, осадові породи*);

2. Біогенна речовина – це абіотичне середовище, пов'язане з діяльністю живих організмів (*наприклад, крейда, вапняк, нафта, газ, кам'яне вугілля, кисень атмосфери*);

3. Біокісна речовина утворена в результаті сумісної діяльності живих організмів і геологічних процесів (*наприклад, ґрунт, кора вивітрювання, мул*);

4. Радіоактивна речовина – це атоми радіоактивних елементів (*наприклад, уран, радій, радон, берилій, цирконій*);

5. Розсіяні атоми – це окремі атоми елементів, які зустрічаються в природі в розсіяному вигляді (*наприклад, мікроелементи та ультрамікроелементи: кобальт, мідь, золото, срібло та ін.*);

6. Речовина космічного походження: метеорити, космічний пил;

7. Жива речовина – це живі організми, що населяють планету.

Властивості живої речовини:

1. Здатність швидко займати весь вільний простір, що пов'язано з інтенсивним розмноженням та здатністю до збільшення поверхні свого тіла або угруповань, утворених ними;

2. Активний і пасивний рух;

3. Стійкість при житті та швидкий розклад після смерті;

4. Висока адаптаційна здатність, що дозволила організмам не лише заселити основні середовища життя, а й пристосуватись до екстремальних умов (*наприклад, льодовики, води атомних реакторів та ін.*);

5. Феноменально висока швидкість протікання реакцій (*наприклад, деякі види комах здатні споживати кількість їжі, що значно перевищує вагу їхнього тіла*);

6. Висока здатність до поновлення живої речовини (*наприклад, середня швидкість поновлення суші становить 14 років, для океану – 33 роки*).

Всі перераховані властивості обумовлюють концентрацію в живому великих запасів енергії, яка може поступитися лише утворенню енергії за виверження вулкану.

Функції живої речовини:

1. Енергетична (біохімічна) – це накопичення енергії та передача її ланцюгами живлення;
2. Газова;
3. Окисно-відновна;
4. Транспортна: трофічна і транспортна діяльність організмів;
5. Утворення середовища існування;
6. Розсіювальна;
7. Інформаційна – це накопичення, закріплення та передача інформації наступним поколінням;
8. Біогеохімічна діяльність людини;
9. Деструктивна (*наприклад, сапрофаги живляться органічною речовиною, що розкладається; детритофаги – органо-мінеральними часточками, які розкладаються; некрофаги – мертвими тканинами*);
10. Концентраційна – це «захоплення» живими організмами із навколишнього середовища та накопичення біогенних хімічних речовин. *Наприклад, вміст вуглецю в рослинах у 200 разів, а азоту – у 300 разів перевищує їх рівень в земній корі. Результатом концентраційної діяльності живої речовини є утворення викопних копалин, вапняків тощо.*

Біосфера має умовні границі (підсфери) населені живими організмами.

- **геобіосфера** – це верхня частина літосфери, населена геобіонтами. На глибині більше 3 км від земної поверхні живі організми існувати не можуть, оскільки температура середовища перевищує 100°C;
- **гідробіосфера** – це гідросфера без підземних вод, населена гідробіонтами у всій товщі. Вода є більш важливим лімітуючим чинником в розселенні організмів порівняно зі світлом. Через це хлорофілвісні рослини не можуть існувати вище 6200 м (еолова зона – Гімалаї);
- **аеробіосфера** – це нижня частина атмосфери, населена аеробіонтами, які можуть поширюватися на висоту від декількох

сантиметрів до декількох кілометрів. Висхідні потоки повітря переносять спори, цисти, насіння, мікроорганізми.

Пустелі формально знаходяться поза межами біосфери, але фактично вони можуть рахуватися парабіосферними, оскільки живі організми там все ж існують. *Наприклад, в пустелях Наміб та Калахарі зустрічаються жуки-чорнотілки, які живляться сухими пиловидними залишками рослин і використовують метаболічну воду.*

Поширення живих організмів у біосфері пов'язане з такими чинниками:

- 1) наявність води;
- 2) глибина проникнення сонячних променів в ту чи іншу підсферу;
- 3) сила тяжіння, під дією якої на глибину морів опускаються часточки екскрементів, мертві та живі організми, а по тріщинам земної кори, колодязям, буровим свердловинам – мікроорганізми.

Оптимум біотичного різноманіття реєструють на поверхні розділу середовищ. Водночас, вихід органічної речовини дають рослини, здатні одночасно використовувати всі три фази (рідку, тверду і газоподібну). *Наприклад, тростина звичайна отримує з повітря діоксин вуглецю і кисень, а решту елементів та воду – з донного осаду, всмоктування яких значно полегшується через постійний тиск на нього рідини.*

Властивості біосфери:

1. Цілісність та дискретність.
2. Централізованість.
3. Стійкість та саморегуляція.
4. Ритмічність.
5. Колообіг речовин у природі та енергозалежність.
6. Горизонтальна зональність і висотна поясність.
7. Різноманітність умов існування та живих організмів.

ПРАВИЛО ЕШБІ: керуюча система або підсистема повинні бути організовані більш складно ніж підпорядковані їй. Саме це правило забезпечує біологічне різноманіття – синонім стійкості.

Колообіг речовин в біосфері.

В більшості випадків екосистеми знаходяться в стаціонарному стані, тобто надходження біогенних елементів із системи врівноважується їх переходом з інших систем, атмосфери та порід, водночас, є незначними порівняно з швидкістю колообігу речовин в самій системі.

Колообіг речовин – це багаторазова участь речовин у природних пресах.

На Землі сонячна енергія спричинює два кола обігу речовин:

Великий (геологічний) – це циркуляції води і атмосфери, які протікають без участі живих організмів та забезпечують перерозподіл речовин між біосферою та більш глибокими шарами Землі. Цей колообіг забезпечують:

- **ендогенні геологічні процеси**, що відбуваються під впливом внутрішньої енергії Землі, в результаті радіоактивного розпаду, хімічних реакцій утворення мінералів, кристалізації гірських порід, тектонічних рухів, землетрусів;

- **екзогенні геологічні процеси**, що відбуваються під впливом зовнішньої енергії Сонця. *Наприклад, вивітрювання гірських порід і мінералів, видалення продуктів руйнації з одних ділянок земної кори та їх перенос на нові ділянки, утворення осадових порід, геологічна діяльність атмосфери, гідросфери, живих організмів та людини.*

Малий (біологічний, біогеохімічний) – це колообіг речовин, рушійною силою якого є діяльність живих організмів. Він здійснюється в межах біосфери на основі великого колообігу. Головним джерелом енергії цього колообігу є сонячна радіація, яка забезпечує фотосинтез.

Інтенсивність біологічного колообігу залежить від температури довкілля та кількості води (*наприклад, в тропічних лісах біогеохімічний колообіг інтенсивніший ніж в тундрі*).

В біогеохімічному колообігу розрізняють дві складові:

Резервний фонд – це частина речовини не пов'язана з живими організмами. Залежно від природи резервного фонду виділяють:

- колообіг газоподібних речовин з резервним фондом в атмосфері та гідросфері;
- осадовий цикл з резервним фондом в земній корі.

Обмінний фонд формується за рахунок речовин, які потрапляють в колообіг:

- від продуцентів до консументів, за рахунок первинної екскреції тваринами та розкладання детриту мікроорганізмами;
- за рахунок життєдіяльності організмів-симбіонтів, які передають елементи живлення безпосередньо до рослин;
- в результаті фізичних процесів (*наприклад, вивітрювання, ерозія, вимивання*) елементи з осадових порід (абіотичного резервуару) попадають в обмінний фонд;
- надходження в колообіг речовин в результаті діяльності людини та затрати енергії викопних копалин.

В природних екосистемах елементи розподілені нерівномірно і знаходяться в різній хімічній формі, але всі (понад 90 хімічних елементів, які зустрічаються в природі) й ті, що використовуються живими організмами (30–40 елементів) приймають участь у біогеохімічному колообігу. Безперервна взаємодія абіотичних чинників і живих організмів екосистеми супроводжується безперервним колообігом речовин у вигляді органічних та мінеральних сполук, що чергуються.

ПЕРШИЙ ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОСИСТЕМИ:

в природних екосистемах використання ресурсів і звільнення від відходів здійснюється в межах колообігу всіх елементів.

Цикл азоту. Резервний фонд азоту в атмосфері (80 % об'єму повітря містить молекули азоту (N_2)) забезпечує постійне утворення нітратів неорганічним шляхом. Водночас, елемент є лімітуючим чинником продуктивності окремих видів рослин. Рослини можуть засвоювати азот лише у зв'язаній формі, а в рослинах він закріплюється в органічній формі (білки та інші азотовмісні сполуки) і передається ланцюгами живлення. Азот трансформується з органічної форми в неорганічну за допомогою хемотрофних бактерій (окислення амонію до нітритів і далі до нітратів), частина яких засвоюється рослинами, а інша – забезпечує відновлення нітратів до молекулярного азоту, в результаті діяльності денітрифікуючих бактерій. Мікроорганізми здатні перетворювати молекулярний азот в доступну для рослин форму – йони амонію.

Цикл фосфору. В обмінний фонд фосфор потрапляє за рахунок первинної екскреції консументів, а також в процесі руйнування мертвої органічної речовини фосфатредукуючими бактеріями (переводять фосфор з органічної форми в неорганічну). Резервним фондом для фосфору є гірські породи і відкладення, що утворилися в минулі геологічні епохи. Його доступність обмежена, через малу активність та рухливість обмінного фонду. В анаеробних умовах і за присутності феруму сірка випадає в осад та поступово накопичується в осадових породах.

Цикл сірки. Для сірки характерний широкий обмінний фонд в земній корі, атмосфері та гідросфері. Завдяки злагодженості резервного й обмінного фондів сірка не є лімітуючим чинником, оскільки вона добре розчинна та легко доступна для організмів у вигляді сульфатів. Поглинуті сульфати рослини відновлюють і синтезують сірковмісні амінокислоти.

Цикл вуглецю. Вуглець – це біоелемент з резервним фондом в атмосфері. Продуценти засвоюють вуглець із атмосфери у неорганічній формі (*діоксид вуглецю*) і в процесі фотосинтезу трансформують його в складний комплекс похідних органічних кислот, формуючи гумус. За будь-яких умов органічний комплекс не може бути повністю мінералізований органічним шляхом і тому накопичується в різних осадових породах.

Глобальна екологічна піраміда.

В біосфері як екосистемі стабільність забезпечують усі її компоненти: потік енергії, субстрат, атмосфера, вода.

Глобальна екологічна піраміда має вигляд дзиґи і називають її «*дзиґа життя*». Принцип її побудови наступний: кожний із основних рівнів (продуценти-консументи-редуценти) зображені у формі циліндра. Його висота – це біомаса, а діаметр – кількість видів. Співвідношення різних частин «дзиґи»: голка, маховик та стержень можуть бути різними в різних екосистемах, але, щоб конструкція не падала вони не можуть бути довільними (рис. 25).

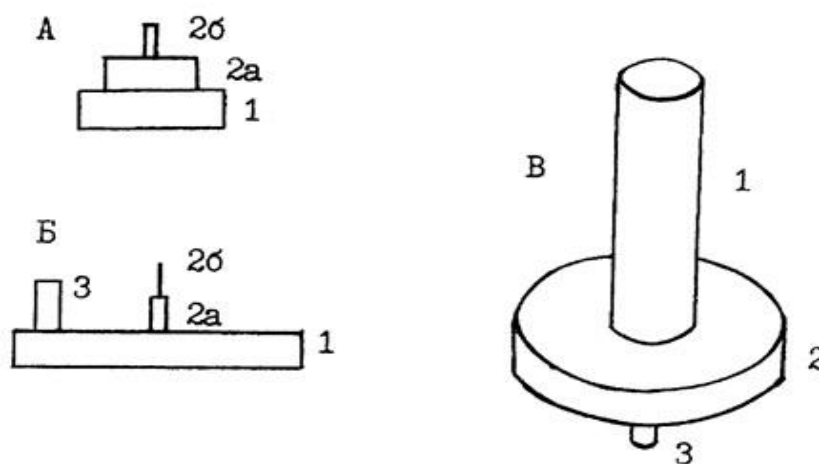


Рис. 25. Глобальна екологічна піраміда
Примітка. А та Б – екологічні піраміди екосистем;
В – «дзиґа життя» (за Реймерсом, 1992):
1 – продуценти, 2 – консументи (2а – первинні,
2б – вторинні), 3 – редуценти

Збалансованість всіх структурних елементів в екологічній піраміді підпорядковується чітким закономірностям, згідно з якими біотичне угруповання, що складає лише 0,01 %, керує абіотичною сукупністю елементів, а в біотичній системі керуючою підсистемою є консументи, оскільки від них залежить ступінь використання первинної продукції і стабільність екосистеми в цілому.

Ноосфера – сфера розуму.

Ноосфера – це оточуюче людину середовище, в якому природні процеси обміну речовин та енергії контролюються суспільством.

Удосконалення розумових здібностей людини супроводжувалося:

- технічним прогресом;
- появою електронних засобів зв'язку;
- розвитком науки і культури;
- освоєнням все більш ефективних джерел енергії;
- збором і обробкою інформації;
- освоєнням космосу;
- демографічними вибухами;
- лавиноподібною деградацією біосфери.

Так, сучасне споживання продукції біосфери сягає понад 7 % чистої первинної продукції суші, що загрожує порушенням стійкості біосфери. В її основі лежить біогеохімічний колообіг, а саме біотична регуляція колообігу речовин, згубне коливання чисельності популяцій, виснаження кормової бази. Різке зменшення чисельності або зникнення видів призводить до швидкого зростання інформаційних можливостей вищих трофічних рівнів. Це проявляється у складній поведінці хижаків, порушенні ієрархічної структури популяцій, неадекватній реакції на зміну середовища життя, що безпосередньо взаємопов'язано з діяльністю людини. Тобто, суспільство створює такі умови існування, за яких

природні екосистеми не здатні до них адаптуватись. Деякі дослідники заперечують можливість керівництва біосферою, опираючись на правило Ешбі.

В межах ноосфери виділяють:

- **антропосферу** – сукупність людей як біологічного виду;
- **техносферу** – сукупність штучних об'єктів і засобів антропогенної діяльності, а також антропогенно трансформованих природних об'єктів;
- **соціосферу** – сфера суспільної соціальної діяльності, яка охоплена діяльністю людини.

Існуюча нині система суспільних взаємовідносин стимулює нераціональне використання природних ресурсів, нещадну експлуатацію природних екосистем та інше. Захопившись вирішенням конкретних питань охорони навколишнього середовища поза увагою залишилися набуті знання законів формування та функціонування природних екосистем, принципів і концепцій класичної екології, які повинні слугувати основою для вирішення практичних питань природокористування.

Екологічні проблеми є загальнолюдськими, а необхідність об'єднання зусиль екологів, економістів, психологів, педагогів і представників інших спеціальностей є очевидною.

Запитання для самоперевірки:

1. *Які типи речовин виділяють у складі біосфери за В.І. Вернадським?*
2. *Назвіть основні властивості та функції живої речовини.*
3. *Яким чином взаємопов'язані між собою малий та великий колообіг енергії?*
4. *Принципи побудови і функціонування глобальної екологічної піраміди.*
5. *Передумови формування ноосфери та її складові.*

РОЗДІЛ III. ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ НЕОЕКОЛОГІЇ

ТЕМА. 3.1. ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ПЛАНЕТИ ТА НАСЛІДКИ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ключові поняття та терміни: природні ресурси, закон обмеженості природних ресурсів, виснаження природних ресурсів, полютанти, гранично допустима концентрація, забруднення: фізичне, хімічне, механічне, біологічне, класифікація забруднення за Стадницьким Г.В. і Родіоновим А.І., фонове, імпактне, перманентне і катастрофічне забруднення

Природні ресурси та їх класифікація.

Природні ресурси – це компоненти навколишнього середовища (об’єкти і явища), необхідні людині для її життєдіяльності, задоволення матеріальних та естетичних потреб.

Від територіального розміщення, кількості та якості природних ресурсів залежить розподіл виробничих потужностей, і відповідно, густота населення на певній території. Визначити момент вичерпання природних ресурсів неможливо, що пов’язано з цілим рядом причин:

- постійне вдосконалення технологій розвідки, добування й переробки природних ресурсів, що знаходиться в прямій залежності від темпів їх споживання;
- використання природних ресурсів, які раніше не були задіяні у виробництві. *Наприклад нафту і алюміній почали використовувати близько 200 років тому, а атомне палъне – 50 років тому.*

Класифікація природних ресурсів досить різноманітна:

1. За джерелом і місцем розміщенням:

- енергетичні;

- водні;
- атмосферні;
- кліматичні;
- ресурси продуцентів;
- ресурси консументів та ін.

2. За використанням:

- реальні (наприклад, нафта, природний газ, деревина);
- потенційні (наприклад, енергія Сонця, морських припливів, вітру).

3. За заміністю:

- замінні (наприклад, паливно-мінеральні природні ресурси можна замінити на енергію Сонця і вітру);
- незамінні (наприклад, кисень, прісна вода).

4. За вичерпністю:

- вичерпні, кількість яких обмежена: невідновні (наприклад, кам'яне вугілля, нафта та ін.) та відновні (наприклад, рослинний і тваринний світ);
- невичерпні, кількість яких необмежена: водні (наприклад, води Світового океану), кліматичні (наприклад, атмосферне повітря, енергія вітру), космічні (наприклад, сонячна радіація, енергія морських припливів).

ЗАКОН ОБМЕЖЕНОСТІ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ:

усі природні ресурси на планеті Земля вичерпні, оскільки планета – природно-обмежене тіло і на ній не можуть існувати безкінечні складові частини.

5. За сферою використання:

- виробничі: сільськогосподарські і промислові;
- рекреаційні;

- естетичні;
- наукові та ін.

6. Природні ресурси, що використовує людина поділяють на:

- предмети споживання (*наприклад, вода, повітря, їстівні рослини, тварини, лікарська сировина*);
- засоби праці для суспільного виробництва (*наприклад, земля, водні шляхи*);
- предмети праці, з яких виготовляються вироби (*наприклад, мінерали, деревина*);
- джерела енергії (*наприклад, запаси паливних копалин, енергія вітру і води*);
- рекреаційні (*наприклад, для відпочинку, оздоровлення, туризму*).

Антропогенний вплив на довкілля.

Антропогенна діяльність пов'язана з реалізацією економічних, воєнних, рекреаційних, оздоровчих та інших інтересів, що супроводжується фізичними, хімічними, біологічними й іншими змінами в природному середовищі.

Вплив людини можна класифікувати наступним чином:

- **деструктивний** (руйнівний) вплив, який призводить до втрати природним середовищем корисних для людини властивостей (*наприклад, вирубування лісів, розорювання луків*);
- **стабілізуючий** – спрямований за сповільнення природного або антропогенного руйнування природного середовища (*наприклад, ґрунтозахисні заходи*);
- **конструктивний** – відновлення природного середовища, порушеного в результаті діяльності людини (*наприклад, відновлення чисельності рідкісних та зникаючих видів рослин і тварин, рекультивація ландшафтів*);

- **прямий та опосередкований** (наприклад, вирубка лісів в басейні річки призводить до пересихання малих річок, зниження рівня ґрунтових вод, зменшення вологості ґрунту. Опосередкований вплив проявляється при загибелі гідробіонтів та посиленні евтрофікації);

- **зумисний та випадковий** – коли людина очікує певний результат від своєї діяльності або не уявляє наслідків;

- **тривалий і короткостроковий;**

- **статичний та динамічний;**

- **глобальний, регіональний і локальний;**

- **механічний, фізичний, хімічний та біологічний тощо.**

Погіршення природного середовища внаслідок діяльності людини відбувається за двох причин:

1. Виснаження природних ресурсів. Індустріально розвинені країни світу добувають, споживають та постачають природні мінерально-сировинні ресурси. Освоєння кожного ресурсу проходить стадії геологічного вивчення, інтенсивного використання і виснаження. США сьогодні інтенсивно використовують природні ресурси, їх запаси розвідано практично на всій території, однак переробку сировини здійснюють в інших країнах (Індія, Китай), де екологічні стандарти є нижчими і дешева робоча сила. Російська Федерація знаходиться в перехідному стані від геологічного вивчення до інтенсивного використання, водночас розвідані родовища експлуатуються повною мірою. Україна знаходиться на стадії виснаження надр, оскільки геологічне вивчення території потребує значних фінансових витрат. На межі цілковитого вичерпання опинилися такі природні мінерали як Аурум, Аргентум, Плюмбум, Олово, Вольфрам та ін.

Знищення лісів (лісорозробки) пов'язують з видом людської діяльності, що активно впливає на природне середовище. Щорічна заготівля деревини у світі складає 2,5–5 млрд. м³ з постійно зростаючою тенденцією до

збільшення об'єму рубки і заготівлі деревини. Оптимальною вважається лісистість 25-30 % на рівнинах та в 35-50 % – в гірських районах, однак, реально площі лісів продовжують скорочуватися. Так, знижується лісистість Іспанії, Греції, Франції, Італії, Голландії, Бельгії, щорічно близько 16 млн. га тропічних лісів повністю зникають. Експерти ООН вважають, що катастрофічні пожеги в Індії, Пакистані, Таїланді, Нігерії, Танзанії, а також засухи в зоні Сахари – це результат винищення в цих країнах пралісів.

Проблеми, пов'язані з вирубкою лісів:

- зниження біорізноманіття, знищення диких тварин і місць їх проживання;

- зміна інтенсивної кисневої функції лісу;

- сповільнення біологічного колообігу речовин;

- деградація ґрунтів на вирубках: заболочування - на півночі, ерозія - на схилах і горах;

- гідрологічний вплив на поверхневий і ґрунтовий стік: посилення ерозії та замулювання річок і озер, посилення поверхневого стоку, зміна мережі гідрографії;

- забруднення річок при сплаві вирубаного лісу;

- зміна клімату пов'язана зі зростанням посушливості.

Зміна середовища під дією вирубки лісу в різних районах виявляється по-різному, хоча і має загальні риси. У історії людства великі площі лісів були знищені цілеспрямовано для розширення площі орних земель і пасовищ.

2. Забруднення природного середовища.

Забруднення визначають як надходження у навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних для нього, шкідливих хімічних, фізичних, біологічних чи інформаційних компонентів, яких екосистема не здатна позбутися шляхом самоочищення.

Рівень забруднення оцінюється за нормативними показниками у кожному окремому випадку. Воно може виникати внаслідок природних процесів (наприклад, пилові бурі, повені, вулканічний попіл) та в результаті діяльності людини (наприклад, викиди в атмосферу, скиди у гідросферу шкідливих речовин).

Виверження вулкана Ейяф'ятлайокютль в Ісландії у 2010 р. призвело до викиду у верхні шари атмосферу (до 10,6 км) великих обсягів вулканічного попелу та дрібних частинок кварцу, що призвело до зупинки найбільших аеропортів Європи (Велика Британія, Німеччина, Італія, Іспанія, Бельгія, Угорщина та ін.).

Полютанти – це речовини, які спричинюють забруднення.

Гранично допустима концентрація (ГДК) полютанта – це максимальний вміст у природному середовищі речовини, при контакті з якою у людини не виникає патологічних змін в організмі. *Вміст хімічних речовин у довкіллі почали визначати з 1925 р., коли було встановлено перші значення ГДК у атмосферному повітрі робочої зони. З 50-х років минулого століття почали встановлювати показники ГДК для води, ґрунтів, харчових продуктів. Сьогодні контролюється понад 1500 показників забруднювачів води, більше 1000 – повітря, 300 – ґрунту.*

За видами полютантів розрізняють забруднення:

- **фізичне:** теплове, шумове, радіоактивне, світлове та ін.

Шумове забруднення негативно впливає на здоров'я людини, її працездатність. Лише століття тому рівень шуму на центральних магістралях великих міст не перевищував 60 дБ, який переважно генерував міський автотранспорт.

Теплове забруднення виникло в результаті теплових викидів промислових підприємств, устаткування та машин, опалювальних систем теплотрас і систем охолодження, які в процесі роботи нагріваються. Значна кількість тепла розсіюється у довкіллі і на рівні окремих екосистем

чинить на них істотний вплив. *Наприклад при скиданні стічних вод високої температури від теплових електростанцій. Нагріта вода утруднює водообмін різних шарів водойми, знижується вміст розчинного кисню в ній, що призводить до збільшення видового різноманіття фітопланктону і загибелі гідробіонтів.*

Джерелами іонізуючого випромінювання до недавнього часу були: вулканічна діяльність, гірські породи (калій-40, цезій-137, йод-131, стронцій-90), космічне випромінювання, які формували природний рівень радіації на планеті Земля. В районах родовищ радіоактивних сланців, радонових мінеральних джерел рівень радіації у сотні разів перевищує допустимі норми. Однак, у зв'язку з роботою по освоєнню «мирного атому» та пов'язаними з цим аваріями на атомних електростанціях, підводних човнах, випробуванням ядерної зброї, суттєво підвищився рівень екологічних ризиків пов'язаних із можливістю радіоактивного забруднення. Так, науковці та медичні працівники вважають, що зростання рівня онкологічних хвороб в Україні є віддаленим наслідком радіоактивного опромінення через аварію на Чорнобильській атомній станції. Водночас, за даними ВООЗ частка онкологічно хворих зросла серед населення багатьох інших країн приблизно однаково, порівняно з населенням України.

Наслідками інтенсивного розвитку радіо- та електротехніки, комп'ютеризація і повсюдного покриття стільникового зв'язку є іонізація повітря, рентгенівське, ультрафіолетове, інфрачервоне та електромагнітне випромінювання. Доведено, що випромінювання від мобільного телефону є причиною виникнення злоякісних пухлин.

- **механічне.** В результаті промислової діяльності та споживання виникає велика кількість механічних полютантів – це тверді часточки різного розміру (*пластмасові вироби, скло, цегла та ін.*), які спричинюють

негативний вплив не лише на гідро- та атмосферу, а й засмічують космічний простір (*пил, уламки апаратів, машин*);

- **хімічне** (*важкі метали, поверхнево активні речовини, детергенти, аерозолі, пластмаси, поліетилен та ін.*). Хімічні елементи, в тому числі необхідні для життя організмів, зазвичай циркулюють в біосфері за замкнутими біо- та геохімічними циклами. Однак, людина навчилася використовувати ці елементи, а також штучно створювати нові. Антропогенна діяльність прискорює рух багатьох речовин, порушуючи їх природний колообіг.

Наприклад, стронцій, якому раніше приділялося мало уваги, сьогодні став об'єктом особливого занепокоєння, що пов'язано з виробництвом ядерної зброї, роботою атомних електростанцій. Радіоактивний стронцій-90 утворюється при розщепленні урану і характеризується тривалим періодом напіврозпаду. Він є новою речовиною для біосфери та володіє вираженим біологічним ефектом.

Ртуть – хімічний елемент, природна концентрація якого та рухливість вкрай незначні, що не значно впливало на організми до настання індустріальної ери. Водночас, розробка родовищ та промислове використання ртуті змінили її біологічне значення й інших важких металів (мідь, цинк, кадмій) і стали серйозною екологічною проблемою. Промислова діяльність зумовила виникнення двох нових потоків ртуті: перший – добування та викиди в атмосферу, ґрунт, воду збільшило вірогідність контакту з живими організмами; другий – перетворення мікроорганізмами нерозчинних форм елемента в розчинну, рухливу і отруйну – метил ртуть, яка вкрай небезпечна для людини та інших хребетних.

Найнебезпечнішими полютантами хімічного походження є викиди хімічної, металургійної, гірничодобувної, целюлозно-паперової промисловості, а також хімічна зброя;

- **біологічне** (патогенні мікроорганізми, збудники паразитарних хвороб, генномодифіковані організми та ін.). Тривалий час поняття «забруднення довкілля» розглядалось переважно в ракурсі техногенного впливу на нього. Біологічне забруднення залишалось поза увагою дослідників. В той же час у біосфері відбувались суттєві якісні та кількісні зміни. Дослідники відзначають різке збільшення числа і біомаси окремих видів макро- та мікроорганізмів рослинного й тваринного походження.

Біологічне забруднення – це порушення механізмів саморегуляції біологічних систем та подовження періодів, необхідних для їх стабілізації на якісно нових рівнях, що супроводжується зараженням і негативним впливом на організм людини, тварин та рослин у кількостях, що значно перевищують природній фон.

Такий вид забруднення пов'язаний з пригнічуючим або деструктивним впливом людини, інтродукцією видів, порушенням карантину, що супроводжується масовим розмноженням окремих видів організмів.

Значне поширення угруповань патогенних мікроорганізмів, як елементу мікробіоценозів техногенних екосистем, створює екологічну проблему, яка полягає в інтенсифікації забруднення ними довкілля від хворих та інвазованих хазяїв. Контамінація компонентів довкілля (*грунту, води, рослинності, кормів, продуктів харчування, обладнання тощо*) створює реальну загрозу для людини і свійських тварин.

За останні 30 років виявлено понад 100 нових патогенних мікроорганізмів і понад 40 нових інфекційних хвороб. Дані наукової літератури та державних епідеміологічних служб за останні роки свідчать про ріст захворюваності населення на токсикоінфекції, гельмінтозні хвороби, в тому числі зоонозні – хвороби спільні для людини і тварин.

Будівництво дамб та водосховищ в 70-х роках ХХ ст. в Сенегалі спричинило виникнення паразитарної хвороби – шистосоматозу, якої

раніше на цій території не було, і як наслідок, зараження населення країни, що досягло 90 % у 2000 р.

Каштанову моль на деревах гіркокаштану звичайного було вперше помічено на теренах Європи у 80-х роках минулого століття. До початку XXI століття шкідник завоював більшу частину території Європи і став серйозною небезпекою для зелених насаджень міст.

Особливий вид біологічної загрози пов'язують з розвитком біотехнології та появою генетично модифікованих організмів.

Біотехнологія включає методи і прийоми отримання корисних для людини продуктів та явищ за допомогою живих організмів. Нові технології дозволяють активно маніпулювати з генами та їх фрагментами, забезпечують створення трансгенних організмів – це штучно створені організми з чужорідним генетичним матеріалом. Сьогодні близько 98 % серед сільськогосподарських рослин мають трансгенне походження і займають значні площі (соя, кукурудза, ріпак, картопля та ін.). Водночас, ще мало дослідженим є питання потенційної передачі генів, вбудованих у трансгенний організм на інші організми та їхній вплив на трофічні ланцюги в екосистемах.

Селекціонування вважається найбільш екологічно доцільним способом отримання сільськогосподарської продукції для потреб ринку порівняно з альтернативними способами (автоматизація виробництва, застосування мінеральних добрив, отрутохімікатів, стимуляторів росту організмів та ін.). Водночас, цей спосіб є економічно дорогим через значні матеріальні вкладення та час необхідний для підготовки висококваліфікованих кадрів та концентрації в цьому напрямку інтелектуального і технічного потенціалу галузі. Так, основною задачею молочного тваринництва є отримання високопродуктивних порід, що дають молоко з більшим вмістом білка та володіють високими технологічними властивостями. Традиційна селекція забезпечує невеликий селекційний ефект, що дає

приріст 1–3 % за рік і ним неможливо задовольнити потреби сьогодення. Альтернативою сучасної селекції є методи ДНК-технологій, що дозволять точно і швидко ідентифікувати генотипи рослин та тварин з господарсько-цінними ознаками. Сьогодні вченим за допомогою маркерів вдалося виявити полігени окремих організмів, до яких належать: стійкість до стресу у свиней, м'язова гіпертрофія у великої рогатої худоби, ожиріння у мишей.

Упродовж останнього десятиліття особлива увага широкої наукової громадськості і державних діячів багатьох країн світу пов'язана з цілим рядом наукових відкриттів в області фізики, хімії, молекулярної біології та бурхливим розвитком нанотехнології. Дослідження та розробки в галузі нанотехнології вважають пріоритетними у понад 50-ти розвинутих країнах світу, серед яких лідируючі позиції займають Китай, США, країни Європейського союзу та Російська Федерація. Поряд із застосуванням матеріалів у нанорозмірному стані в галузях аерокосмічної, автомобільної та електронної промисловості, народному господарстві сьогодні говорять про появу нових напрямів у науці – наномедицина і наноекологія.

Викиди наночастинок в атмосферу істотно збільшуються з року в рік. Серед дослідників немає єдиної думки про шкідливість наночастинок. Доведено здатність наночастинок проникати в альвеолярні ділянки легенів, систему кровообігу, мозок, спричинювати механічні, токсичні та імунологічні пошкодження. На особливу увагу заслуговують наночастки, що є побічним продуктом людської діяльності (*зварювання, продукти роботи бензинових і дизельних двигунів*) та цільові продукти в нанотехнологіях (*напівпровідникові оксиди металів для сенсорів і фотокаталізу, вуглецеві нанотрубки, бактерицидні наночастки срібла та вісмуту, матеріали для косметики й ін.*). Важливим питання є також вивчення життєвого циклу наночастинок різного походження у природних та антропогенно змінених екосистемах.

За об'єктами виділяють забруднення:

- *атмосферного повітря;*
- *поверхневих і підземних вод;*
- *грунту;*
- *навколоземного космічного простору.*

За масштабами забруднення може бути:

- **глобальним**, яке зумовлене викидами в атмосферу або водні об'єкти і переміщення шкідливих речовин на значні відстані, що створює несприятливий вплив на всю планету або значні території. *Наприклад, аварія на нафтовій платформі Deepwater Horizon у Мексиканській затоці у 2010 р. стала найбільшою в історії США. У затоку витекло 4,9 млн. тонн нафти. Для ліквідації наслідків, витік якої вдалося зупинити через 3 міс., було застосовано токсичну хімічну речовину корексит, що розчиняє нафтові плями на поверхні води. Це викликало питання з боку природоохоронного відомства США.*

У березні 2011 р. в Японії стався потужний землетрус магнітудою 9 балів та цунамі, що стало причиною вибуху та витіку радіації на атомній станції «Фукусіма-1»;

- **регіональним** є забруднення великих територій або акваторій, які зазнають впливу промислових районів. *Наприклад, падіння Тунгуського метеориту у 1908 р. зумовило пожежу та вивал лісу на значних територіях Сибіру;*

- **локальне забруднення** пов'язане з видобутком корисних копалин, функціонуванням тваринницьких ферм, промислових підприємств, урбоекосистеми.

За тривалістю впливу забруднення бувають:

- **нестійкі**, спричинені речовинами, які швидко розкладаються або нейтралізуються у природному середовищі;
- **середньостійкі**;

- **стійкі**, агенти яких зберігаються у довкіллі тривалий час (наприклад, деякі метали, пластмаси, поліетилен, радіоактивні речовини з великим періодом напіврозпаду). Так, поліетиленові вироби розкладаються лише через 200–300 років.

Класифікація забруднення, що базується на системному підході (за Стадницьким Г.В. і Родіоновим А.І., 1988 р.) (рис. 26):

- **інгредієнтне**, що представляє собою сукупність речовин, кількісно і якісно чужорідних природним біогеоценозам (наприклад, отрутохімікати, продукти згорання, побутові стоки);

- **параметричне**, що характеризується зміною якісних параметрів навколишнього середовища (наприклад, радіаційне, шумове, світлове, електромагнітне забруднення);

- **біоценотичне**, пов'язане з впливом на структуру і склад популяцій та угруповань живих організмів (наприклад, відстріл тварин, вилов риби, інтродукція та акліматизація видів);

- **стаціонально-деструктивне** виникає в результаті руйнування чи видозміни ландшафтів і екосистем у процесі природокористування (наприклад, вирубування лісів, регулювання водостоків, урбанізація).

За силою та характером впливу:

- **фонове забруднення** включає плутанти постійно присутні у довкіллі, вміст яких не перевищує гранично допустимих меж та близьке до природного складу. Наприклад, космічне та іонізуюче випромінювання, яке формують природні радіоактивні речовини, що містяться у ґрунті і воді та створюють фонове випромінювання. Воно суттєво не впливає на живі організми, оскільки вони до нього адаптовані. Природний фон є різним в різних частинах біосфери: найінтенсивніший у горах, утворених гранітними породами, найменший – біля поверхні морів;

- **імпактне** – це одноразове забруднення довкілля політантами (наприклад, скид стічних вод у поверхневу водойму);

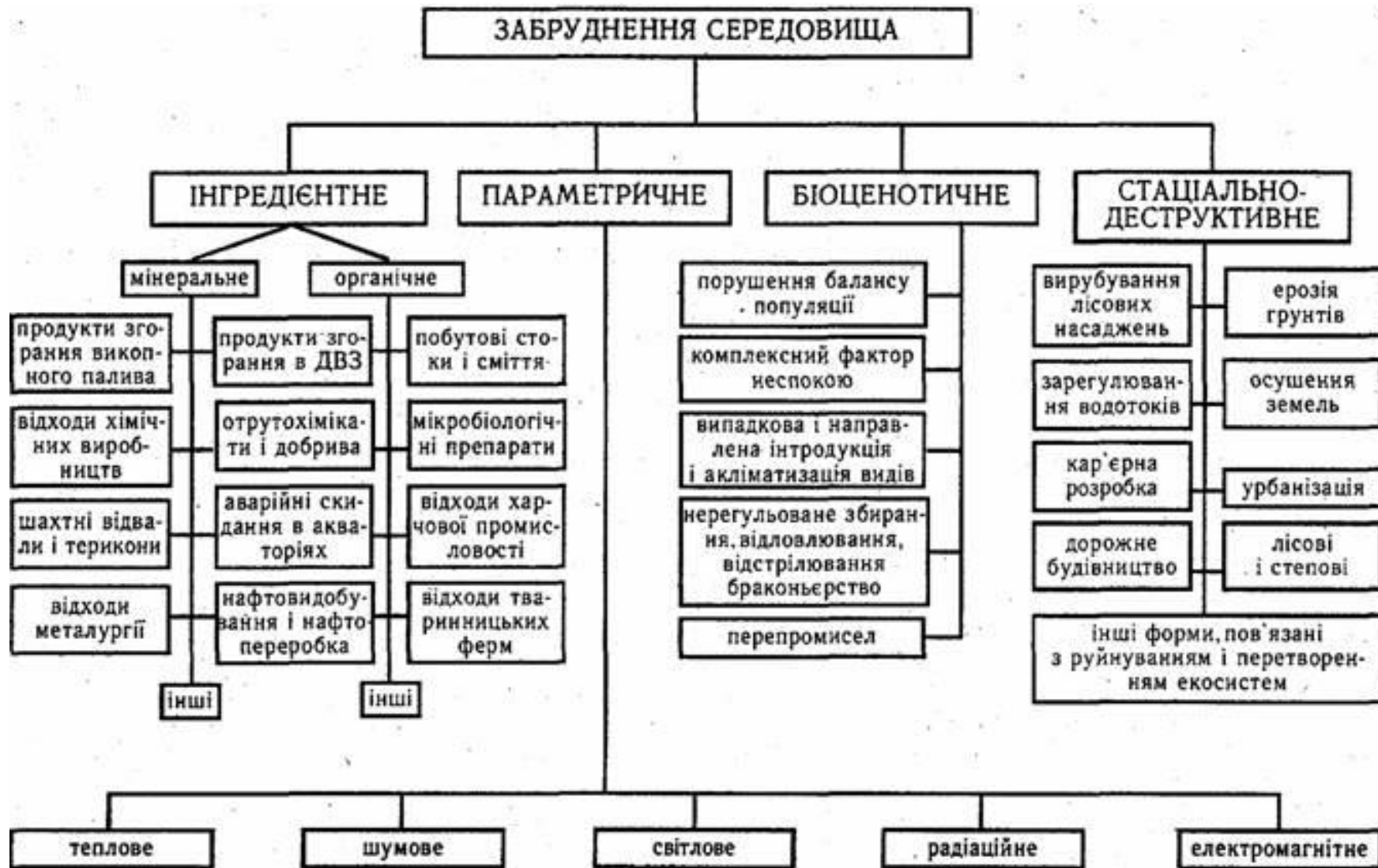


Рис. 26. Класифікація забруднення екологічних систем
(за Стадницьким Г.В. і Родіоновим А.І., 1988 р.)

- **перманентне (постійне)**, викиди якого є регулярними (наприклад, постійні викиди в атмосферу речовин від підприємства);
- **катастрофічне**, пов'язане із забрудненням внаслідок аварії та одночасним викидом великої кількості полютантів.

Проблема забруднення навколишнього середовища має загальнопланетарний характер, оскільки для полютантів не існує державних кордонів. Негативний їх вплив проявляється на природні екосистеми, здоров'я населення, біологічне різноманіття тощо і потребує розробки альтернативних способів виробництва та господарювання.

Під керівництвом спеціаліста в галузі системної динаміки Д. Медоуза була підготовлена доповідь для «Римського клубу» – «Межі зростання» (1972). Автор використовував у своєму дослідженні економіко-математичні моделі, які створювали імітацію світового розвитку за допомогою декількох глобальних категорій та у їх взаємозв'язку - **населення, капіталовкладення, використання невідновлюваних ресурсів, забруднення середовища, продовольчі виробництва.** Результати дослідження давали песимістичні прогнози на майбутнє: через сімдесят п'ять років, сировинні ресурси будуть вичерпані, а брак продовольства стане катастрофічним, якщо економічний розвиток не буде зведено до простого відтворення, а приріст населення Землі поставлений під жорсткий контроль. Згідно стандартної моделі на початку 21 століття реєструватимуть різкий спад промислового виробництва, а за ним – чисельності населення планети (Додаток, рис. 8).

Висновки доповіді одержали назву **концепції «нульового росту»** (Додаток, рис. 9). «Шокова терапія» доповіді ставила за мету пробудити свідомість людей, розвінчати міф про невпинне зростання споживання, закликати політичних і економічних лідерів до соціальної відповідальності.

За майже 40 років своєї діяльності Римський клуб підготував 33 доповіді з широкого кола питань в контексті світової проблематики та

майбутнього людства, більшість з яких отримала серйозний резонанс. Останньою, на сьогодні, доповіддю Римського клубу є видана у 2012 році книга «2052: Глобальний прогноз на найближчі сорок років» Йоргена Рандерса. Автор повідомив про те, що глобальний апокаліпсис все ж відбудеться у другій половині 21 століття і буде посилений глобальним потеплінням. Зміни будуть відбуватися поступово: «багатий» світ переживатиме сповільнений економічний ріст, зростаюче безробіття, соціальні протиріччя, все більшу нерівність на фоні спочатку локальних, а потім глобальних кліматичних умов (засух, повіней, лісових пожеж, повільного збільшення рівня моря).

Запитання для самоперевірки:

1. Класифікація природних ресурсів.
2. Чому неможливо визначити момент вичерпання природних ресурсів?
3. Визначте стадії освоєння природних ресурсів та проблеми пов'язані з окремими їх видами.
4. Що таке полютанти та які види полютантів Ви знаєте?
5. Поясніть загрози для екосистем теплового забруднення та визначте його місце у різних типах класифікації забруднювачів.
6. Хімічне забруднення та особливості його впливу на природні біогеоценози.
7. Чому біологічне забруднення пов'язане з антропогенною діяльністю?
8. Які загальні принципи світового розвитку існують на сьогодні?

ТЕМА 3.2. БІОЛОГІЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ

Ключові поняття та терміни: біорізноманіття, генетичне, видове та екологічне біорізноманіття, різноманітність ландшафтів, закономірності видового різноманіття, практична цінність біорізноманіття, фактори загрози, фактори ризику, «гарячі точки»

Біорізноманіття та його типи.

На Конференції ООН по навколишньому середовищу та розвитку (Ріо-де-Жанейро, Бразилія, 1992) поняття біорізноманіття набуло широкого міжнародного значення та визначено основні положення Конвенції по біологічному різноманіттю:

- збереження біологічного різноманіття;
- стійке використання його компонентів;
- справедливий розподіл доходів від використання генетичних ресурсів (до цього країни “Півдня” володіли генетичним ресурсом, а країни “Півночі” – створювали з них продукти споживання);
- визначення стану біорізноманіття та потенційних загроз у кожній з країн.

Стан розмаїття є індикатором стійкого розвитку країни!

БІОРІЗНОМАНІТТЯ – це унікальна властивість живої природи, що включає різноманіття всього живого на Землі: від генів до екосистем.

У 1994 р. Верховною Радою України було ратифіковано Конвенцію про біологічне різноманіття, що зобов'язало нести відповідальність за його збереження та раціональне використання і право самостійно ними розпоряджатися. На національному рівні координацію діяльності щодо

збереження біорізноманіття покладено на Національну комісію з питань збереження біорізноманіття й Міністерство екології та природних ресурсів України. Законодавчі і нормативно-правові акти, що діють у сфері використання та збереження біорізноманіття поділяють на чотири блоки:

1. Закони України: «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ», «Про рослинний світ», «Про Червону книгу України», «Про екологічну експертизу» та ін.

2. Постанови Верховної Ради України: «Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки», «Про концепцію сталого розвитку населених пунктів» та ін.

3. Постанови Кабінету Міністрів України: «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», «Порядок видалення дерев, кущів, газонів і квітників у населених пунктах», «Про затвердження Порядку спеціального використання лісових ресурсів» та ін.

4. Кодекси України: «Водний Кодекс України», «Земельний Кодекс України», Кодекс України «Про надра» та ін.

Розрізняють біорізноманіття:

- *генетичне*, яке є основою безперервності еволюційного процесу. В умовах постійно змінюваного середовища одні особини отримують більше шансів залишити потомство та передати свої гени ніж інші. Популяційна генетика займалась вивченням організмів, у яких чітко проявляються спадкові ознаки, що актуально для видів з корисними для людини властивостями. За допомогою штучного відбору людина навчилася виводити сорти культурних рослин і породи тварин, однак справжній прорив в цій галузі пов'язують з використанням методів генної інженерії. Однак, залишається не з'ясованим, як нові види вплинуть на функціонування екосистем.

Вивчення генетичного різноманіття і генетичних ресурсів пов'язано зі світовою тенденцією зникнення локальних порід продуктивних тварин. *Геномна дактилоскопія* – це тотальне генотипування організмів, створення «генетичних паспортів» порід, видів, таксономічних груп, формування «генетичних портретів». Сьогодні багато науковців задіяні у виконанні глобального дослідницького проекту по вивченню генетичного різноманіття MoDAD (*Global Project for the Measurement of Domestic Animal Genetic Diversity*). Генетично-еволюційне порівняння послідовностей ДНК у різних видів ссавців дозволяє вивчати їх поліморфізм, оскільки дає матеріал для аналізу еволюційних подій, визначення генетичного віддалення між породами, створення ефективних генетично обґрунтованих програм по збереженню генофонду рідкісних і зникаючих видів. *Наприклад, у Танзанії багато популяцій диких тварин, що поширені на території природних парків, знаходяться під загрозою зникнення через незаконне мисливство. Вчені розробили молекулярно-генетичний метод ідентифікації видів диких трав'яїдних з метою генетичного контролю м'яса, що дозволяє виявити істинні масштаби браконьєрства та здійснювати моніторинг та оцінку стану популяції диких видів;*

- **видове різноманіття** представляє собою сукупність видів рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів. Вважають, що загальна кількість існуючих на сьогоднішній день видів складає 8,7 млн., з яких не описано понад 75 %. Найповніше вивчено види хребетних тварин (близько 40 %). Біологи класифікують особин, відносячи їх до видів лише після ретельного вивчення їхніх особливостей і отримання доказів їх репродуктивної ізоляції від інших видів. Види об'єднують в групи на основі подібності та родинних зв'язків, що дозволяє створювати природну систему органічного світу. Завданням систематики – області біології, є вивчення різноманітності живих організмів та їх причин;

- **екологічне різноманіття** включає сукупність біотичних угруповань разом з фізичним середовищем їх життя. Всі екосистеми функціонують за загальними закономірностями, однак, до їх складу входять різні види. Так, тропічні дощові ліси в Південній Америці, Африці та Азії представляють один тип екосистем, що визначається подібністю кліматичних умов. Водночас, біотичні угруповання в кожному з регіонів формуються за рахунок специфічної флори і фауни.

Кожний тип біорізноманіття характеризується трьома рівнями організації живої матерії:

- суборганізовим (*молекулярний, клітинний, тканинний, органний*);
- рівень організмів;
- надорганізовий (*популяційно-видовий та екосистемний*) (рис. 27);



Рис. 27. Структура та рівні вивчення біорізноманіття

(за А.К. Бродским, 2012)

- **різноманітність ландшафтів.** Кожний природний ландшафт Землі представляє собою неповторний складний комплекс флори і фауни на земній поверхні, утворений на границі літосфери, атмосфери та гідросфери. В межах однієї кліматичної зони рельєф і геологічна будова

можуть створити різноманітні умови існування. Чим різноманітніші умови середовища в певному регіоні, тим багатшим є його видовий склад. *Наприклад, тундрові і пустельні екосистеми вважають нестійкими (нестабільними), а тропічні ліси, багаті за видовим складом – найстійкішими.*

Найстійкішою екосистемою є біосфера!

Закономірності видового різноманіття.

Видове різноманіття підпорядковується ряду закономірностей, знання і розуміння яких необхідні для наступного кроку у збереженні живої природи: визначення його причин та шляхів успішного вирішення проблеми скорочення біорізноманіття.

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ПЕРША: угруповання складається з великої кількості та незначної чисельності рідкісних видів і малої кількості – багато чисельних видів.

Види представлені великою кількістю особин називають видами-домінантами і в екосистемі відіграють визначальну роль, формуючи її зовнішній вигляд. Інші види – малочисельні, зустрічаються рідко, але вони визначають різноманітність екосистеми та її властивості.

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ДРУГА: продуктивна екосистема здатна забезпечити існування великої кількості видів.

Екосистеми з високою біологічною продуктивністю забезпечують угрупованням широкий вибір їжі та сприяють спеціалізації видів, тобто в одному діапазоні доступних харчових ресурсів може існувати більша

кількість видів. В непродуктивних нішах види змушені займати більш широкі екологічні ніші, відповідно – менша кількість видів може існувати на даній території.

Наприклад, в пустелі, де на 1 га нараховується декілька мурашників може існувати популяція ящірок, які спеціалізуються на специфічному харчування мурахами. Водночас, існування популяції ящірок неможливе на території, де на 1 га реєструють 1 мурашник.

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ТРЕТЯ: стійкість угруповання зростає зі збільшенням числа видів.

Чим більша кількість видів в угрупованні, тим складніші та різноманітніші зв'язки між ними, довші харчові ланцюги, активніші взаємодії між особинами і більше число контактів, тим екосистема є стабільнішою. Деякі види в екосистемі відіграють ключову роль. Саме від них залежить подальше існування багатьох інших видів. У випадку зникнення ключового виду має місце *каскад вимирання*.

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ЧЕТВЕРТА: вибіркоче хижацтво підвищує видове різноманіття.

Активне хижацтво суттєво знижує видове різноманіття популяції жертви, водночас, помірно спеціалізоване хижацтво знижує щільність видів-домінантів, даючи тим самим можливість менш конкурентоздатним видам більш повно використовувати простір та харчові ресурси. В результаті цього біорізноманіття зростає. *Наприклад, в Атлантичному океані морська зірка харчується мідіями, завдяки чому на вільних від цього виду ділянках підводних скель заселяються інші безхребетні (морські*

жолуді, хітони, морські качечки та ін.), які не можуть конкурувати з мідіями за інших умов. Саме тому, акваторії, де живуть морські зірки мають більше біорізноманіття порівняно з тими, де їх немає.

В умовах африканських саван збереження видового різноманіття залежить від життєдіяльності трав'янистих копитних: зебри виїдають високу траву, створюючи доступ до нижнього ярусу антилопам гну, а останні – газелі Томсона, які харчуються лише низькорослою рослинністю.

ЗАКОНОМІРНІСТЬ П'ЯТА: під впливом стресу зменшується чисельність рідкісних видів та скорочується видове різноманіття.

Потужний зовнішній вплив з негативними для екосистеми наслідками призводить до зменшення кількості рідкісних видів та зростання видів до нього стійких. Тобто, бідність видового складу екосистеми свідчить про перенесений нею стрес. Стресорами можуть бути найрізноманітніші чинники, в тому числі й забруднення.

Людська цивілізація досягла високого розвитку завдяки експлуатації біологічного різноманіття. Так, при існуючих темпах вирубування лісів до 2060 р. на планеті не залишиться зімкнутих лісових масивів, катастрофічно скоротиться біорізноманіття, а екосистеми втратять стійкість.

Вплив біорізноманіття на якість життя людини.

Природне середовище складає основу життя людини, а біорізноманіття є однією з найважливіших його характеристик.

Практична цінність. Біорізноманіття є невичерпним джерелом біологічних ресурсів корисних для людини, необхідних для створення матеріальних благ та розвитку людства (рис. 28), а саме:

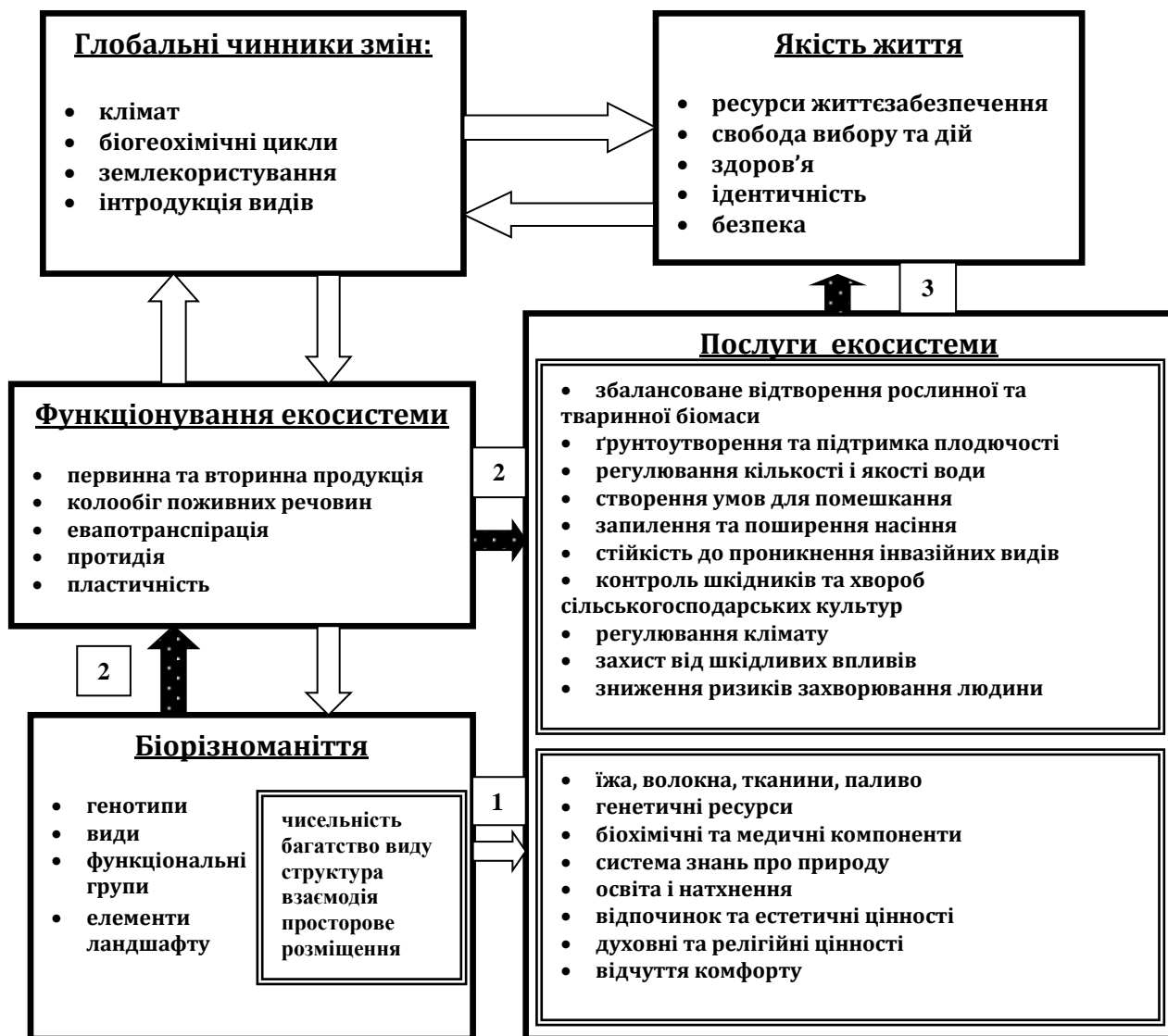


Рис. 28. Вплив біорізноманіття на якість життя людини
(за А.К. Бродським, 2012)

Примітка. 1 – біорізноманіття у забезпеченні життя людини;
2 – вплив біорізноманіття на функціонування екосистеми;
3 – залежність якості життя від послуг екосистеми

- **продукти харчування.** Мікроорганізми різноманітних екосистем сприяють прогресу в області виробництва продуктів харчування;
 - **волокна для виготовлення одяжі** (наприклад, льон, бавовна, бамбук);
 - **будівельні матеріали** (наприклад, каміння, деревина);
 - **фарбники;**

- **ліки.** Потенційно будь-який вид може мати комерційну цінність і бути використаним у медицині. Близько 40 % всіх застосовуваних у медицині наркотичних речовин отримані із дикоростучих рослин;

- **біологічна боротьба зі шкідниками сільськогосподарських культур;**

- **джерело інформації для освітньої та наукової діяльності.** Розуміння механізмів та закономірностей еволюції залежать від знання про різноманітність органічного світу, складають основу природничих наук;

- **рекреаційна діяльність.** Наприклад, Мексика та Антильські острови є місцями масового туризму, що пов'язано з міграцією на зимівлю метеликів-монархів;

- **естетична цінність** біорізноманіття полягає у формуванні позитивних емоцій та натхнення у людини. Спостерігаючи за окремими ландшафтами, рослинами, тваринами людина задовольняє органічну потребу і об'єктивно покращує якість життя. Естетичне задоволення людина черпає у піших прогулянках, спортивному рибальстві та полюванні тощо;

- **етична цінність** полягає у збереженні кожного виду, незалежно від його економічної цінності. Лише людині притаманна моральна турбота про збереження інших видів або ділянок дикої природи та перевага над його біологічними інтересами.

Аргументами етичного плану є наступні:

1. Право кожного виду на існування.
2. Взаємозалежність усіх видів.
3. Відповідальність перед майбутніми поколіннями.
4. Співвідношення людини і біологічного різноманіття.
5. Духовна та етична цінність природи, що перевищує її економічну цінність.

6. Необхідність біорізноманіття для визначення походження життя.

Причини скорочення біорізноманіття.

Жодному з видів існуючих на Землі не може бути гарантовано вічне існування. За результатами палеонтологічних досліджень встановлено вісім масових вимирань видів. Деякі з учених вважають, що сьогодні планета переживає чергове масове вимирання, основною причиною якого є діяльність людини.

Перший вагомий вплив людини на природу був пов'язаний з переходом в палеоліті до загонно-облавного мисливства, що дало змогу вбивати тварин, значно більших за розміром і вирішувати проблему харчування. Саме тоді було знищено такі види як мамонти, печерний лев, печерний ведмідь, зубри та інші. Винахід лука і стріл в мезоліті дозволило розширити перелік промислових видів, жертвою якого став вид морська корова, ареал якого поширювався на узбережжя Америки та Алеутських островів.

Найбільші екологічні наслідки періоду неоліту мали території теперішньої пустелі Сахара, через надмірне випасання стад великої і дрібної рогатої худоби, а також кліматичні зміни.

Найпомітнішою є швидкість, з якою зникають рослини і тварини.

Фактори загрози – це причини, що призводять до скорочення біорізноманіття.

Серед факторів загрози найвагомими є:

- **надмірна експлуатація природних ресурсів.** Наприклад, число видів черепах, яким загрожує зникнення в Азії збільшилося з 10 до 25 видів за останні 20 років і пов'язано з їх використанням в їжу та у китайській медицині;

- **втрата місцеіснування** пов'язана з непередуманим просторовим плануванням в процесі урбанізації, фермерською діяльністю, видобутком

корисних копалин та ін. Окрім повного знищення місцезнаходження доволі небезпечними для виду є їх зменшення та фрагментація ареалу;

- **забруднення.** Наприклад, лікарський засіб – диклофенак, який широко використовують в медичній і ветеринарній практиці. Зокрема, в Індії ним обробляли домашніх тварин, а після їхньої смерті трупи споживали грифи роду *Gyps*, що призвело до зникнення 95 % популяції птахів.

Інший приклад пов'язаний з кислотними дощами, які випадаючи на ліс призводить до зменшення хвойності, розрідженості крон, збіднення трав'янисто-кущового ярусу, і як наслідок – підвищення температури повітря. Такі зміни ведуть до зниження стійкості дерев до шкідників, при цьому їх кількість зростає. Водночас, за надмірного забруднення шкідники гинуть залишаючись на хвоїнках та пришвидшують загибель лісу;

- **вселення чужорідних (інвазивних) видів.** Наприклад, колорадський жук поступово поширився на більшу територію Європи лише за 30 років. Баластні води суден, які виливались у Балтійське море стали причиною вселення понад 20-ти чужорідних видів гідробіонтів. Непередбачуваність наслідків такого вселення отримало назву «екологічна рулетка».

Фактором ризику є особливість виду, що робить його чутливим відносно фактора загрози.

Біорізноманіття може скорочуватись за рахунок:

- **вимирання видів або їх локального зникнення** окремих популяцій на певній території. Передчасне вимирання видів в результаті людської діяльності зумовлює незворотні зміни еволюційного процесу та видоутворення, оскільки зникають предмети подальшої еволюції. Зникнення понад 70 % видів птахів пов'язують з сільськогосподарською діяльністю, близько 60 % – лісгосподарською. В ХХ ст. масове вирубування лісів в країнах Скандинавії та Балтії призвело до скорочення ареалу білоспинного дятла, який нині опинився на межі зникнення.

Розвиток сучасних технологій та руйнування природних екосистем відбувається зі швидкістю, що значно перевищує здатність видів адаптуватись до нових умов.

В 90-х роках минулого століття кількість сивучів (вухасті морські леви) різко зменшилась через їх відстріл рибачами, які вважали тварин головними винуватцями скорочення уловів. Громадськими організаціями були організовані і запроваджені широкомасштабні програми, які розповідали рибачам про помилковість їх судження. Результатом просвітницької діяльності було зростання популяції сивучів до 70 тис., порівняно з 1997 р. – 34 тисячі осіб.

У виживанні виду чи популяції вагоме значення мають її розмір та ареал. Малим популяціям може загрозувати швидке скорочення чисельності й локальне зникнення, причинами яких є дрейф генів (родинне схрещування через втрату генетичного різноманіття), коливання чисельності та флуктуація чисельності (тиск хижаків, хвороби, природні катастрофи). Чим менша за розміром популяція, тим вона більш чутлива до чинників, що ведуть до **«водовороту вимирання»**. На певному етапі, наприклад, за мінімального розміру популяції, який специфічний для кожного виду, вступає в дію позитивний зворотний зв'язок, після чого вимирання популяції стає невідворотнім;

- **існування в нестійкому середовищі та спрощення екосистем.**

Понад 80 % промислового виробництва продуктів рослинного походження базується лише на 5-ти видах культур: пшениця, рис, соя, кукурудза і цукрова тростина.

Порівнюючи розподілення рідкісних та зникаючих видів в різних типах екосистем, встановлено, що найвищі показники в наземно-повітряному середовищі існування, так звані **«гарячі точки»**, а найменші – в прісноводних екосистемах.

«Гарячі точки» – це явище протилежне «краєвому ефекту», яке характеризує території з мінімальною щільністю популяцій.

Переважно «гарячими точками» є острови, гірські райони тощо, де ендемічні, невеликі за розміром популяції є найчутливішими до зникнення та впливу стрес-факторів. *Наприклад, на острові Куба рівень ендемізму складає 54 %, о. Мадагаскар – 72 %, Нова Зеландія та Австралія – понад 90 %. Водночас, починаючи з XXI ст. було зареєстровано порівняно однакову кількість вимерлих видів на островах та континентах, що пов'язують з потужним антропогенним пресом;*

• **місце виду в трофічному ланцюгу.** Розподіл особин в трофічних ланцюгах залежить від двох взаємопов'язаних чинників:

1. В будь-якій екосистемі дрібні за розміром тварини чисельно перевищують великих і розмножуються швидше;

2. Для будь-якого хижака існують межі (від max до min) розмірів їх жертви. Це пояснює закономірне збільшення розмірів тіла представників виду на вищих рівнях екологічної піраміди та падіння чисельності їх популяцій, а еволюційно вироблена складна трофічна поведінка зумовлює вузьку харчову спеціалізацію (монофагію) і вагому залежність від чисельності популяції жертви. Такі види мають розірваний ареал, стації популяцій великі за розмірами й пов'язані з кормовою територією, здатною забезпечити їх виживання. Тож, в першу чергу зникають види, що знаходяться на вершині екологічних пірамід – спеціалізовані хижаки.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Дайте визначення поняттю біорізноманіття та його типам.*
- 2. Перерахуйте рівні біорізноманіття та їх співвідношення з рівнями організації живої матерії.*
- 3. Дайте пояснення основним закономірностям видового різноманіття.*

4. *Як спеціалізація у харчуванні видів пов'язана із підтриманням структури угруповань?*
5. *В чому полягають практична, етична та естетична цінності біорізноманіття?*
6. *Наведіть приклади послуг, що надаються екосистемами.*
7. *В чому полягають загрози пов'язані зі зниження біорізноманіття для якості життя людини?*
8. *Причини скорочення біорізноманіття.*

ТЕМА 3.3. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Ключові поняття та терміни: Державні стратегії охорони навколишнього природного середовища, ландшафти, природно-заповідний фонд, Червона і Зелена книги, екологічна мережа, екологічний коридор, буферна зона, біоцентри, Міжнародний біосферний заповідник, природний заповідник, заказник, збереження видів, інтродукція, реінтродукція

Державні стратегії охорони навколишнього природного середовища.

Попередній досвід в багатьох країнах світу довів, що єдино вірною стратегією охорони природи є активне залучення до процесу всіх соціальних груп. Збереження різноманіття є однією із найважливіших проблем людства, і вирішення цієї проблеми необхідно шукати на різних рівнях, починаючи з індивідуального та завершуючи міжнародним.

Державні стратегії та плани дій базуються на системі, яка послідовно включає в себе:

1. Інформованість про процеси, що відбуваються природі, масштаби загрози, її аналіз та наслідки для біорізноманіття. Цим займаються фахівці різних галузей в рамках дослідницьких програм, основними напрямками яких є:

- інвентаризація біотопів з визначенням ключових видів;
- оцінка стану та моніторинг рідкісних видів та видів, що знаходяться під загрозою зникнення;
- картування наземних і водних екосистем.

Останнім часом набули вагомості молекулярні та генетичні методи дослідження, які дозволяють встановити еволюцію різних біологічних

груп, хід історичного розвитку виду, ступінь його чутливості до змін у середовищі життя.

2. Участь громадськості у збереженні біорізноманіття.

Спеціалісти в галузі збереження біорізноманіття зобов'язані не лише поширювати знання, а й приймати активну участь у вирішенні конкретних проблем. Підготовка екологів-практиків ґрунтується на базовій біологічній освіті з акцентом на спеціальні дисципліни: генетичне різноманіття, екологія видів, різноманіття екосистем та ландшафтів, а також глибокі знання у сфері охорони навколишнього середовища і заповідній справі.

Успішне вирішення проблем збереження біорізноманіття неможливе без підтримки місцевого населення, активної позиції та зацікавленості кожного. Для цього потрібно проводити еколого-просвітницьку роботу за участі освітніх закладів, засобів масової інформації, робітників культури, залучати соціальну рекламу. Першочерговим у такій роботі є доступність екологічної інформації, чому сприяє ефективна робота громадських організацій, професійних експертних груп і благодійних фондів.

3. Червона та Зелена книги. Створення Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів (МСОП) у 1948 р. започаткувало роботу по охороні живої природи, яку виконують державні, наукові та громадські організації різних країн. Першим її рішенням було створення Комісії по виживанню видів, основним завданням якої визначено вивчення стану рідкісних видів рослин і тварин та таких, що знаходяться на межі зникнення, створення кадастрів тваринного й рослинного світу, розробка рекомендацій по їх охороні. Результати таких досліджень покладено в основу створення Червоного списку та Червоної книги.

ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ містить дані про стан і розповсюдження рідкісних видів тварин та рослин і тих, що знаходяться під загрозою зникнення.

В основу Червоної книги України (1992) покладено наступні категорії природоохоронного статусу виду:

- **зниклі види**, про існування яких у дикій природі відсутня будь-яка інформація (*наприклад, зубр, кінь дикий*);

- **зникаючі види**, збереження яких мало ймовірно (*наприклад, ковила закарпатська, тюльпан скіфський, ведмідь бурий, лосось дунайський*);

- **вразливі види**, які в майбутньому можуть бути віднесені до категорії зникаючих, якщо не призупинити вплив на них негативних чинників (*наприклад, ряска гірська, бузок угорський, карась звичайний, кіт лісовий*);

- **рідкісні види**, популяції яких мало чисельні (*наприклад, ясен білоцвітий, синиця біла, рись*);

- **невизначені (неоцінені) види**, недостатня інформація про які не дозволяє їх віднести до однієї з вище перерахованих категорій (*наприклад, ковила українська, підсніжник білосніжний, жайворонок сірий, дельфін звичайний, видра річкова*);

- **недостатньо відомі види**, про які відсутня достовірна інформація (*наприклад, чебрець кальміуський, сова довгохвоста*);

- **відновлені види**, чисельність популяцій та поширення яких під впливом природних чинників або вжитих охоронних заходів почало відновлюватися, але вимагає постійного контролю (*наприклад, зубр*). Така категорія у виданні 2009 р. не була визначена.

Зелена книга, яку запроваджено у ряді країн, зокрема, з 1997 р. в Україні, **включає типові природні рослинні угруповання, які перебувають під загрозою зникнення і підлягають охороні.**

Виділяють наступні категорії Зеленої книги України:

- **унікальні раритетні угруповання**, види-домінанти яких занесені до Червоної книги і знаходяться під загрозою зникнення (*наприклад,*

угруповання букових лісів з домінуванням барвінку малого, угруповання формації ковили української);

- **угруповання з рідкісним типом асоційованості домінуючих видів**, у яких домінант або співдомінант знаходяться під охороною (наприклад, балкансько-буковий ліс тисовий, угруповання сріблясто липових лісів);

- **угруповання, що знаходяться на межі ареалу**, стали рідкісними внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів і мають тенденцію до зменшення площ місцезростань;

- **типові угруповання**, що зберегли особливості своєї структури, стали рідкісними внаслідок впливу антропогенних чинників і знаходяться під загрозою зникнення при подальшій дії несприятливих факторів (наприклад, праліси).

4. Екологічна мережа. Найефективнішою формою збереження біорізноманіття є організація охоронних територій з різним ступенем охорони.

Перші екологічні мережі у Європі були створені у Литві та Естонії на початку 70-х років ХХ століття. До 2004 р. створена мережа охоронних територій «Натура 2000», що охоплює весь європейський простір. В рамках програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» створена глобальна мережа біосферних заповідників, до якої входять 563 заповідника у 110-ти країнах світу.

Закон України „Про екологічну мережу” вперше був опублікований в 1992 році. Створення Національної екомережі України здійснюється відповідно до Закону України 2000 р. „Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки”, в рамках якої передбачено створення 29-ти національних природних парків, 7-ми біосферних заповідників та розширено межі деяких із них.

Площа природно-заповідного фонду України має розширитися більш ніж удвічі та досягти 10 % від площі держави.

ЕКОЛОГІЧНА МЕРЕЖА – це єдина територіальна система, яка утворюється з метою:

- *поліпшення умов для формування та відновлення довкілля;*
- *підвищення природно-ресурсного потенціалу території;*
- *збереження ландшафтного біорізноманіття;*
- *охорона місць оселення та зростання цінних видів тваринного і рослинного світу, генетичного фонду, шляхів міграції тварин*

через поєднання територій та об'єктів природно-заповідного Фонду, а також інших територій, які мають особливу цінність для охорони навколишнього природного середовища і, відповідно до законів та міжнародних зобов'язань України, підлягають особливій охороні.

До природних осередків екомережі відносяться природоохоронні чи природно-заповідні території (біосферні та природні заповідники, заповідні зони національних природних парків), буферні зони, екологічні коридори і відновлювальні території (Додаток, рис. 10).

Критеріями віднесення до екомережі тієї чи іншої території слугують такі показники як:

- видове різноманіття;
- наявність рідкісних видів;
- місця масового розмноження рослин і тварин;
- можливість використання території для рекреації;
- гідрологічні характеристики тощо.

Особливої уваги потребують **екологічні (біологічні) коридори**, котрі поєднують фрагменти екосистем в межах екологічної мережі, що використовуються видами для міграції та колонізації нових територій, тим самим підтримуючи високий рівень біорізноманіття.

На території України виділяють такі національні екокоридори: Поліський, Галицько-Слобожанський, Степовий, Прибережноморський, Сиваський Передгірний, Західний та Східний приморські екокоридори та ін., які можуть бути довготними — їх спрямованість збігається з напрямком головних річок України та широтними (від 8–10 до 25–30 км). Для забезпечення міграційних потоків ратичних тварин ширина екокоридору може становити лише 1–2 км у лісових екосистемах і 3–5 км — на відкритих територіях.

Буферна зона екокоридору забезпечує поступовий перехід від заповідних територій до сільгоспугідь та убезпечує від негативного впливу екологічних чинників.

Екокоридори сполучають між собою **природні ядра або біоцентри**, де зберігаються найцінніші для певного регіону компоненти ландшафтного і біорізноманіття. Їх площа становить не менше 5–10 тис. га. та може сягати понад 200 тис. га.

Так, Українські Карпати займають особливе стратегічне положення і відіграють надзвичайно важливу екологічну, економічну та соціальну роль, мають важливе загальнокліматичне значення для Центральної і Південної Європи. Саме тут збереглися найбільші в Європі площі букових пралісів, для яких характерно біорізноманіття різних центрів походження, зокрема, понад 12 % ендемічних видів.

Відновлювальні території – це порушені ділянки, що зазнали негативного впливу антропогенних процесів та стихійних явищ, до яких застосовують заходи для відновлення їх до первинного стану.

Ландшафти та їх охорона.

Ландшафт — це генетично обумовлена частина території, яка характеризується однорідністю в зональному та азональному відношенні, а також володіє індивідуальною структурою і морфологічною будовою. Термін «ландшафт» близький до терміну «біогеоценоз», проте ландшафт є більш широким поняттям.

За характером розповсюдження, ландшафти прийнято поділяти на *зональні, інтразональні, екстразональні та азональні.*

Зональні ландшафти є типовими для певної географічної зони, *(наприклад, для лісової зони — лісові ландшафти).*

Інтразональні ландшафти не мають характерної зони вони є немов би вкраплені в типові ландшафтні зони *(наприклад, в лісовій зоні - це сфагнові болотисті ділянки тощо).*

Екстразональними називають зональні ландшафти, які знаходяться в другій (нехарактерній) зоні *(наприклад, ділянка степу в лісовій зоні або навпаки тощо).*

Азональні ландшафти не пов'язані з певною зоною і зустрічаються, за наявності відповідних умов, в різних зонах *(наприклад, луки, низинні болота тощо).*

Вплив господарської діяльності людини зумовлює зміну структури і функціонування ландшафтних комплексів в цілому та формування антропогенних ландшафтів — міста та селища, промислові центри, водосховища, кар'єри, терикони, агротехнічні ділянки тощо.

В більшості країн світу практично не збереглося реліктових ландшафтів, які б не зазнали впливу діяльності людини. *Так, в країнах Західної Європи на частку реліктових ландшафтів припадає до 4 % території цих країн, в США — до 5 %, і лише в країнах Південної Америки та деяких країнах Африки — до 40 %.* На антропогенних ландшафтах,

порівняно з природними, значно змінені біологічні колообіги речовин, водно-температурний баланс, видове багатство біоценозів тощо.

Типізацією антропогенних ландшафтів за ступенем і характером перетворення природних компонентів 4 категорії виділено:

I – штучні (*населені пункти, промислові центри, дороги, гірничі розробки, водосховища тощо*);

II – перетворені або окультурені (*поля, насіяні луки, насадження багаторічних культур, лісонасадження, сади, рекреаційні зони тощо*);

III – порушені (*чагарники, вторинні збіднені ліси та луки, річкові долини тощо*);

IV – малозмінені природні (*заповідні території, ліси, луки тощо*).

Охорона ландшафтів є складним завданням, що вимагає знання екологічних закономірностей та значних капіталовкладень. Вона має ряд специфічних форм, які можна об'єднати в три групи:

- повна охорона ландшафтів, як комплексів біогеоценозів;
- часткова охорона природних об'єктів за можливості збереження цілісності або зовнішнього вигляду ландшафту;
- створення і підтримання оптимальних антропогенних ландшафтів.

Природно-заповідний фонд України.

Природно-заповідний фонд включає території, які знаходять під різними режимами охорони, ступенем антропогенного впливу на природні процеси та різні за величиною є власністю народу. Для збереження найбільших, еталонних та унікальних ділянок природи створюються заповідники і національні парки, які мають строгий режим охорони. Для різних країн є специфічні особливості заповідних територій та їх кількості (рис. 29). Наприклад у Фінляндії охороняють багато невеликих ділянок, переважно приватної власності, в той час як у Російській Федерації більшість охоронних територій перевищує 100 км².

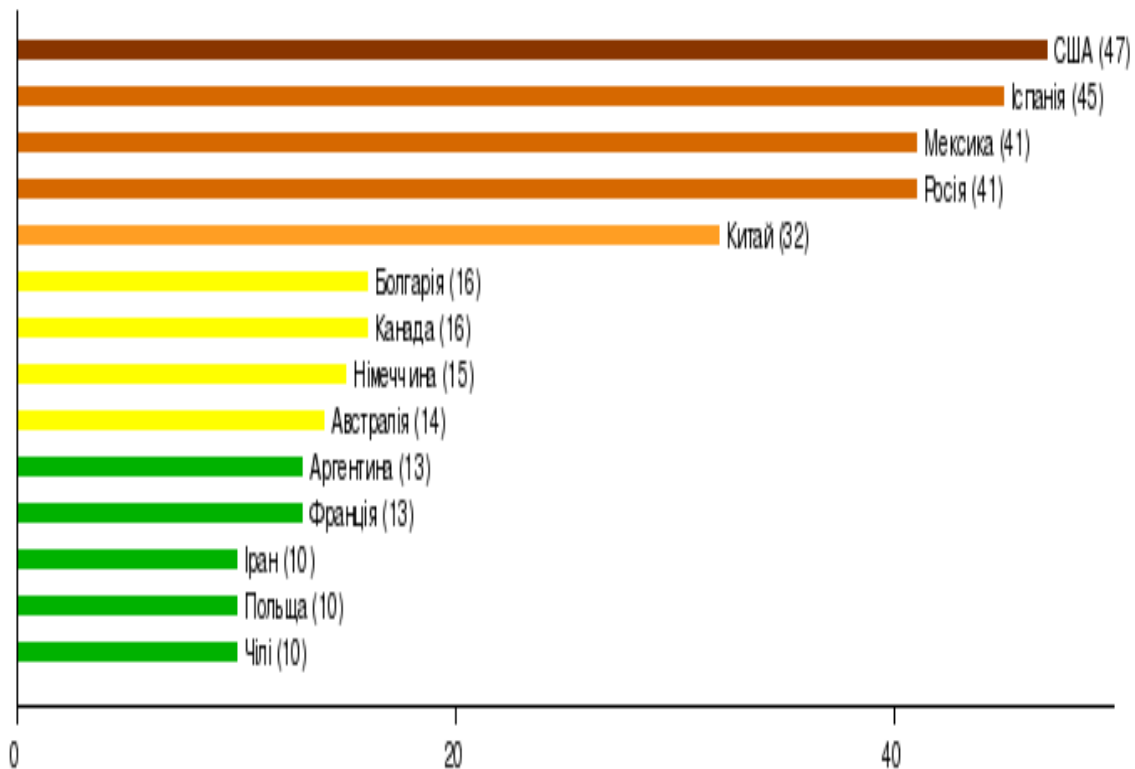


Рис. 29. Чисельність заповідників у країнах світу

Організація та функціонування природно-заповідних територій здійснюється відповідно до Закону України “Про природно-заповідний фонд України”.

Визначають наступні категорії заповідних територій:

- **міжнародні біосферні заповідники** — це природоохоронні, науково-дослідні установи міжнародного значення, що створюються з метою збереження в природному стані найбільш типових природних комплексів біосфери, здійснення фонового екологічного моніторингу, вивчення навколишнього природного середовища та його змін під впливом антропогенних факторів. У світі їх налічується 563 у 110 країнах, серед яких найвідомішими є Сенергетті (Танзанія), Галапагоські острови (Еквадор), Біловежська-Пуца (Польща-Білорусь). В Україні функціонує чотири біосферні заповідники: «Асканія-Нова», Карпатський, Дунайський та

Чорноморський, які мають найвищий рівень заповідання, загальною площею 222,5 тис. га.

Для біосферних заповідників установлюється диференційний режим охорони, відтворення і використання природних комплексів згідно з функціональним зонуванням:

- *заповідна зона* — включає території, призначені для збереження і відновлення найбільш цінних природних та мінімально порушених антропогенними факторами природних комплексів, генофонду рослинного і тваринного світу; її режим визначається відповідно до вимог, встановлених для природних заповідників;

- *буферна зона* — включає території, виділені з метою запобігання негативного впливу на заповідну зону господарської діяльності на прилеглих територіях;

- *зона антропогенних ландшафтів* — включає території традиційного землекористування, лісокористування, водокористування, місць поселення, рекреації та інших видів господарської діяльності.

В межах території біосферних заповідників можуть виділятися зони регульованого заповідного режиму.

- ***природні заповідники*** — це природоохоронні, науково-дослідні установи загальнодержавного значення, що створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних для даної ландшафтної зони природних комплексів з усією сукупністю їх компонентів; вивчення природних процесів і явищ, що відбуваються в них; розробки наукових засад охорони навколишнього природного середовища; ефективного використання природних ресурсів та екологічної безпеки. В Україні налічують 17 природних заповідників: Горгани, Медобори, Єланецький степ, Канівський, Поліський та ін.;

- ***національні природні парки*** — є природоохоронними, рекреаційними, культурно-освітніми, науково-дослідними установами

загальнодержавного значення, що створюються з метою збереження, відтворення і ефективного використання природних комплексів та об'єктів, які мають особливу природоохоронну, оздоровчу, історико-культурну, наукову, освітню та естетичну цінність. *На території України налічують 12 національних природних парків: Синевир, Ужанський, Святі гори, Подільські Товтри, Гуцульщина, Вижницький, Шацький та ін.;*

- **регіональні ландшафтні парки** є природоохоронними рекреаційними установами місцевого чи регіонального значення, що створюються з метою збереження в природному стані типових або унікальних природних комплексів та об'єктів, а також забезпечення умов для організованого відпочинку населення;

- **заказники** слугують для збереження і відтворення природних комплексів чи їх окремих компонентів, на території яких забороняються певні види господарської діяльності (*вирубубання лісу, відлов риби та ін.*). Заказники створюють для збільшення кількості або відновлення промислових тварин, забезпечення сприятливих умов для птахів, охорони місць нересту риб. Залежно від основної мети створення заказники поділяють на: мисливські, іхтіологічні, орнітологічні, ландшафтні, лісові. *Заказники, яких в Україні нараховується 2595, займають площу 1067,4 тис. га, можуть бути загальнодержавного і місцевого значення;*

- **пам'ятки природи** – це окремі унікальні природні утворення, що мають особливе природоохоронне, наукове, естетичне, пізнавальне і культурне значення. Це можуть бути печери, скелі, водоспади, дуже старі дерева (*наприклад, Червоноградський водоспад на річці Джурин у Тернопільській області*);

- **заповідними урочищами** оголошуються лісові, степові, болотні та інші відокремлені цілісні ландшафти, що мають важливе наукове, природоохоронне і естетичне значення, з метою збереження їх у природному стані.

Крім того, **ботанічні та зоологічні сади, дендрологічні парки** створюються з метою збереження і вивчення у спеціальних умовах різноманітних видів, угруповань та ефективно використовуються з науковою, культурною, рекреаційною метою.

Цікавою ідеєю стало створення на початку в другій половині ХХ-го століття **біблійних ботанічних садів і парків** у різних куточках світу («Гефсиманський сад», Ізраїль; м. Бартон, Австралія; сад «Родеш Шалом», США; «Райський сад» у Чеській Республіці та ін.) (Додаток, рис. 11). На цих територіях репрезентовано рослини, згадувані у Біблії, використовувані у релігійних обрядах, культових ритуалах, види які збереглися до наших днів наповнюють вивчення Святого Письма реалістичністю. Пізніше ідеї біблійного саду піднімали співробітники Львівського національного університету імені Івана Франка, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Охорона і відновлення середовища життя та видів, що знаходяться під загрозою зникнення.

Незважаючи на значні території, що знаходяться під охороною, ареали багатьох зникаючих видів знаходяться поза їх межею. Такі види, переважно, ендемічних ссавців, птахів, амфібій називають **ген-видами**, а їх збереження залежить від цілеспрямованих специфічних заходів. Існуючі заходи з охорони таких видів (внесення до Червоної книги, заборона добування, обмеження міжнародної торгівлі та ін.) часто є пасивними і малоефективними, що в окремих випадках є недостатніми.

До активних заходів по збереженню видів відносять:

- **біотехнологічні заходи:** створення спеціальних пристроїв, які попереджають загибель тварин на лініях електропередач, при сільськогосподарських роботах, підгодівля, розведення в неволі тощо;

- **управління територією** відповідно до концепції сталого розвитку. Доволі часто реєструють випадки коли повне виключення впливу людини на природні процеси не приносило бажаного результату – це збереження виду чи відновлення популяції. Так, наприклад, відмова від регулювання чисельності хижаків інколи супроводжується непередбачуваними коливаннями чисельності популяції жертви або поширенням хвороб. Однак, втручання у природні процеси повинно здійснюватися виважено, обережно та ґрунтуватися на глибокому знанні особливостей функціонування конкретної екосистеми, тобто управління територією відповідно до концепції сталого розвитку.

Для створення нових популяцій використовують такі підходи як:

- **реінтродукція** – це створення популяції в її природному середовищі існування шляхом випускання у історичний ареал виду виловленого або народженого у неволі;

- **інтродукція** – це створення нових популяцій, що доцільно у випадку руйнування природних історичних ареалів видів рослин і тварин;

- збільшення чисельності популяції шляхом **випускання особин, попередньо виловлених у інших стаціях або вирощених у неволі**;

- **відтворення популяцій у штучному середовищі під контролем людини** є надійним заходом збереження останніх представників виду. Така стратегія носить назву *in situ* і дозволяє зберегти генофонд видів повністю вимерлих у дикій природі. Екстремальним випадком реанімації видів тварин є вольєрне розведення на спеціальних фермах та у зоопарках (наприклад, олені Давіда, дерево Франкліна, зубр, кінь Пржевальського). Деякі види важко розводити у неволі (наприклад, носоріг), тому для них більш прийнятною, хоча й більш затратною є стратегія *ex situ* – збереження видів у національних парках.

Вагома роль у справі збереження біорізноманіття належить міжнародним екологічним організаціям. З них найвідомішими є :

- Всесвітній фонд дикої природи (WWF – *World Wildlife Fund*), створений у 1961 р.;

- Грінпіс — міжнародна природоохоронна організація, заснована в Канаді у 1971 р.

- Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП), створений за ініціативою ЮНЕСКО у 1948 р. та ін.

Основною метою цих організацій є привернення уваги громадськості та влади до проблеми охорони навколишнього природного середовища і їх вирішення, розробка та реалізація екологічних проектів, наукове консультування держав, розробка й поширення нових наукових і технічних досягнень, пропагування екологічних знань та ідей охорони довкілля.

В Йоханезбурзі у 2002 р. світовими лідерами було поставлено мету до 2010 р. досягти суттєвого скорочення темпів втрати біорізноманіття. Завдання виконати не вдалося через недостатність уваги до першопричин негативних змін біорізноманіття, якими визначено зростаючу потребу населення у природних ресурсах, збільшення території угідь пов'язаних з сільськогосподарським і промисловим виробництвом, їх забруднення, спрощення структурно-функціональної організації екосистем. Робота по збереженню біорізноманіття визначена в доповіді «Глобальна перспектива в області біорізноманіття» і полягає в комплексному розгляді поставлених завдань з такими соціальними проблемами як боротьба з бідністю, покращення здоров'я населення, забезпечення процвітання і безпеки нинішнього та майбутнього поколінь.

Запитання для самоперевірки:

1. *Якими знаннями повинні володіти майбутні фахівці-екологи для кваліфікованого вирішення питань збереження біорізноманіття?*

2. Дайте визначення поняттю екомережа та її структурним елементам.
3. Які категорії заповідних територій України Ви знаєте і чим вони різняться між собою?
4. Яким категоріям видів Червоної книги приділяється особлива увага?
5. Які підходи використовують для створення нових та збільшення чисельності існуючих популяцій рослин і тварин?
6. Назвіть основні засади управління територією відповідно до концепції сталого розвитку.
7. В чому причина низької ефективності міжнародних програм по зниженню темпів скорочення біорізноманіття?
8. На які типи поділяють природні та антропогенні ландшафти?
9. Яка роль громадських міжнародних організацій у збереженні біорізноманіття?

ТЕМА 3.4. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Ключові поняття та терміни: водні ресурси, водоемність виробництва, прямоточні та оборотні системи, забруднення гідросфери, атмосферні води, промислові й комунально-побутові стічні води, охорона вод Світового океану та підземних вод

Водні ресурси планети.

Гідросфера або водяна оболонка Землі включає води Світового океану (моря й океани), водні об'єкти суходолу (річки, озера й підземні води) і льодовики.

Серед природних ресурсів вода займає найвагоміше місце. Упродовж геологічної історії вона стала середовищем для виникнення всього живого на планеті. Запаси води на Землі (об'єм біосфери) за сучасними підрахунками становлять близько 14 млрд. км³. Понад 96 % із цього об'єму припадає на солоні води Світового океану. Запаси прісної води невеликі, близько 2 %, але вони постійно відновлюються. З урахуванням частини підземних вод вони становлять близько 35 млн. км³, а 85 % її запасів сконцентровано в льодових Антарктиди, Гренландії і на гірських вершинах.

Колообіг води забезпечується у результаті випаровування гігантських обсягів води, що сягає 525 тис. км³ на рік. Понад 86 % цього об'єму приходить на солоні води Світового океану і внутрішніх морів (Каспійського, Аральського), а решта випаровується на суші, переважно завдяки транспірації вологи рослинами. Частина вологи повертається знову у океан з опадами, а частина переноситься вітрами на сушу і живить ріки й озера, льодовики та підземні води. Природний дистилятор існує завдяки енергії Сонця (близько 20 %).

Найбільше практичне значення для людства мають світові запаси прісної води, з яких близько 30 % – підземні (*води джерел, артезіанських колодязів, гейзерів, копалень*).

Потреба людини у воді постійно зростає, особливо в мегаполісах, і сьогодні у економічно розвинених країнах витрати води на добу для однієї людини сягають 200-800 л (Нью-Йорк – 600 л, Париж – 500 л, Москва – 400 л, Київ – 333 л, Лондон – 263 л), в той час як в деяких країнах Центральної Африки та Близького Сходу цей показник становить лише 10-15 л/добу. Близько 5 л води щодня витрачають на потреби особистої гігієни, 40-50 л – на побутові потреби, у сільській місцевості щоденні витрати сягають понад 100 л, а для промислових цілей і поливного землеробства – 400-500 л.

Відносно господарського використання водні ресурси поділяють на:

- **споживачів**, які забирають воду з джерела водопостачання, використовують її для виготовлення продукції, а потім повертають, але вже в меншій кількості й іншої якості;
- **користувачів**, які використовують її як середовище (*водний транспорт, рибальство, спорт та ін.*);
- **джерело енергії (ГЕС)**.

Світова промисловість використовує близько 20 % води, споживаної людством. Залежно від типу виробництва і системи водопостачання розділяють:

- **прямоточні системи** води, які надходять з джерела на промисловий об'єкт, використовуються в процесі виготовлення продукції, потім піддаються очищенню й після цього скидаються у водостік чи водойму;
- **оборотні системи** використовують набагато менше води, коли відпрацьований ресурс знову задіяний у процесі виробництва. *Наприклад, ТЕС потужністю 1 млн. кВт у разі прямого водопостачання (для*

охолодження агрегатів) споживає 1,5 км³ води щорічно, а за оборотної системи — лише 0,12 км³, тобто в 13 разів менше.

Водоємністю виробництва називають кількість води (м³) необхідної для виробництва 1 т продукції. Цей показник коливається в широкому діапазоні. До найбільших споживачів води належать атомні електростанції, підприємства хімічної промисловості та сільське господарство (понад 70 % загального використання води). Так, для вирощування зернових культур витрати води становлять 1500-3500 м³/га, для цукрового буряку — 2500-6000 м³/га, для рису — 8000-15000 м³/га, водночас, від 20 до 60 % води безповоротно втрачається (випаровується), а решта повертається назад у водойми у вигляді, так званих, поворотних вод, сильно забруднених солями. Близько 15 % загальної площі зрошуваних сільськогосподарських угідь дають понад 50 % усієї продукції.

Водопостачання населення (близько 10 % усієї споживаної людством води) задовольняє потреби в питній воді й комунально-побутовій сфері: робота підприємств побутового обслуговування, поливання вулиць і зелених насаджень, протипожежні заходи тощо.

Забруднення гідросфери.

В результаті антропогенної діяльності в гідросфері відбуваються кількісні (зменшення кількості води придатної для використання) та якісні (забруднення) зміни. До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, великі тваринницькі комплекси, гірничорудна промисловість.

В Україні лише 70 % населення забезпечено водою із системи централізованого водопостачання, решта – переважно мешканці сіл користуються привізною водою або криницями. Системи централізованого водопостачання переважно наповнюють з поверхневих джерел, в той час як використання підземних вод у комунальному

господарстві складає близько 30 % і має тенденцію до скорочення. Артезіанські підземні води є важливим джерелом питної води, яку використовують лише у 16 % від загальної кількості.

Через брак чи надлишок у воді певних мікроелементів, незбалансованість за вмістом хімічних чинників можуть виникати різні патології у людей. *Наприклад, у ґрунтових водах карпатського регіону дефіцит йоду, кальцію та фтору зумовлює ендемічні хвороби карієс, ендемічний зуб, тромбофлебічний артрит, розвиток остеопорозу та ін.*

Кількісні зміни гідросфери. Під виснаженням вод розуміють надмірне скорочення їхніх запасів в межах певної території (для підземних вод) або зменшення мінімально допустимого стоку (для поверхневих вод).

Виснаження підземних вод виникає в результаті інтенсивного водозабору, а також значного водовідведення при будівництві шахт та кар'єрів. Наслідками таких процесів є осушення джерел, річок, зниження рівня підземних вод, опустелювання територій, знищення флори та фауни.

Виснаження поверхневих вод відбувається через відведення води з річок та інших водних об'єктів з метою зрошення, для задоволення комунально-побутових потреб і промислового виробництва. Найбільша загроза виснаження існує для невеликих річок.

Якісні зміни гідросфери. Забруднення води – це внесення або виникнення в ній нових, не властивих їй шкідливих хімічних, фізичних та біологічних агентів. Воно проявляється у зміні органолептичних, фізико-хімічних властивостей, появі радіоактивних елементів, патогенних мікроорганізмів та інших забруднювачів.

Забруднення може бути природним (внаслідок виверження вулканів, водяної та вітрової ерозії, засолення прісних вод та ін.) і антропогенним.

В Китаї вода у 40 % річок вважається дуже забрудненою, а також щорічно в країні реєструють близько 1700 аварій, внаслідок яких токсичні

відходи потрапляють у водойми. Це ціна, яку Китай платить за право називатись найбільшим експортером світу.

Найпоширенішим методом боротьби з ожеледицею в Україні є технічна сіль і в сніжні зими на дороги її висипають близько 35 тис тон. Сніг на київських вулицях, не враховуючи воду, містить 40 % NaCl з піском, 60 % хімічних речовин промислових відходів та продукти вихлопів автомобілів, що осіли. Вміст феруму в пробах снігу перевищує ГДК на понад 50 %, а марганцю – на 10 %. Весною, при розтаванні снігу суміш солі з хімічними речовинами проникає в ґрунт і водойми. В країнах ЄС та Північній Америці для зменшення забруднення вод практикують прибирання снігу з доріг, у Фінляндії – соляну суміш замінюють екологічно чистим гравієм, в Канаді дороги обробляють сумішшю використовуючи машини, які контролюють рівень вмісту хімічних речовин, в Берліні сіль використовують локально, лише на найнебезпечніших ділянках дороги.

Виділяють антропогенне забруднення води:

- **фізичне або механічне**, яке відбувається внаслідок накопичення в ній нерозчинних домішок: піску, глини, мулу, пилу через змивання з розораних ділянок дощовими водами або перенесення вітром; суспензій з підприємств гірничорудної промисловості. Фізичні забруднювачі притаманні переважно поверхневим водам і проявляються погіршенням органолептичних показників: зниження прозорості води, зміною смакових якостей або роблять воду непридатною для споживання, пригнічують розвиток гідробіонтів;

- **хімічне**, пов'язане з надходженням у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічного (кислоти, луги, мінеральні солі, важкі метали) та органічного (нафта й нафтопродукти, мийні засоби, пестициди, синтетичні мийні засоби, біота тощо) походження. Кумулятивний ефект притаманний токсичним речовинам, що потрапили у водойми і проявляється у прогресуючому збільшенні вмісту шкідливих

сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга. Так, фітопланктон накопичує в десятки разів більше шкідливих речовин ніж їх концентрація у воді, у зоопланктоні (личинки, дрібні рачки тощо), який ним харчується – в десятки разів вище, ніж у фітопланктоні, в рибі — ще в десятки разів вищою, а в організмі хижких риб (таких, як щука чи судак) концентрація отрути збільшується ще в десять разів і, отже, буде в десять тисяч разів вищою, ніж у воді.

Хімічні речовини адсорбуються частинами підводних порід, окисляються й відновлюються, але повного самоочищення води при хімічному забрудненні не відбувається.

Більшість хімічних сполук, що застосовують з метою дезінфекції, є токсичними і екологічно небезпечними. Швидке забруднення хімічними речовинами навколишнього середовища потребує раціонального підходу до їх використання. Підраховано, що для дезінфекції свинокомплексу на 108 тис. свиней потрібно 500 т сухого луку. З такою кількістю хімічних речовин екосистема справитися не в змозі. Надлишок хімічних речовин, у решті-решт, надходить у Світовий океан, спричинюючи загибель фітопланктону, який продукує до 70 % кисню атмосфери Землі;

• **біологічне забруднення** є особливим і дуже різноманітним типом забруднень. Так, нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, перешкоджає газообміну й знижують вміст кисню у воді. Мазут, осідаючи на дно, зумовлює отруєння донних мікроорганізмів та порушує самоочищення води. Особливу тривогу викликають аварії нафтових танкерів та нафтовидобувних платформ. Гнилісні процеси у донному осаді багатому органічними речовинами сприяють виділенню різних шкідливих сполук, зокрема сірководню, що отруюють усю воду у водоймі.

Стічні води містять різні мікроорганізми (бактерії, віруси, спори гриби, яйця гельмінтів та ін.), багато з яких є патогенними для людини, тварин і рослин. Особливо небезпечними в аспекті біологічного

забруднення є комунально-побутові води, стоки цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств з обробки шкіри, деревообробних комбінатів тощо. Біологічне забруднення водойм у місцях масового відпочинку людей (*рекреаційні зони, пляжі на узбережжях морів*) пов'язане з неефективною роботою каналізаційних систем та очисних споруд. Останніми роками нерідко закривали пляжі в містах на узбережжях Чорного й Азовського морів, оскільки в морській воді виявляли збудників небезпечних захворювань: холера, дизентерія, вірусний гепатит та інші.

Функціонування великих тваринницьких комплексів на 25–100 тис. голів великої рогатої худоби або свиней, формували найбільші джерела біологічного забруднення довкілля. Наприклад, комплекс, де утримувалося 100 тис. свиней, по забрудненню дорівнював місту на 400 тис. мешканців.

У стічних та каналізаційних водах, у річках, озерах і ставках України виявляють паразитів із різних біологічних таксонів, у тому числі яйця 15-и видів гельмінтів. Їх концентрація може коливатися у межах від 1 до 500 яєць на літр води, залежно від зараженості гельмінтозами населення та тварин. Частина яєць осідає на дно водойм і замулюється, звідки може потрапити знову у воду або в організм нових хазяїв.

У морській воді поблизу м. Ялта та воді міських басейнів України впродовж 2000–2005 рр. виявляли яйця аскарідид, гостриків і токсокар. У 30,5 % проб морської води містилися яйця паразитів. Близько 33,6 % зразків води з басейнів вміщували в середньому від 3-х до 5-ти екз. яєць нематод в 1 дм³;

- **теплове** забруднення води відбувається внаслідок надходження до водойми підігрітих вод від теплових та атомних електростанцій й інших енергетичних об'єктів. Найбільшу кількість теплої води скидають у водойми атомні електростанції. Тепла вода змінює температурний і біологічний режими водойм, впливає на газовий та хімічний склад води,

що зумовлює розмноження анаеробних бактерій і виділенню отруйних газів (*метан, сірководень*). Ці процеси негативно впливають на життєдіяльність гідробіонтів: вода, нагріта до температури 26–30 °С впливає на них пригнічуючи, а до 36 °С – спричинює їхню загибель. Водночас, прискорення розвитку фітопланктону зумовлює «цвітіння» води;

- **радіоактивне** забруднення небезпечно навіть при невеликих концентраціях. Передусім, найнебезпечнішими є радіоактивні елементи: стронцій-90, уран, радій-226, цезій та ін. До підземних вод радіонукліди проникають просочуючись в глибину ґрунту разом з атмосферними водами або при взаємодії підземних вод з радіоактивними гірськими породами, в поверхневій воді – при скиданні радіоактивних відходів, захороненні їх на дні тощо.

Джерелами забруднення гідросфери є:

1. **Скиди у водойми неочищених стічних вод** роблять найвагомійший внесок у забруднення гідросфери. Основними джерелами забруднення водоймищ є недостатньо очищені стічні води промислових і комунальних підприємств, тваринницьких комплексів; відходи виробництва при розробці рудних копалин; води шахт, рудників; відходи обробки та сплавів лісоматеріалів; скидання водного й залізничного транспорту; відходи первинної обробки льону та ін.

Стічні води — це води та атмосферні опади, що відводяться у водні об'єкти з територій промислових підприємств та селітебних територій, через систему каналізації або самопливом.

За походженням виділяють наступні види стічних вод:

- **атмосферні води** утворюються в результаті змивання дощем або снігом пилу, сміття з поверхні території міста або населеного пункту;

- **промислові стічні води** є відходами промислових процесів підприємств, де їх використовують для охолодження машин і печей, оброблення металу, фарбування тканин тощо.

- **господарсько-побутові стічні води** утворюються в житлових та побутових приміщеннях, на виробництві (*душові кабінки, туалети*), відводяться через систему господарсько-побутової каналізації. Склад господарсько-побутових стічних вод характеризується мінеральними речовинами (*пісок, глина, мінеральні солі, кислоти, луги*), органічними і бактеріальні забруднюючими речовинами (*близько 60 % фекалії, сеча*) в нерозчиненому, колоїдному та розчиненому стані.

У зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва стічні води містять рослинні волокна, тваринні і рослинні жири, екскременти тварин, залишки плодів та овочів, відходи шкіряної й целюлозно-паперової промисловості, цукрових та пивоварних заводів, підприємств м'ясо-молочної, консервної і кондитерської промисловості, що є причиною органічних забруднень водоймищ.

Змив пестицидів, мінеральних та органічних добрив пов'язаний із сільськогосподарською діяльністю, в першу чергу з неправильним зберіганням та внесенням у ґрунт пестицидів, мінеральних та органічних добрив і подальшим змиванням їх дощовою водою. Пестициди, інсектициди та мінеральні добрива потрапляють у воду з полів разом із струменями дощової й талої води, нагромаджуються в планктоні, бентосі, рибі та по ланцюгу живлення потрапляють в організм людини, впливаючи негативно на окремі органи, системи і організм в цілому. Забруднення води цими речовинами призводить до евтрофікації, цвітіння води та «червоних припливів».

«Червоним припливом» називають вибухоподібне розмноження мікроскопічних одноклітинних водоростей, зумовлене підвищення вмісту у водах Світового океану нітратів та фосфатів. Так, поблизу берегів

Скандинавії у 1988 р. утворилися величезні плями водоростей, які наче ковдрою вкривали узбережжя водоростями товщиною до 2 м;

- **шахтні та рудничні стічні води** утворюються в процесі видобутку та переробки корисних копалин, тому часто мають високу мінералізацію, кислу реакцію середовища, велику кількість рудничних елементів, що знаходяться в розчиненій і зваженій формах.

2. Газо-димові викиди надходять до водних об'єктів в результаті механічного осідання або разом з опадами. Вони містять оксиди азоту і сірки, важкі метали, вуглеводні, альдегіди тощо. Особливу небезпеку несуть кислотні дощі, які утворюються в результаті взаємодії оксидів сірки та азоту з атмосферною вологою та хлороводнем й підвищують кислотність води.

3. Витоки нафти і нафтопродуктів. Щорічно мільйони тон нафти забруднюють морські й прісноводні екосистеми через аварії та катастрофи на нафтових танкерах, нафтовидобувних платформах, у сховищах, при її транспортуванні і зберіганні. Підземні води забруднюються речовинами внаслідок просочування промислових та комунально-побутових стоків зі сховищ, ставків накопичувачів, відстійників, через карстові воронки тощо. *Внаслідок аварії танкера "Екссонвалдіз", що сталася у 1990 р. поблизу узбережжя Аляски, в море потрапило 40 тис. тон нафти. Величезні нафтові плями рознесли морськими течіями й вітром далеко від місця аварії, забруднивши великі ділянки узбережжя, материка та островів і спричинивши загибель тисяч тюленів, морських птахів, риби тощо. У 1991 р. під час війни між Кувейтом та Іраком, відомої як операція "Буря в пустелі", нафта, що вилілася з підірваних танкерів і нафтопроводів, покрила 1550 км² поверхні Перської затоки та 450 км берегової смуги, внаслідок чого загинуло багато морських черепах, птахів, крабів та інших тварин.*

Наслідки забруднення гідросфери. Забруднюючі речовини, потрапляючи в природні водоймища, призводять до якісних змін води. Вони проявляються в зміні фізичних властивостей води (*неприємний запах, присмак, каламутність та інше*), хімічного складу води і механічного засмічення речовин, що плавають на поверхні й осідають на дно.

Забруднення прісноводних та морських екосистем призводить до:

- *пригнічення життєдіяльності, плодючості та загибелі гідробіонтів;*

- *порушення трофічних зв'язків в біоценозі;*

- *зниження стійкості екосистеми;*

- *евтрофікації.*

Евтрофікація – це збагачення водойм біогенними елементами (азот, фосфор, калій та ін.) під впливом природних або антропогенних чинників, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми. Цей процес супроводжується погіршенням фізико-хімічних умов середовища, масовим розвитком фітопланктону, дефіцитом кисню у воді та, як наслідок, загибелі вищої рослинності, риб й інших гідробіонтів. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами. За рівнем евтрофікації водойми поділяються на оліготрофні (слабко евтрофіковані), мезотрофні (середньо евтрофіковані), евтрофні (сильно евтрофіковані) та гіперевтрофні (надсильно евтрофіковані), що характеризується масовим відмиранням біоти та різкою зміною параметрів екосистеми.

Забруднення води речовинами, що містять фосфор, сприяє масовому розмноженню синьо-зелених водоростей і «цвітінню» водойм, яке супроводжується різким зниженням у воді вмісту кисню, «заморами» риби, загибеллю інших водяних тварин. Крім швидко зростаючої біомаси синьо-зелених водоростей при евтрофікації реєструють заростання берегів вищими рослинами.

Охорона гідросфери.

Охорона вод – це сукупність правових, організаційних, технологічних, економічних, наукових і соціальних заходів, спрямованих на попередження та усунення забруднення, засмічення й виснаження вод.

Світовий океан є об'єктом міжнародної охорони, яка регулюється цілою низкою багатосторонніх та регіональних угод. Конвенція ООН з морського права 1982 р. зобов'язує держави захищати та зберігати морське середовище, вживати всі заходи, необхідні для забезпечення діяльності під юрисдикцією або контролем кожної з країн, які несуть відповідальність згідно з міжнародним правом.

Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден (1973) містить техніко-юридичні норми щодо заборони викидів у моря не лише нафти, але й інших шкідливих речовин, які перевозяться чи утворюються в процесі експлуатації (пластмаса, синтетичні троси, риболовні сіті, пластикові вироби).

У даний час діє понад 100 універсальних та регіональних договорів з охорони живих морських ресурсів і регулювання рибальства.

Норми і правила по охороні міжнародних водних систем містяться також у Європейській конвенції про захист прісної води від забруднення 1969р., Європейській конвенції про захист міжнародних водотоків від забруднення 1974 р.

Для захисту поверхневих вод здійснюють:

- контроль мінімально допустимого стоку води;
- розвиток безвідходних і безводних технологій, а також оборотного водопостачання. Оборотно водопостачання включає створення замкнутих циклів використання стічних вод, які проходять через очисні споруди та установки і потрапляють у поверхневі водойми;

очистка стічних вод. Для очистки стічних вод використовують різні способи: механічний, хімічний, біологічний, термічний та ін. (рис. 30).

Класифікація методів очищення стічних вод

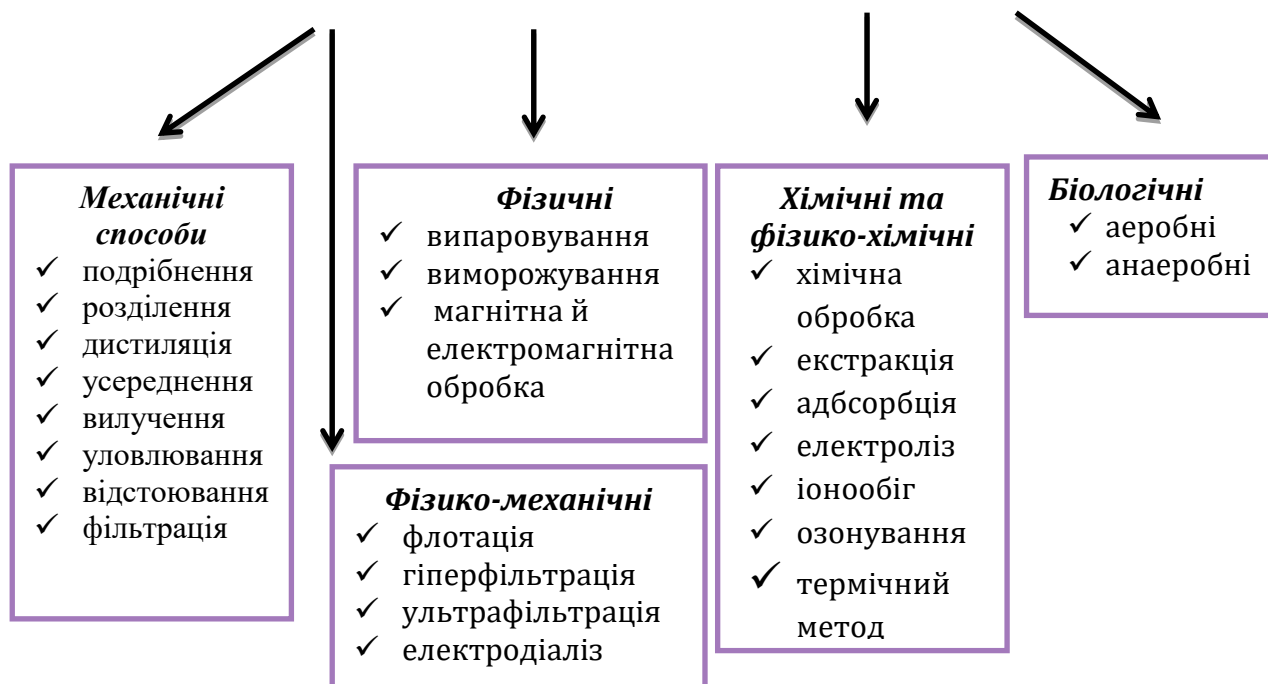


Рис. 30. Методи очищення стічних вод

Всі існуючі нині способи очистки стічних вод утворюють осад і шлам, які складають на спеціальних полігонах, спалюють у печах, обробляють за допомогою рослин.

Закачування стічних вод в підземні захоронення здійснюються через систему поглинаючих свердловин, при цьому зникає необхідність у їх знезараженні або створенні спеціальних очисних споруд. Водоохоронні зони, агролісомеліорація та гідротехнічні заходи захищають води від забруднення, засмічення і попереджують евтрофікацію. Водоохоронні зони створюють на всіх водних об'єктах, в межах яких забороняються сільськогосподарські, будівельні роботи, випасання худоби тощо.

Охорона підземних вод — це система заходів, спрямованих на попередження та усунення наслідків забруднення і виснаження вод, при цьому ставиться за мету зберегти таку якість та кількість вод, яке дозволяє використовувати їх в народному господарстві. Основними

об'єктами охорони є експлуатовані водоносні горизонти і водозабори господарсько-питного призначення.

Охорона підземних вод від забруднення є складним завданням, що пов'язано з необхідністю заздалегідь виявити, своєчасно попередити можливість надходження забруднювача у водоносний пласт. Вона включає в себе: комплекс заходів з мінімізації негативного впливу на підземну гідросферу (тобто розробка заходів щодо захисту підземних вод від забруднення) і комплекс заходів правового законодавства з охорони природних ресурсів.

Заходи з охорони підземних вод від забруднення поділяються на:

- профілактичні, спрямовані на збереження природної якості підземних вод;
- локалізаційні, що перешкоджають збільшенню та просуванню забруднення, що утворилося у водоносному горизонті;
- відновлювальні, що проводять для видалення забруднень з водоносного горизонту і відновлення природної якості підземних вод.

Для захисту підземних вод застосовують:

- регуляцію режиму водозабору;
- раціональне розміщення водозаборів за площею;
- визначення величини експлуатованих запасів в межах раціонального природокористування;
- введення кранового режиму експлуатації артезіанських свердловин;
- контроль за створенням санітарно-захисних зон навколо джерел централізованого водопостачання з метою попередження забруднення. Спеціальні заходи направлені на локалізацію або ліквідацію осередку забруднення і включають ізоляцію джерела забруднення (*завіси, протифільтраційні стінки*), дренажні системи та відкачка забруднених підземних вод.

Екологічні проблеми водних об'єктів України.

Водні ресурси р. Дніпро складають близько 80 % водних ресурсів України. Територія басейну річки зазнає значного антропогенного пресу: на 60 % розорана та 35 % еродована. Окрім того, на думку експертів, на сьогодні в Україні масштабно постають проблеми екологічного стану річок Сіверський Донець і Південний Буг.

Основними причинами кризової ситуації, що склалася в басейнах великих і малих річок України, вважаються такі:

- спорудження каскаду водосховищ на р. Дніпро, в результаті чого було затоплено понад 500 тис. га і підтоплено 100 тис. га продуктивних земель, зруйновано майже 1,5 тис. км берегів, змінено водний режим тощо;
- великомасштабні меліорації;
- будівництво низки великих промислових комплексів у басейнах річок;
- величезні об'єми водозбору для промисловості та зрошення;
- колосальні обсяги забруднень;
- забруднення в результаті військових дій на півдні України.

Проблеми Азовського та Чорного морів. Водообмін між морями вкрай обмежений і тому Азовське море, як і Чорне, через відокремленість від Світового океану, що зумовлює накопичення в ньому токсичних речовин. Водозбірна площа Азовського моря відносно його розмірів є дуже значною, через що його вважають найзабрудненішим з морів. Важливе значення у підтриманні екологічного балансу моря, узбережжя мають ріки, які підтримують не тільки сольовий баланс, а й будують його береги виносом твердих матеріалів – пісок, гравій, каміння, ґрунт. Через інтенсивне будівництво на узбережжі та природні процеси активізувалася абразія – руйнування берегової лінії. В акваторії моря щорічно накопичуються мільйони тон речовин за рахунок річкового зносу твердих та органічних речовин, карбонатів, продуктів абразії берегів, що сприяє

накопиченню осаду на дні зі швидкістю 2 мм за рік – це один з факторів поступового обміління моря.

Основні джерелами забруднення Чорного та Азовського морів:

- промислові та аварійні скиди підприємств: металургійні комбінати "Азовсталь", імені Ілліча, концерном "Азовмаш";

- поверхневий стік із сільськогосподарських угідь. Через систему річок в моря потрапляє велика кількість пестицидів, гербіцидів, мінеральних добрив, промислових стічних вод. Концентрація кисню, розчиненого у воді постійно зменшується, а замість цього зростає концентрація сірководню, велика частка якого утворюється з фекальних скидів міст приморських країн. Через забруднення реєструють масову загибель гідробіонтів і, навіть, зникнення окремих видів;

- стічні води з точкових та дифузних берегових джерел;
- морські транспортні засоби.

Запитання для самоперевірки:

1. Чому серед природних ресурсів вода займає найвагоміше місце?
2. Що називають водоємністю виробництва та у чому полягає сутність технології оборотного водопостачання?
3. Які типи антропогенно забруднення гідросфери виділяють?
4. Чому евтрофікацію відносять до віддалених наслідків забруднення гідросфери?
5. Які методи очищення стічних вод є найефективнішими в урбоекосистемах?
6. У чому полягає проблема охорони від забруднення підземних вод?
7. Наведіть приклади найактуальніших проблем водних ресурсів України та шляхи їх вирішення.

ТЕМА 3.5. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЛІТОСФЕРИ

Ключові поняття та терміни: земельні ресурси, деградація ґрунту, ерозія, дегуміфікація, розораність земель, засолення, закислення, затоплення, сільськогосподарське, промислове та побутове забруднення, радіоактивне забруднення, ландшафти

Антропогенно змінені території займають понад 80 % загальної площі України. Ґрунти України належать до найкращих у світі, а їх розораність складає 54-57 %, порівняно з США – 27 %, Німеччиною – 33 %, Францією – 42 %. У країнах ЄС середній показник розораності земель складає 25,6 %, а пороговим вважають – 38,2 %. Водночас, найвагомим недоліком є їх нераціональне використання. Так, 1 га сільськогосподарських угідь дає в Україні продукції лише на 450 у.о., тоді як у Німеччині — на 2650 у.о., Франції — на 1450 у.о., Нідерландах — на 8900 у.о.

Антропогенний вплив на ґрунт та його результати.

Педосфера (ґрунтовий покрив) розташований між літосферою, атмосферою й гідросферою, а також є компонентом біосфери.

З появою землеробства диференціювали поняття:

- “земля” – це ділянка поверхні суходолу, на якій проживає людина;
- “ґрунт” – це складна гетерогенна чотирифазна структурна система в

поверхневій частині кори вивітрювання гірських порід, що володіє родючістю і комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу та часу.

Земельні ресурси — це вид природних ресурсів суходолу, до яких належать території сільськогосподарського призначення, ліси, населені пункти, транспортні артерії тощо. В Україні найбільша частка сільськогосподарських угідь (майже 60 %), з яких на орні землі припадає

близько 80 %, пасовища – 13 %, сіножаті – 5 %. Український чорнозем складає 40 % світової площі. Важливою господарською і соціальною проблемою є вилучення земель із сільськогосподарського обігу, що зумовлено невпинною урбанізацією та їх втратою, спричиненою катастрофою на Чорнобильській АЕС, підтопленнями, засоленням, зсувами, складуванням промислових і побутових відходів та перебуванням у зонах воєнного конфлікту.

Високий рівень розораності угідь зумовлює розвиток несприятливих процесів: ерозії, утворення кислих ґрунтів, солонців і засолених земель з наступною деградацією та повним руйнуванням.

Деградація ґрунту – це зміна його якісних показників в результаті зниження плодючості, яка проявляється у вигляді таких явищ як ерозія, дегуміфікація, виснаження ґрунтів, засолення тощо.

Ерозія ґрунтів (від лат. *erosio* – роз'їдання) – це руйнування його верхнього найродючішого горизонту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників. Ґрунти втрачають грудкувату структуру, внаслідок постійного зменшення вмісту органічних речовин, механічного руйнування різними знаряддями праці, а також під впливом опадів, вітру і перепадів температури:

- **водна ерозія** проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту або розмиванні його в глибину під впливом талих, дощових і поливних (іригаційних) вод, в результаті якого зменшується вміст гумусу, азоту, фосфору та інших хімічних елементів, які погіршують структуру ґрунту;

- **вітрова ерозія або дефляція**, виникає за умови сильних вітрів, які видувають ґрунт. Інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежать від його гранулометричного складу і вмісту в ньому гумусу. Причинами прискореної ерозії є безконтрольне вирубування лісу, розорювання луків, піщаних і супіщаних ґрунтів, неправильна меліорація, надмірне випасання худоби тощо;

- **пасовищна ерозія** пов'язана з механічним руйнуванням та перемішуванням ґрунту копитами тварин на схилах балок внаслідок збільшення навантаження на обмежену площу пасовища. Худоба, що пасеться, також робить свій внесок у руйнування ґрунту, особливо на невеликих, обгороджених ділянках пасовищ. Великої шкоди землі завдають кози, розведення яких у багатьох країнах у наші дні заборонене задля збереження місцевої флори. Деякі середземноморські райони з вини кіз перетворилися на «царство колючих чагарників»;

- **агротехнічна ерозія** зводиться до переміщення ґрунту під час його обробітку. Так, під час оранки упоперек схилу внаслідок неповного перевертання скиби вгору спостерігається осипання землі вниз по схилу. Ґрунт на схилах частково переміщується вниз і під час культивуації, боронування, сівби;

- **технічна або промислова ерозія** відбувається під час добування відкритим і підземним способами різних корисних копалин, засипання ґрунту шаром будівельного сміття під час будівництва житлових та промислових об'єктів, використання ґрунту для прокладання транспортних шляхів тощо. *Наприклад, трактор «Білорусь», працюючи в сухих полях, здіймає 13–14 тон пилу на 1 г. Трактори і комбайни ущільнюють ґрунт, внаслідок чого знижується його водопроникність, водоутримуюча здатність (норма об'ємної маси 1,1–1,2 г/см³ змінена до 1,6–1,7). Майже 50 % урожаю сільськогосподарських культур вирощують на ґрунтах оброблених хімічними добривами. Внаслідок внесення високих доз мінеральних добрив у ґрунт пригнічується біологічна активність ґрунтів, знижується вміст корисних мікроорганізмів, дощових черв'яків, гинуть комахи-запилувачі. Вже сьогодні близько 500 видів комах є стійкими проти інсектицидів.*

Дегуміфікація – це зменшення вмісту і запасів органічної речовини у ґрунтах, що пов'язано з розорюванням цілинних ґрунтів та визначається з

врахуванням таких показників як сівозміни, застосування органічних й мінеральних добрив, часткою багаторічних трав тощо.

Руйнування та виснаження ґрунтів. Щорічно в усьому світі руйнується приблизно 26 млрд. т. ґрунту. Особливо інтенсивні ці процеси відбуваються у країнах Африки, у Китаї, Індії, Російській Федерації та США.

Вторинне засолення і закислення ґрунтів виникає в результаті викидів в атмосферу й осадження сполук кислот промислового, транспортного та іншого походження, в результаті чого змінюються якісні і кількісні показники ґрунтів та їхня продуктивність.

Затоплення та руйнування ґрунтів водами водосховищ. Створення водосховищ призводить до деградації ґрунтового покриву, а саме зростання рівня ґрунтових вод, підтоплення, абразія берегів, засолення дельт та їх забруднення.

Сільськогосподарське забруднення зумовлене переважно надмірним внесенням пестицидів, мінеральних та органічних добрив, відходів і стоків тваринницьких й переробних комплексів. Негативний вплив мінеральних добрив проявляється при їх систематичному використанні, у зміні кислотних властивостей ґрунту, в основі якого лежить процес біологічного окислення азоту й утворення кислот. Так, зниження рН водної витяжки з 6,5 до 4,0 підвищує забруднення рослин токсичними елементами з 4 до 20 разів.

Сьогоднішній спосіб використання мінеральних добрив забезпечує засвоєння рослинами до 50 % діючих речовин, а решта виноситься за межі орних земель і забруднює об'єкти довкілля, передусім поверхневі водойми. Тривалість «життя» залишкових пестицидів в ґрунті коливається від 6 до 36 років. Самоочищення ґрунту від пестицидів, пов'язано, передусім, з активністю його мікрофлори, що і визначає різну здатність до самоочищення. Найінтенсивніше очищаються ґрунти посушливих та вологих теплих районів, а дуже повільно — холодні ґрунти тайги і тундри.

Забруднення довкілля фосфорними добривами є незначним, внаслідок їх малої рухливості в природному середовищі. Проте, їх просочування у природні водойми та водосховища зумовлює масове розмноження одноклітинних водоростей і, як наслідок, евтрофікацію водойм. Азотні добрива, внаслідок їх високої рухливості в природному середовищі здатні проникати в ґрунтові води й, далі – в природні водойми.

Використання пестицидів призводить до їх накопичення в рослинах, передачі по харчових ланцюгах і тривалого зберігання у ґрунті.

Пестициди, або отрутохімікати, за призначенням підрозділяються на наступні групи:

- *інсектициди, які використовують для боротьби з шкідниками сільськогосподарських культур (наприклад, тіофос, метафос, карбофос, хлорофос, карбамати);*

- *гербіциди, призначені для боротьби з бур'янами (наприклад, аміни, карбамати, тріазіни);*

- *фунгіциди – для боротьби з грибковими хворобами рослин (наприклад, бензімідазол, морфоліни, дітіокарбамати, тетраметілтіурамдісульфід);*

- *регулятори росту рослин;*

- *дефоліанти, що спричинюють передчасне старіння листя рослин.*

Вони широко застосовуються при вирощуванні бавовнику.

Одним з перших пестицидів був відомий ДДТ – діфенілдіхлортріхлоретан. Вперше він був синтезований німецьким хіміком П. Мюллером. Проте багато пізніше виявилось, що ДДТ володіючи високою стійкістю в природному середовищі, здатний накопичуватися в харчових ланцюгах і завдавати істотної шкоди тваринному світу. Потрапляючи в організм людини ДДТ акумулюється в мозку та діє як нервова отрута. ДДТ заборонено в США з 1972 р., Великобританії – з 1984 р., в Україні – з 1986 р., але в біохімічному колообігу його вміст складає близько 1 млн. т.

Наприкінці XX ст. світова спільнота розпочала діяльність з розробки Конвенції, метою якої було обмеження та регулювання виробництва, торгівлі й використання пестицидів для охорони здоров'я людини та навколишнього середовища. Вона була прийнята у 2004 р. і отримала назву Роттердамська Конвенція або Конвенція РІС.

Водночас, застосування пестицидів згубно впливає на популяції диких птахів. Так, встановлено, що їхня циркуляція по ланцюгам живлення (наприклад, гусінь-грач-сокіл) призвела до накопичення в організмах консументів вищого порядку у загрозованих концентраціях. Зокрема, у сапсанів було відмічено порушення кальцієвого обміну, в результаті чого шкарлупа яєць стала тонкою і крихкою та тріскалась від найменшого необережного руху самки, що призвело до зростання частки незапліднених яєць, ембріонів з аномаліями розвитку і, врешті, відобразилося на зменшенні чисельності популяції. Крім того, отруйні речовини разом зі знищенням шкідливих комах впливали на чисельність популяцій корисних видів: бджоли, співочі птахи та ін.

На орних землях України щорічно використовують близько 18 млн. т. мінеральних добрив і до 180 тис. т. пестицидів близько 120 найменувань, 40 з яких володіють такими видами біологічної активності як канцерогенність, тератогенність, цитогенна і ембріотоксична дія. Вплив таких речовин на здоров'я людини проявляється прямо – при безпосередньому контакті з отрутою та опосередковано – через нестачу складських приміщень, агрохімічних лабораторій, фахівців тощо створюються умови для проникнення отруйних речовин у об'єкти природного середовища. Разом із недостатністю забезпечення водними ресурсами придатними для питного водопостачання у деяких областях реєструють високий рівень їх використання, і, відповідно, забруднення. Водночас, децентралізоване водопостачання у сільській місцевості, недостатня природна захищеність підземних вод та нерівномірна

концентрація водозабору з продуктивних горизонтів, що пов'язують з історичною сформованістю сільського розселення, створюють умови для забруднення води питного призначення агрохімікатами. Так, у Одеській області від 27 до 87 % проб ґрунту та 48 % – підземних вод виявилися забрудненими ДДТ та його метаболітами. Віддалені наслідки впливу агрохімікатів на здоров'я населення проявляються через 9–15 років.

Забруднення ґрунту важкими металами й іншими токсичними елементами також приводить до отруєнь. Пшениця, вирощена на ґрунті з надмірним вмістом селену може накопичити його до 30 мг/кг без збитку у масі врожаю. Серед пасовищних трав найбільше концентрує селен астрагал, спричинюючи токсикоз у тварин, що поїдають цю траву.

Забруднення ґрунту пов'язане з внесенням шкідливих речовин з іригаційними водами, накопиченням відходів рільництва і тваринництва.

Відходи тваринницьких ферм є джерелом забруднення ґрунтів патогенними організмами небезпечними для здоров'я людини. Особлива роль серед таких збудників належить групі сапронозів – паразити тварин і людини, резервуаром для яких є абіотичні компоненти екосистеми, зокрема ґрунт (наприклад, ботулізм, правець, сибірка, геогельмінти). Так, головним резервуаром збудника ерсиніозу є ґрунт, вода і рослини, від яких заражуються ссавці та птахи, котрі у свою чергу контамінують оточуючі субстрати і, в тому числі, продовольчу сировину, а також готову продукцію. Ріст захворюваності на ерсиніоз останніми роками пов'язують із зміною екологічної ситуації та появою крупних тваринницьких господарств, виробничих комплексів, холодильників і овочесховищ, що відкрило доступ ерсиніям до урбанізованого суспільства. В умовах холодильника ерсинії у молоці, м'ясі та овочах не тільки нагромаджуються, але й збільшують свою вірулентність.

Спороутворююча бактерія *Bacillus anthracis* – збудник сибірки, здатна упродовж десятиліть зберігатися у ґрунті та при проникненні в організм

тварин чи людини спричинювати інфекційне захворювання. Сьогодні в Україні та країнах Європи реєструють спорадичні випадки хвороби, що створює напружену епізоотичну та епідемічну ситуацію. На території України нараховують понад 10 тис. осередків збудника сибірки у ґрунті, переважно, пов'язані із захороненням трупів тварин, що загинули від хвороби. Місцезнаходження і границі таких осередків точно не з'ясовані, що створює реальну загрозу за розширення меж міст та населених пунктів, при будівництві промислових споруд різного призначення. Потенційна загроза полягає у ризику зараження людини та тварин, а також, використання антраксу в якості біологічної зброї. Так, у 2008 р. в м. Києві на території Олександрівської міської лікарні було призупинено будівництво житлового будинку у зв'язку з тим, що на території забудови у 1800 р. було захоронення померлих від сибірки, холери, чуми.

Промислове і побутове забруднення. У багатьох країнах, що особливо розвиваються, у зв'язку із загальним незадовільним санітарним станом середовища життя першорядне значення має забруднення ґрунту патогенними організмами. Всі ґрунтові забруднювачі можуть включатися в харчові ланцюги і, врешті-решт, з продуктами харчування потрапляти в організм людини. Особливе соціально-екологічне значення при цьому має забруднення ґрунту патогенними мікроорганізмами.

Забруднення ґрунтів твердими побутовими відходами, промислового виробництва, копалень, які часто є високотоксичним, викликає особливе занепокоєння.

Твердими побутовими відходами (ТПВ) зайнято понад 160 тис. га земель і щорічно їх обсяг збільшується на 14 млн. т. Понад 80 % полігонів, що існують в Україні не відповідають санітарним нормам, тобто фактично є звалищами.

Радіоактивне забруднення ґрунтів пов'язують з аварійними викидами атомних підприємств, ядерними вибухами, захороненням

відходів атомної промисловості та ін. Епіцентром аварії на Чорнобильській АЕС є зона відчуження (260 тис. га), у межах якої радіаційний вплив на навколишнє середовище і людину досяг максимально небезпечних значень. На її території перебуває значна кількість найбільш радіоактивно забруднених земель, географічно розміщених у верхній частині водозабірною басейну р. Дніпро. Використання дніпровської води несе реальну небезпеку для населення.

Основні напрямки використання зони відчуження:

- створення централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива для довгострокового зберігання відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання;

- спеціалізована лісогосподарська діяльність (*посилення бар'єрної функції лісів, ландшафтне відновлення та ін.*);

- відновлення вже існуючих до цього часу заповідних територій та вивчення можливості створення нових;

- використання території для створення і експлуатації вже існуючих виробництв щодо поводження з радіоактивними та технічними відходами (*заводи з переробки рідких і твердих радіоактивних відходів, завод з виробництва бочок та бетонних контейнерів та ін.*).

Виконуючи міжнародні зобов'язання Україна остаточно зупинила четвертий енергоблок у 2000 р., знімає його з експлуатації і перетворює на екологічно безпечну систему – об'єкт «Укриття».

МАГАТЕ – міжнародна агенція з атомної енергії. Україна є фундатором і членом МАГАТЕ з моменту її створення 29 липня 1957 р.

Основними напрямками співпраці України з МАГАТЕ є:

- використання технічної допомоги Агентства з метою подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (технологічні аспекти), виведення з експлуатації енергоблоків ЧАЕС, поводження з відпрацьованим паливом та

радіологічної підтримки відновлення територій, постраждалих від аварії на ЧАЕС;

- удосконалення інфраструктури ядерної та радіаційної безпеки в Україні і відповідних національних стандартів, покращення екологічного радіаційного моніторингу;

- управління життєвим циклом АЕС та подовження строків їх експлуатації;

- безпечне поводження з відпрацьованим паливом і радіоактивними відходами на ядерних об'єктах та ін.

Руйнування ґрунтів під час воєнних дій пов'язано з вибухами бомб, пересуванням воєнної техніки, будівництвом фортифікаційних споруд тощо.

Запитання для самоперевірки:

1. *Які типи деградації ґрунту Вам відомі?*
2. *Визначте найвагоміші полютанти літосфери.*
3. *У чому небезпека біологічного забруднення ґрунту?*
4. *Радіоактивне забруднення земель України.*
5. *Сільськогосподарське забруднення ґрунтів.*
6. *Які основні напрями використання зони відчуження?*
7. *Які мета і завдання міжнародної організації МАГАТЕ?*

ТЕМА 3.6. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ

Ключові поняття та терміни: забруднення атмосферного повітря, полютанти, парниковий ефект, озонова діра, кислотні опади, смог, шумове забруднення, зміни клімату, вплив зміни клімату на біоту, здоров'я людини та екосистеми

Найважливішою умовою існування людства є сталі показники складу повітря як природного ресурсу. Антропогенний вплив на атмосферу пов'язаний з внесенням до його складу нових, шкідливих хімічних, фізичних чи біологічних агентів природного чи штучного походження – **полютантів**.

Забруднення повітря природного походження пов'язано з вітровою ерозією, цвітінням рослин, димом від лісових і степових пожеж, вулканічною діяльністю та ін.

Джерела **антропогенного впливу** на повітряний басейн пов'язані з діяльністю промислових підприємств, транспорту, сільського господарства, сферами споживання та побуту людини. Основними інгредієнтами забруднення атмосфери визначають оксиди карбону, азоту та сірки, вуглеводні і зважені у повітрі частинки (пил), що складає близько 98 %. Крім них у атмосферу надходить понад 70 найменувань шкідливих речовин, серед яких важкі метали, метан, канцерогенні речовини, альдегіди тощо. В даний час стандарти якості атмосферного повітря істотно варіюють в різних країнах.

Полютанти атмосферного повітря мають фізичну, хімічну та біологічну природу. До них відносять:

Оксид вуглецю (CO) – це розповсюджений забруднювач повітря, що міститься у димових газах будь-яких установок згорання органічного палива. Проникаючи в організм людини чи тварини він діє як отрута, ізолюючи ферум в гемоглобіні та перешкоджаючи переносу кисню.

Вуглеводні є основними домішками антропогенного походження, джерело яких – димові гази теплоенергетичних установок, сховищ рідкого та газоподібного палива, вихлопні гази.

Озон (O_3) присутній у атмосферному повітрі створює серйозні проблеми, пов'язані з руйнуванням деяких біомолекул, які ослаблюють імунну систему людини і вражають легеневу тканину. Більшість аерозолів, які викидаються у атмосферу (80 %) затримуються на висоті до 1 км над поверхнею землі.

Аерозолі (пил, дими, тумани) потрапляють в атмосферу в результаті пожеж, викидів вулканів, пилу або при спалюванні пального і газів промислового виробництва.

Важкі метали (ртуть кадмій, свинець, олово). Металічна ртуть та її сполуки відносять до речовин першого класу небезпеки. В міських умовах джерелом ртутного забруднення є люмінесцентні лампи і ртутьвмісні прилади (термометри, тонометри та ін.). Сьогодні проблемі збору, зберігання та переробки виробів, що містять ртуть приділяється особлива увага у всьому світі.

Доведено, що газоочищення збільшує вартість виробленої енергії приблизно у 1,5 разів і сама потребує додаткових затрат та необхідності вирішення проблеми утилізації вловлених речовин. Наприклад, провідні автоконцерни світу оснащують свою продукцію нейтралізаторами вихлопних газів, тим самим забезпечуючи її конкурентоспроможність.

Серед полютантів фізичної природи особливе місце належить шумовому забрудненню. Його визначають як відхилення за межі природного діапазону інтенсивності та повторюваності звукових хвиль. Найпоширенішим та потужним джерелом міського шуму є транспорт, що створює 60–80 % шуму. За показників шуму понад 90 дБ у людини поступово виникає ослаблення слуху, нервово-психологічний стрес, виразкова хвороба,

гіпертонія, 110 дБ – звукове сп'яніння, 110–130 дБ – больові відчуття, понад 145 дБ – розрив барабанних перетинок.

Інфразвук, що виникає за частоти нижче 20 Гц здатний порушувати життєдіяльність організму через явище резонансу. *Тварини відчують зміни частотних коливань, оскільки вони є провісниками виверження вулкану, землетрусів, штормів та інших екстремальних природних явищ.*

Ультразвук перевищує частоту 16-20 тис. Гц та впливає лише на локальному рівні, провокуючи виникнення звукового удару – це звукова хвиля, що перевищує швидкість поширення звуку у повітряному середовищі.

Сучасна стратегія державної екологічної політики України на період до 2020 року зорієнтована на необхідність впровадження технологій чистого виробництва у промисловості та енергетиці, встановлення протишумових екранів, створення умов для розвитку інфраструктури екологічно чистих видів транспорту, забезпечення енерго- і ресурсозбереження у процесі промислового та житлового проектування, будівництва, реконструкції і демонтажу споруд.

Наслідками різкої зміни складу повітря за останні 150 років стало **утворення парникового ефекту**, тобто збільшення вмісту у ньому парникових газів, нагрівання нижніх шарів атмосфери та зростання середньої температури. Причинами росту концентрації CO₂ в атмосфері стало зростання кількості неконтрольованих викидів діоксиду карбону промисловими підприємствами, сировиною для яких є вуглеводні, та зниження його поглинання біотою наземних екосистем. Такі кліматичні зміни у біотопах призведуть до швидкої загибелі окремих видів, зміщенню географічних зон, скорочення обсягу територій придатних до життя. Водночас, видоутворення буде формувати нові, здатні виживати у змінених умовах види. Тривога світової спільноти з цього приводу привела до розробки та прийняття у 1992 р. Міжнародної Рамочної Конвенції ООН

по зміні клімату, а у 1997 р. в Кіото (Японія) було підписано протокол до Конвенції, який встановлював ліміти по скороченню викидів CO₂ для промислово розвинених держав. Частка США щодо викидів діоксиду карбону складає 25 %.

Руйнування озонового шару атмосфери (20–25 км), який утворюється із кисню під впливом ультрафіолетового випромінювання, вперше була зареєстрована на початку 80-х років минулого століття. Область зі зниженим вмістом озону – «озонова діра» призводить до збільшення кількості ультрафіолетового випромінювання Сонця, що досягає поверхні планети, порушує тепловий баланс та впливає на біологічні процеси. Каталізаторами процесу розкладання озону є оксиди азоту, атоми хлору та ОН-радикал (Додаток, рис. 12).

До природних причин руйнування озонового шару відносять хлорметан – продукт життєдіяльності океанічних гідробіонтів та лісових пожеж, а антропогенні – пов'язані зі спалюванням двигунами пального, з утворення оксидів азоту, надходженням у атмосферу фреонів, хлорфторвуглеводнів (ХФВ). ХФВ тривалий час використовувалися в холодильних установках, аерозольних балончиках та ін. Обмеження на використання, припинення виробництва і заборону викидів у атмосферу цих речовин було визначено на «Віденській конвенції по охороні озонового шару» у 1985 р. та у «Монреальському протоколі» у 1987 р.

Кислотні опади, водневий показник яких перевищує 5,6, можуть утворюватися внаслідок розчинення у атмосферній волозі речовин антропогенного походження (*оксиду сірки, азоту, закис азоту, азотистий ангідрид та інших кислото утворюючих сполук*). Серед кислотних опадів: дощ, сніг, роса, град, найвища кислотність притаманна кислотним туманам (рН ≤ 2).

Утворення кислотних опадів пов'язано з утворення великих кількостей діоксиду сірки за згоряння природного органічного палива. У

атмосфері під фотохімічним впливом він окислюється до утворення триоксиду сірки, який є шкідливішим для навколишнього середовища, і поєднуються з парами води у повітря, утворюючи сірчану кислоту (Додаток, рис. 13).

Відомий також «синдром кислотних частинок», за якого тверді частинки сульфатів або нітратів за відсутністю вологи осідають з подальшим розчиненням у воді та утворенням кислот.

Кислотні опади призводять до руйнувань пам'яток архітектури, прискорюють процеси корозії металів, зносу споруд різного призначення та створюють небезпеку для здоров'я людини при безпосередньому контакті.

Смогом називають отруйну суміш диму, туману пилу. У атмосфері газоподібні домішки часто знаходяться в стані окислів з низьким ступенем окислення, але повертаючись назад у вигляді опадів набувають високої кислотності (*сірчана, азотна кислоти, сульфати, нітрати, діоксин карбону та ін.*). Високий рівень забруднення атмосфери за певних метеорологічних умов зумовлює утворення смогів.

Головними причинами появи смогу в містах є транспортні та промислові викиди, а також вугільна сажа. *Наприклад у Китаї близько 80 % електрики і 70 % всієї енергії виробляється з вугілля, а кількість автомобілів у країні перевищує відмітку у 250 млн. – це своєрідна платня за економічний розвиток (Додаток, рис. 14).*

Розрізняють смоги:

- **фотохімічний смог**, який виникає у сонячну погоду при високих температурах повітря (+25-30⁰С) за низької вологості і повної відсутності вітру. Характеризується бліднувато-блакитною димкою та погіршенням видимості;

- **лондонський (димовий) смог** виникає на територіях помірних широт з вологим морським кліматом за температури близькій до 0⁰С,

вологості повітря 95-100 % і за високої концентрації продуктів згоряння. Він характерний для територій помірних широт з вологим морським кліматом.

- **крижаний (аляскінський) смог** утворюється у містах північних широт за антициклонів, температури -30°C , при повному штилі та наявності потужних джерел забруднення атмосфери. Краплі водяної пари перетворюються в кришталіки льоду, на яких адсорбуються молекули пилових викидів і аерозолів й зависають в повітрі у вигляді густого білого туману.

Кліматичні зміни відбуваються дуже швидко і охоплюють використання земель, зміну рослинного фону, зміну ареалів багатьох видів флори та фауни, а також частоту екстремальних кліматичних подій, що виникають.

Глобальне потепління пов'язують з впливом техногенних чинників на локальних територіях. *Наприклад, упродовж десятків років ведеться спостереження за зміною кількісного і якісного складу гідробіонтів у водоймах охолоджувачах атомних та електростанцій. В них формуються так звані «мікробіологічні реактори» з процесами евтрофікації та маловивченими мутагенними наслідками, що спричинені надходженням комунальних і сільськогосподарських стоків у підігріту водойму-охолоджувач.*

Наслідками глобального потепління є порушення стабільності екологічних систем спричинених зміною клімату і веде до зміни біорізноманіття. Безпрецедентні масштаби зменшення біорізноманіття та антропогенної зміни ландшафтів, спрощення природних екосистем, що почалися близько 250–300 років тому, оцінювалися дослідниками робочих груп по глобальній зміні клімату (табл. 4).

Фрагмент таблиці прогнозу характеристик, що змінюються, за умови спеціальних заходів впливу на кліматичну систему (Climate Change 2001, Семенов С.М. та ін., 2006)

Показник	2025	2050	2100
Наслідки для біорізноманіття та екосистем			
Коралові рифи	Збільшення частоти знебарвлення рифів та загибель коралів *	Показники загибелі збільшуються *	Показники загибелі збільшуються *
Прибережні заболочені території та берегова лінія	Втрата територій внаслідок піднімання рівня океану # Посилення ерозії берегової лінії #	Масштаб втрат територій продовжується #	Зменшення біорізноманіття екосистем коралових рифів та уловів риби #. Втрата великих територій берегової лінії #
Наземні екосистеми	Збільшення вегетаційного періоду рослин *. Зростання чистої первинної продукції лісів #. Збільшення частоти порушень екосистем внаслідок пожеж та впливу комах-шкідників *	Зникнення деяких біологічних видів *. Зростання чистої первинної продукції лісів продовжується або призупиняється *. Збільшення частоти порушень екосистем внаслідок пожеж та впливу комах-шкідників *	Втрата унікальних місцеіснувань ендемічних видів #. Збільшення частоти порушень екосистем внаслідок пожеж і впливу комах-шкідників *
Наслідки для здоров'я населення			
Тепловий стрес і зимова смертність	Зростання кількості випадків захворювання або смертності, пов'язаних зі спекою *	Посилення ефекту теплового стресу *	Посилення ефекту теплового стресу *
Трансмісивні хвороби і ті, що передаються водним чинником	Зменшення смертності в зимовий період в деяких регіонах з помірним кліматом. Посилення ефекту теплового стресу *	Розширення територій для потенційно можливої передачі тропічних хвороб #*	Подальше розширення осередків хвороб #*
Паводки та шторми	Збільшення випадків смерті, поранень та інфекційної захворюваності, пов'язаної з екстремальними погодними явищами #	Вагоміше збільшення смерті, поранень та інфекційної захворюваності #	Вагоміше збільшення смерті, поранень та інфекційної захворюваності #
Харчування	Бідні прошарки суспільства чутливі до зростаючого ризику голоду ■.	Бідні прошарки суспільства продовжують залишатися чутливими до зростаючого ризику голоду	Бідні прошарки суспільства продовжують залишатися чутливими до зростаючого ризику голоду

Наслідки для водних ресурсів			
Водозабезпечення	Весняний паводок відбуватиметься раніше за часом *	Водозабезпечення погіршується у багатьох регіонах, що відчувають недостатність у водних ресурсах *	Наслідки для водо забезпечення посиляться *
Якість води	Якість води погіршується внаслідок підвищення температури та зміни об'єму стоку. Посилиться проникнення солоних вод у прибережні водоносні шари #	Якість води погіршується внаслідок підвищення температури та зміни об'єму стоку *	Наслідки для якості води погіршуються *
Потреба у воді	Потреба у воді для ірригації буде змінюватися в умовах змінюваного клімату *	Наслідки потреби у воді посилюються *	Наслідки потреби у воді посилюються *
Екстремальні явища	Збитки від повіней зростають внаслідок збільшення кількості опадів. Збільшується частота посух *	Подальший ріст збитків від повіней *. Збільшується частота посух *	Подальший ріст збитків від повіней *

Примітка. Для визначення достовірності використовувалася наступна шкала:

- * – висока достовірність – 67–95 %;
- # – середня достовірність – 33–67 %;
- – низька достовірність – 5–33 %.

За рядом сценаріїв очікують до 2100 р. загальний підйом температури на +1–3,5 °С. Водночас, досліджуючи зміни клімату вчені встановили, що парниковий ефект не завжди є небезпечним явищем.

Так, вивчаючи інтенсивність росту одних і тих самих порід дерев у місті Нью-Йорк й тих, що ростуть за сотні кілометрів від його, встановили, що «міські» дерева мають більшу масу та ростуть швидше і пов'язали цей факт з більшою температурою. В місті будинки та асфальт вдень накопичують тепло, а ввечері його віддають у навколишнє середовище. Також, є радикальна гіпотеза, що глобальне потепління зумовить масштабне озеленення планети і тим самим, забезпечить сповільнення парникового ефекту.

Темпи зміни клімату на планеті йдуть більш швидкими темпами порівняно з процесами видоутворення, тому характер і темпи змін будуть залежати від еволюційно виробленої складності та стійкості конкретних біологічних систем, впливу на екосистеми «чинників антропопресії».

Вплив зміни клімату на здоров'я людини тільки починає вивчатися, й уже відомо, що вони торкнуться багатьох важливих біологічних, екологічних, соціальних, епідемічних та інших процесів.

В США дослідники впливу глобальних змін клімату на здоров'я людини визначили найбільш значимі показники здоров'я:

1. Захворюваність та смертність пов'язана зі зміною температури;
2. Вплив на здоров'я екстремальних погодних явищ (*шторм, зміна кількості опадів, торнадо та ін.*);
3. Зміна якості здоров'я, пов'язана з забрудненням повітря;
4. Хвороби пов'язані з водним та харчовим чинниками;
5. Трансмісивні та емерджентні хвороби.

Запитання для самоперевірки:

1. *Визначте найвагоміші полютанти атмосфери природного та антропогенного походження.*
2. *У чому небезпека парникового ефекту?*
3. *Кислотні опади: причини та наслідки.*
4. *«Озонова діра» : шляхи контролю руйнування озонового шару.*
5. *Смог та його типи.*
6. *Шумове забруднення та його наслідки для біоти.*
7. *Вплив зміни клімату на біорізноманіття та структурно-функціональну організацію екосистем, здоров'я людини і водних ресурсів.*

РОЗДІЛ ІV. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, КОНТРОЛЬ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СЕРЕДОВИЩА

ТЕМА 4.1. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Ключові поняття та терміни: екологізація, екологічна безпека, екологічний ризик, управління якістю навколишнього середовища, безвідходне виробництво, антропогенні екологічні кризи, раціональне природокористування, альтернативна енергетика, енергія Сонця, вітру, підземного тепла, води, біоенергетичні технології, екологічне мислення, стратегія сталого розвитку «Україна-2020»

Наслідками некерованих впливів людини на природу, неефективного і невмілого господарювання стало формування антропогенних екологічних криз.

Екологічну кризу або надзвичайну екологічну ситуацію визначають як стійкі негативні зміни навколишнього природного середовища, які несуть загрозу для здоров'я людини.

Екологічні кризи постійно супроводжували еволюцію людини і хронологічно розташовані в такому порядку:

1. *Криза надмірного промислу тварин (криза консументів).* Виникла 10–50 тис. років тому в результаті мисливства та завершилася сільськогосподарською революцією.

2. *Криза примітивного поливного землекористування (криза продуцентів).* Виникла близько 2 тис. років тому у зв'язку з освоєнням неполивних земель, підвищенням ефективності виробництва сільськогосподарських культур і появою надлишків продукції.

3. *Криза надмірного промислу рослинності, яка виникла 150–350 років тому внаслідок інтенсивного використання мінеральних джерел енергії.*

4. *Криза фізичного і хімічного забруднення біосфери (криза редуцентів) була наслідком розвитку науково-технічного процесу у 40-60-х роках ХХ століття та антропогенного забруднення, передусім синтетично створеними речовинами, аналогів яких немає у природі.*

5. *Термодинамічна (теплова) криза спричинює кліматичні зміни в атмосфері й парниковий ефект. Забруднення атмосфери у 50-х роках минулого століття у Лондоні та перевищення допустимих норм полутантів у атмосферному повітрі було спричинено викидами з опалювальних систем житлових будинків і недосконалістю тогочасного законодавства.*

Екологічний ризик – це міра екологічної небезпеки, яка визначається:

- ***ймовірністю порушення природної рівноваги, до якої адаптована людина;***
- ***агресивним впливом чинників довкілля безпосередньо на людину, що проявляється у погіршенні здоров'я, передчасній смерті, підвищенні генетичного тягаря, прояві тератогенного ефекту тощо.***

Глобальний ризик для населення планети пов'язують з руйнуванням озонового шару, кислотними опадами, зміною клімату, руйнуванням лісів, розорюванням земель, осушуванням боліт, зниженням біорізноманіття, забрудненням усіх середовищ життя тощо. Вагомі чинники екологічного ризику для людини визначаються за особливостями харчування, підвищеним рівнем електромагнітного випромінювання, техногенними катастрофами, військовими діями тощо. Вторинними чинниками ризику є

соціальні наслідки війн і екологічних катастроф: міграційні потоки, епідемії та епізоотії та ін.

Екологічна безпека – це сукупність впливів, станів і процесів, які прямо чи опосередковано не загрожують природному середовищу, окремим людям або людству в цілому та забезпечується наступними заходами:

- **організаційними** (правовий механізм для забезпечення реалізації науково-обґрунтованих принципів охорони навколишнього природного середовища, раціонального природокористування та екологічної безпеки);
- **правовими** (система державних заходів правового регулювання збереження і відновлення природних ресурсів, державний та громадський контроль, юридична відповідальність правопорушення);
- **економічними** (матеріальне стимулювання, лімітування, фінансування і платежі за природокористування);
- **соціальними** (екологічний моніторинг, менеджмент, паспортизація, аудит, екоекспертиза, стандартизація та нормування).

Концепція екологічної безпеки базується на здатності природних систем до саморегуляції та самоочищення і тісно пов'язана з поняттям природокористування.

Природокористування – це процес взаємодії між суспільством і природою, в основі якого лежить освоєння, використання, відтворення природних ресурсів, а також антропогенний вплив на навколишнє природне середовище для задоволення потреб суспільства.

Досягнення екологічної безпеки можливе шляхом **раціонального природокористування**, коли екологічно обґрунтоване та високоефективне господарювання підтримує і підвищує продуктивність природних комплексів чи окремих об'єктів. В іншому випадку, коли в результаті діяльності людини порушується рівновага екосистем,

вичерпуються матеріальні ресурси, біосфера втрачає здатність до самовідтворення, самоочищення та саморегулювання, природокористування називають **нераціональним**.

Базовим принципом Концепції сталого розвитку України визначено пріоритетність екологічної складової над економічною.

Екологізація – це процес послідовного впровадження системи технологічних, управлінських та інших рішень для підвищення ефективності використання природних ресурсів з одночасним збереженням природного середовища.

Управління якістю навколишнього середовища є глобальною міжнародною проблемою і її вирішення потребує системного зваженого підходу, що базується на єдиній науковій та методичній базі. Система управління якістю навколишнього природного середовища лежить в основі стандартів ISO 14000, основним принципом яких є постійне вдосконалення для визначення і задоволення потреб зацікавлених сторін (*споживачі продукції чи послуг, жителі населеного пункту поблизу місця розташування організації*), на які організація впливає своєю екологічною діяльністю.

Головною формою екологічного контролю є незалежний аудит.

Екологізація виробництва передбачає постійне вдосконалення і створення нових наукових ідей, інформаційних матеріалів, технічних засобів та технологічних рішень для забезпечення екологічних умов виробництва.

Сучасна техніко-технологічна база промислового виробництва не дозволяє здійснювати ефективне очищення повітря і води. Екологізація виробництва на підприємствах України базується на наступних принципах:

- безвідходне виробництво при повній утилізації відходів, принцип якого запозичений у природних екосистем, що працюють за замкнутим циклом:

- ✓ мінімізація відходів та викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин;

- ✓ створення водооборотних циклів і безстічних систем для економії та охорони від забруднення шкідливими речовинами прісної води;

- ✓ впровадження систем переробки відходів виробництва та споживання;

- ✓ повернення в основний виробничий цикл вторинних матеріальних ресурсів;

- ✓ розробка і впровадження принципово нових процесів отримання традиційних видів продукції;

- ✓ створення регіональних промислових комплексів, підприємства яких пов'язані з переробкою відходів;

- ефективно поводження з відходами:

- ✓ усі виробничі процеси повинні здійснюватися за мінімального числа технологічних етапів, оскільки на кожному з них утворюються відходи та втрачається сировина;

- ✓ безперервність технологічного процесу, що дозволяє ефективніше використовувати сировину і енергію;

- ✓ оптимальна потужність технологічного обладнання, що відповідає максимальному коефіцієнту корисної дії та мінімальних втрат;

- ✓ модернізація і автоматизація технологічного устаткування;

- ✓ ефективне використання та заощадження тепла, яке виділяється за різних технологічних процесів.

Безвідходне виробництво. Досягнути повної безвідходності виробництва як в природних екосистемах є не реальним завданням. Ціль, яку необхідно досягнути – це розробка технологій, що дозволять

сформувати антропогенний колообіг якомога замкнутим, з мінімальною втратою природних ресурсів і енергії та зменшенням відходів, які забруднюють природне навколишнє середовище.

Маловідходні технології виробництва забезпечують максимально ефективно використання сировини і енергії. Одним із шляхів реалізації таких ідей є **рециркуляція** – повторне використання матеріальних ресурсів шляхом:

- створення нових виробничих процесів, що дозволяють мінімізувати або виключити технологічні стадії, на яких відбувається утворення відходів;

- переробки відходів на вторинні матеріали;

- розробки водооборотних циклів та безстічних систем на основі очистки стічних вод;

- створення і виробництво нових видів продукції із вторинної сировини.

Розробки біотехнологій дозволяють:

- здійснювати біологічну очистку стічних вод від органічних та неорганічних поллютантів;

- зброджувати тверду фазу стічних вод і твердих побутових відходів;

- забезпечувати мікробне відновлення ґрунту;

- нейтралізувати важкі метали в осаді стічних вод та ґрунті з використанням мікроорганізмів;

- проводити компостування – біологічне окислення відходів рослинності (*солома, листя дерев тощо*).

Антропогенне забруднення прямо пропорційно залежить від можливості споживання та використання енергії усіх видів і в різних країнах досягає нерівномірного співвідношення 1:40. Освоєння природних енергетичних ресурсів стимулювало створення машин, розробку нових методів отримання та переробки енергії, використання якісно нових її

видів. Так, наприклад, Японія – країна з мізерними запасами природних ресурсів зайняла одне з перших місць у світі по виробництву промислової продукції, лідируючи у новітніх галузях.

Екологізація енергетики спрямована на освоєння нових альтернативних видів енергії та способів її отримання.

Сонячна енергія використовує поновлюване, загальнодоступне і невичерпне джерело енергії, яке є екологічно чистим.

Геліоенергетика є галуззю альтернативної енергетики, яка найбільш динамічно розвивається. Енергію Сонця використовують для прямого перетворення в електрику або одержання тепла шляхом абсорбції сонячного випромінювання. Сьогодні вчені працюють над вирішенням питання довгострокового зберігання енергії отриманої від геліоустановок. Частково вже навчилися забезпечувати безупинну роботу сонячної енергетичної установки за допомогою акумуляторної батареї, яка накопичує енергію Сонця вироблену у денний час.

Сьогодні близько 90 % виробників геліоустановок використовують вартісні кремнієві технології, окупність яких складає в середньому 5 років. Окремим питанням є відпрацьовані фотоелементи, які містять отруйні речовини і потребують особливих умов утилізації. Водночас, Європейська асоціація фотовольтаїки прогнозує до 2030 р. забезпечення світового ринку енергії від 8,9 до 13,8 % за рахунок сонячних батарей.

Сьогодні, наприклад, уряд Німеччини надає своїм громадянам безвідсоткові кредити для встановлення геліоустановок та закуповує у населення – власників сонячних батарей надлишки виробленої енергії за ціною 0,50 євро за 1 кВт.

Найбільший досвід практичного застосування **вітрової енергетики** накопичений США, країнами Європи (Данія, Нідерланди, Німеччина). До 2020 р. Данія планує довести частку використання енергії вітру до 50 %, Німеччина – до 30 %, США – до 25 % у національному енергобалансі. Для

України вітроенергетика є одним із найперспективніших напрямів розвитку енергетики, передусім у Карпатському, Причорноморському, Приазовському регіонах та у Харківській і Полтавській областях.

Негативний вплив від вітрових установок пов'язаний з низькочастотним шумом й спорадичною загибеллю птахів. Місця, для встановлення вітряних турбін рекомендують обирати з врахуванням екологічної складової, а саме, враховувати шляхи міграції та місця відпочинку перелітних птахів. Відомо, що птахи облітають парки вітряних турбін на відстані мінімум 500–700 м, хоча раніше не розуміли що це таке і летіли прямо на них. Для видів, які гніздяться на землі, негативними є вплив шуму і вібрації від вітряків. Також, вітряки можуть стати причиною скорочення популяції кажанів, які не «чують» вітряну турбіну та летять прямо в її лопасті.

Геотермальна енергетика (енергія підземного тепла) є досить перспективним напрямом використання енергії земних надр для опалення, водопостачання, кондиціонування повітря житлових і громадських будівель. Геотермальні ресурси України обмежуються термальними водами, теплом нагрітих сухих гірських порід, ґрунтовою водою і ґрунтом. Останні круглий рік мають температуру +8-12⁰С, що дозволяє забезпечити ефективну роботу теплових насосів.

Одним із таких приладів є геотермальний тепловий насос, принцип роботи якого базується на передачі тепла із глибини ґрунту, скелі чи водойми через систему трубок з незамерзаючою рідиною до теплового насосу (Додаток, рис. 15). Отримане тепло використовують для опалення, підігріву води, басейну, зимового саду тощо, після чого рідина повертається до джерела нагрівання, відновлює свою температуру і направляється в зворотному напрямі по системі до насосу.

Порівняно з іншими системами опалення використовується незначна частина геотермальної енергії, але її економія становить від 60 до 80 %.

Енергія морів і океанів використовується у припливних (ПЕС) й хвильових (ХВЕС) електростанціях та електростанціях морських течій (ЕСМТ). Механізм отримання енергії базується на перетворенні механічної форми енергії у електричну.

Внесок **малих ГЕС** у «енергетичний котел» країн порівняно незначний, водночас, шкода від них для окремих екосистем є вагомим. *Так, річки зневоднюються, перетворюються в болота, сповільнюється течія, підвищується температура води, виникає ерозія берегів, а гідробіоти втрачають кормову базу. Їх економічна ефективність не перевищує 1 % енергії, що виробляється у Латвії.*

Біоенергетичні технології. Біопаливом є будь-яке паливо, що містить не менше 80 % матеріалів отриманих від живих організмів (*спирти, деревина, кукурудза, соя, льон, ріпак, цукровий буряк тощо*). Згубним для екосистем є вирощування рапсу для виробництва біопалива на значних територіях сільськогосподарських угідь. Біогаз – метан отримують від анаеробного бродіння органічної сировини (*гною, сміття, листя, соломи*).

В Скандинавії, Швейцарії, Польщі та інших країнах практикують використання котелень та ТЕЦ на такій сировині як солома. Її брикетують в так звані солом'яні пелети, що зручно для транспортування і зберігання. В Україні щорічно згниває від 45 до 70 млн. тон соломи, хоча в Копенгагені 60 % приміщень опалюються з використанням такої технології.

Розв'язання сучасних екологічних проблем повинно вирішуватися виходячи з **Концепції сталого розвитку**, базовими елементами якої є: стримування росту населення, раціональне використання ресурсів, розробка нових альтернативних джерел енергії, інновації у галузях економіки, промисловості, сільського господарства, освіти і культури тощо. Сталий розвиток є основою формування політики ряду країн ЄС та

інших країн світу, де прийняті Національні стратегії сталого розвитку і впроваджуються механізми зеленої економіки. Початок екологічно зваженого підходу до природокористування було покладено на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992), де було прийнято програму дій для досягнення взаємозв'язку економічної, соціальної та екологічної складових розвитку, що відображено у документі «Порядок денний на XXI століття». Сьогодні Україна у екологічній політиці керується багатьма законами і нормативно-правовими актами, головними з яких є **Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 р.»** та **Стратегія сталого розвитку «Україна-2020»**. Головними завданнями програми енергонезалежності держави визначено забезпечення енергетичної безпеки та перехід до енергоефективного і енергоощадливого використання й споживання енергоресурсів із впровадженням інноваційних технологій.

Для впровадження основних засад (стратегії) державної екологічної політики України у довгостроковій перспективі було визначено наступні цілі:

1. Підвищення рівня суспільної екологічної свідомості.
2. Поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки.
3. Досягнення безпечного для здоров'я людини стану навколишнього природного середовища.
4. Інтеграція екологічної політики та вдосконалення системи інтегрованого екологічного управління.
5. Припинення втрат біологічного та ландшафтного розмаїття і формування екологічної мережі.
6. Забезпечення екологічно збалансованого природокористування.
7. Удосконалення регіональної екологічної політики.

Екологічні кризи сучасної цивілізації потребують безперервного екологічного виховання та освіти, які дозволяють забезпечити формування **екологічного мислення** – здатності оцінювати результати своєї діяльності в аспекті впливу на природу і **екологічної свідомості** – розуміння нерозривного зв'язку людини з природою та залежності добробуту людини від цілісності середовища проживання, доведене до автоматизму.

Освітнє і наукове забезпечення безперервної екологічної освіти для реалізації Національної екологічної політики поєднує наступні складові:

- екологічна освіта для сталого розвитку;
- програма екологічної освіти в рамках державних освітніх програм для дошкільних, загальноосвітніх та вищих навчальних закладів;
- програми післядипломної освіти і перепідготовки фахівців.

Запитання для самоперевірки:

1. *У чому різниця між раціональним і нераціональним типами природокористування?*

2. *Які групи заходів забезпечують екологічну безпеку?*

3. *У чому полягає сутність екологізації виробництва?*

4. *Охарактеризуйте джерела альтернативної енергії.*

5. *Визначте найперспективніший для України вид альтернативної енергетики.*

6. *Опишіть в хронологічному порядку екологічні кризи зумовлені антропогенним впливом.*

7. *Які цілі визначено у Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 р.»?*

8. *Які передумови необхідні для формування екологічного мислення та екологічної свідомості?*

ТЕМА 4.2. ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

Ключові поняття та терміни: здоров'я людини, хвороба, екологічно обумовлені хвороби, екологія харчування, ГМО, система НАССР, екологічна епідеміологія, екологія неінфекційних та інфекційних хвороб, надмірна вага, алергічні хвороби

Людина як компонент екосистеми.

Вплив людини як компоненту навколишнього середовища може бути безпосереднім і опосередкованим, антропічним та антропогенним. Змінюючи природу в процесі своєї виробничої діяльності, створюючи нові штучні предмети й речовини людина впливає на життя інших людей. *Приклади опосередкованого впливу людей один на одного відомі з давніх часів, так, рубка лісу у верхів'ях річки зумовлює кількісні зміни травостою на заливних лугах нижче за течією.*

Основні аспекти впливу людини на навколишнє середовище:

1. Людина здатна істотно змінювати природний колообіг речовин та енергії, як в якісному, так і в кількісному відношенні, створюючи нові антропогенні цикли та потоки енергії.
2. Залежність людини від природного середовища поступово зменшується в міру розвитку суспільства.
3. Опосередкований вплив людини та навколишнє природне середовище через соціально-економічні чинники.

Сьогодні сформувалися окремі напрями досліджень, що вивчають залежність здоров'я людини від екологічних чинників: географічна патологія, біогеохімія, екологічна епідеміологія, екологія людини, екотрофологія та інші, а загальний моніторинг здоров'я населення планети координують Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) і програмами ООН по навколишньому середовищу (ЮНЕП).

Здоров'я людини (за визначенням ВООЗ) – це стан повного фізичного, психічного і соціального благополуччя, а не лише відсутність хвороби, тобто це збалансована рівновага організму людини з середовищем.

Хвороба, з екологічної точки зору, – це недостатня адаптація організму до середовища проживання, неефективна реакція організму на несприятливі зовнішні чинники, яка проявляється пошкодженням тканин, клітин та їхніх компонентів, що може створювати ризик для виживання живих організм в середовищі існування. *Так, на рівні моря для виживання людині необхідно мати в 1 мл крові 4–5 млн. еритроцитів, а на висоті 4000 м – 8 млн., хоча на рівні моря ця кількість згубна для організму і веде до важкого захворювання – еритроцитемії. Психози в перенаселених містах набагато частіше явище, ніж в сільській місцевості.*

Забруднення навколишнього природного середовища визначають як одну з найвагоміших причин погіршення здоров'я населення, виникнення хвороб, зростання показників смертності та розвитку депопуляційних процесів в багатьох країнах світу. Основним джерелом інформації про поширення еколого-зумовлених хвороб слугують дані про динаміку щорічної захворюваності й смертності, тенденції їх змін упродовж декількох років, а також дослідження вибіркового населення на окремих територіях або на промислових підприємствах та їх взаємозв'язок з клімато-географічними і спадковими чинниками.

За даними ВООЗ екологічно обумовлені хвороби складають близько 25 % патології людини. В структурі захворюваності населення України переважна більшість хвороб є мультифакторальними, тобто такими, що виникають за наявності спадкової схильності та відповідних умов навколишнього середовища. Структура захворюваності в значній мірі пов'язана з домінуючим в регіоні видом промисловості. *Наприклад, вплив викидів кольорової металургії зумовлює розвиток серцево-судинних хвороб,*

чорної металургії та енергетики – легеневих патологій, хімічної і нафтохімічної – алергічних, у великих індустріальних центрах вроджені вади серця зустрічаються у 3–5 разів частіше ніж у мешканців сільської місцевості.

Чинники, навколишнього середовища, що згубно впливають на здоров'я людини можна розділити на три групи:

- **фізико-хімічні або неорганічні** (наприклад, тепло, вологість, вітер, мікроелементи в ґрунті і, відповідно, в їжі та воді);

Чутливість людини до впливу забрудненого повітря залежить від багатьох чинників, серед яких вік, загальний стан організму, збалансованість харчування, наявність хронічних патологій та ін. Люди літнього віку, діти, особи, що палять та страждають на хронічний бронхіт, астму і серцево-судинну недостатність знаходяться в категорії ризику.

В історичному аспекті актуальність проблеми забруднення повітря пов'язують з драматичними випадками. У 1930 р. в долині р. Маас в Бельгії в грудні важкий туман і повна нерухомість повітря сприяли накопиченню у приземному шарі атмосфери викидів від розташованих неподалік підприємств. Понад 60 чоловік померло від ураження дихальних шляхів. У 1948 р. аналогічна ситуація спостерігалася поблизу р. Донора (США), де майже половина населення міста (12 тис. осіб) постраждала від ураження дихальних шляхів, а в грудні 1952 р. щільний холодний туман тримався над м. Лондон упродовж 4-х днів і смертність в цей період, переважно від бронхіту, склала 3500–4000 чоловік. Ці випадки привернули увагу світової громадськості до забруднення атмосфери димом й двоокисом сірки та їх взаємозв'язку зі здоров'ям населення. В м. Пекін (Китай) за останні 10 років кількість хворих на рак легень збільшилася на 56 % на фоні загального зменшення курців.

Серед безлічі захворювань, що спричинює забруднення повітря можна відзначити декілька найвідоміших та небезпечних.

Rachit — це захворювання поширене у міських дітей і пов'язане з недостатністю сонячного опромінення через значне задимлення атмосфери міст. На початку ХХ століття, до відкриття вітаміну Д, хворобу реєстрували у 50–80 % дітей Австрії та Великої Британії, 46–68 % — в СРСР, 20 % — у Болгарії.

Промислові зони розміщені поблизу житлових будівель створюють загрозу для їх мешканців. Так, хімічний елемент *берилій (Be)*, який використовують при виробництві електроустаткування і ламп денного освітлення спричинює враження шкіри та гостре запалення легенів. *кадмій (Cd)*, що використовують для виробництва кадмієвих електродів і кераміки зумовлює ураження легеневої та серцево-судинної системи й нирок. *Арсен (As)*, забруднення яким реєструють поблизу сталеплавильних заводів, є причиною роздратування і виразки шкіри, а у важких випадках — розладу шлунково-кишкового тракту та ураження периферичних нервів.

Близько 100 років тому угорські виноградари використовували As для боротьби з філоксерою – сільськогосподарським шкідником, але пізніше відмовилися від цього, оскільки виявили зв'язок хімічного елемента з, так званою, хворобою «рак виноградарів».

Багато миючих засобів містять велику кількість арсену, що створює загрозу помітного зростання його вмісту в річкових водах та реальну небезпеку всмоктування через шкіру при кухонній роботі;

- **біологічні або органічні.** Вміст у воді патогенних організмів може бути результатом природних процесів, пов'язаних з особливостями структурно-функціональної організації природних екосистем, а також результатом людської діяльності. Бактеріальне забруднення води є безпосередньою причиною таких серйозних епідемічних захворювань як холера, черевний тиф, дизентерія та інших кишкових інфекцій. Зі вживанням забрудненої води пов'язаний інфекційний гепатит і вся група

захворювань, що спричинюються паразитами (наприклад, амебами, фасціолами).

При контакті людини із забрудненою водою (купання, прання, рибний вилов, спорт) може відбутися проникнення різних паразитів через шкіру (наприклад, дранкульоз).

Згубні наслідки для здоров'я людини через не якісну воду можуть бути зумовлені не лише її безпосереднім вживанням або контактом з нею, але і через харчові ланцюги типу: вода → ґрунт → рослина → тварина → людина або вода → планктон → риба → людина;

- **соціально-економічні.** Пріоритетним завданням охорони здоров'я України, закріпленим на законодавчому рівні, є збереження і зміцнення здоров'я дітей та підлітків.

В останні роки в Україні відзначається тенденція до погіршення стану здоров'я дитячого населення на фоні зменшення його чисельності по всіх класах хвороб. Найбільший приріст показників розповсюдження патологій зареєстрований по класу новоутворень (39,0 %), хвороб органів дихання (32,1 %), вроджених аномалій (31,2 %), системи кровообігу (17,0 %) та хвороб вуха і соскоподібного відростка (16,1 %).

За показниками розповсюдженості хвороб вище середньо-українських лідирують: м. Київ (2637,56 на 1000 населення), Київська (2528,51), Вінницька (2335,3), Черкаська (2327,88) та Харківська (2301,20) області; нижче середньоукраїнських – Закарпатська (1414,99), Миколаївська (1514,4), Одеська (1670,39), Сумська (1627,60) і Херсонська (1633,99) області.

Екологія харчування – екотрофологія.

За останні 100 років в урбанізованому середовищі істотно змінилися умови життя людини, зокрема її харчування. Забезпечення населення високоякісною і безпечною їжею є необхідною передумовою охорони та

зміцнення здоров'я будь-якої нації, що визначає тривалість і якість життя кожної людини.

За оцінкою експертів здоров'я людини залежить від системи охорони здоров'я лише на 8–12 %, тоді як 52–55 % зумовлюють впливи соціально-економічних чинників, умов життєдіяльності та харчування.

Забруднення продуктів харчування представляє безпосередню загрозу для здоров'я людини. Виділяють забруднення продуктів харчування: біологічне, хімічне і радіоактивне, яке може відбуватися на всіх етапах її виробництва (*вирощування, переробка, транспортування*) та обігу (*зберігання, фасування, приготування, реалізація*).

При консервації продуктів у їжі можуть реєструвати надмірний вміст *олова (Sn)*, особливо при додаванні нітратів як консервантів. Відомі численні випадки отруєння оловом при вживанні фруктових соків з металевих банок.

При отруєнні *марганцем (Mn)*, що накопичується в організмі деяких гідробіонтів до рівня 0,1–30 мл/кг, спостерігають неврологічні порушення і синдром Паркінсона.

В середньовіччі отруєння *ртуттю (Hg)* носило назву «хвороба божевільного капелюшника», оскільки зустрічалася у майстрів, що займались виготовленням фетрових капелюхів, технологія виготовлення яких була пов'язана із застосуванням нітрату ртуті. В Японії у 1956 р. було зареєстроване масове отруєння населення метилртуттю, що зумовлено тривалими викидами ртуті у воду заливу Мінамата. Ртуть потрапляла у трофічний ланцюг, перетворювалася в метилртуть при метаболізмі донних мікроорганізмів, далі потрапляла в організми риб та людини. В Ірані у 1970-х роках ХХ ст. близько 500 чоловік загинуло після вживання в їжу хліба із зерна, обробленого гербіцидами на основі препаратів ртуті.

Близько 50 років тому *свинець (Pb)* почали додавати у бензин, що призвело до зростання концентрації хімічного елемента у водах Світового

океану — близько 10 тис. тон на рік. Багато морських гідробіонтів акумулюють свинець, який мігрує трофічними ланцюгами. Так, наприклад, тканини устриці акумулюють свинець, концентрація якого у 500 разів перевищує його вміст у воді. У Австралії свиням згодують муку з вмістом китового м'яса, а у свинині концентрація свинцю у 5–10 разів перевищувала допустимий рівень, навіть якщо в кормі було лише 1 % муки. У аборигенів резервації Суглук в північному Квебеці реєструють високий вміст свинцю в крові, що пов'язано з вживанням тюленячого і китового жиру.

Існує гіпотеза про занепад могутньої Римської імперії через хронічне отруєння свинцем римської знаті та погіршення розумових здібностей їхніх нащадків, адже за часів розквіту Стародавнього Риму використовували свинцеві труби для водогонів і металеві сплави, що містять свинець, для кухонного посуду та ємностей для пиття. Про це свідчать надмірні кількості свинцю в скелетах представників знатних римлян.

Токсичне забруднення деяких продуктів харчування може бути і результатом їх обробки. Так, виявлено надходження в організм канцерогенного бензопірену з копченими продуктами.

Відомі випадки природного накопичення **радіоактивних ізотопів** водними тваринами (устриця, щука, лосось, тунець), що може представляти серйозну загрозу для здоров'я людини.

Харчові емерджентні хвороби, поширення яких пов'язане зі споживанням контамінованої патогенними мікроорганізмами або продуктами їх життєдіяльності їжі (наприклад, харчовий сальмонельоз). Людина активізує процес адаптації мікроорганізмів шляхом широкого застосування антибіотиків, хімічних препаратів, пестицидів та технологічних прийомів, що зумовлюють виникнення стійких штамів з великим рівнем патогенності. В 2011 р. в Європі було зареєстровано один з найбільших спалахів інфекційного захворювання, спричиненого ентерогеморагічним штамом *E.coli*. Епідемія виникла в Німеччині, але

досить швидко охопила інші країни Європи та перекинулася до США й Канади. Всього у 16 країнах було зареєстровано 1321 випадок інфекції, серед уражених померли 50 осіб (48 були жителями Німеччини).

Передумови виникнення харчових емерджентних хвороб пов'язані з особливостями сучасного виробництва і споживання продуктів харчування:

- технологічні способи обробки харчової сировини, що спрямовані на збереження біологічної цінності продукту (*пониження температурних режимів обробки сировини, застосування біологічно активних добавок рослинного і тваринного походження, порушення технологічних режимів тощо*);

- використання в харчовій промисловості технологій подовження термінів зберігання продукту (*застосування холоду, харчових добавок, герметизації, вакуумного пакування тощо*);

- інтеграція виробництва ряду харчових продуктів (*молочних, м'ясних, консервів, безалкогольних негазованих напоїв тощо*) та укрупнення господарств, що займаються розведенням сільськогосподарських тварин на тлі появи великої кількості міні підприємств з виробництва копчених рибних і м'ясних виробів, хлібобулочних виробів, приватних підприємств громадського харчування тощо;

- інтенсифікація виробництва кормів для сільськогосподарських тварин з використанням антибіотиків, стимуляторів росту і консервантів;

- селекція та впровадження у харчові виробництва методів генної інженерії;

- інтенсифікація міжнародних торгівельних зв'язків та імпортно-експортних операцій з харчовою сировиною і готовою продукцією;

- зміна асортименту харчування:

- а) збільшення у раціоні городян частки свіжих овочів і фруктів;

б) вживання заморожених напівфабрикатів з сировини різного походження (*м'яса, морепродуктів, овочів, фруктів тощо*);

в) розповсюдження екзотичних кухонь (*східної, азійської тощо*), у яких використовують нетрадиційну харчову сировину, спеції, специфічні методи обробки.

З метою забезпечення споживачів доброякісною та безпечною продукцією в розвинутих країнах було переорієнтовано підходи щодо безпеки продуктів харчування. Для розробки міжнародних стандартів якості продукції ФАО та ВООЗ заснували і створили міжнародну комісію, яка розробляє стандарти для продуктів харчування. Запроваджено всебічний контроль ризиків на всіх стадіях виробництва, переробки, транспортування, зберігання та реалізації продуктів харчування або, як кажуть, „від лану – до столу”. В його основі є використання підходів, визначених в системі НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – аналіз небезпек і критичні контрольні точки). Передові українські підприємства харчової промисловості вже почали розробляти та впроваджувати системи управління безпекою продуктів харчування.

Генетичне забруднення. Біологічна безпека серед інших екологічних ризиків мало вивчена і дуже специфічна. Нині у багатьох державах створюють системи біобезпеки, а країнам що розвиваються сприяє програма ООН із захисту довкілля (ЮНЕП) спільно з Глобальним екологічним фондом.

Генетичне забруднення – це форма біологічного забруднення, яка виникла у зв'язку зі створенням і використанням генетично модифікованих організмів (ГМО) як побічний ефект сільськогосподарського виробництва та боротьби з голодом. В деяких країнах (*Російська Федерація, Туреччина, Румунія*) офіційно дозволено використання ГМО і продуктів, що містять такі організми у своєму складі. Відношення населення до генетично модифікованих організмів у різних

країнах є неоднозначним. Так, близько 75 % американців сприймають застосування продуктів біотехнології як великий успіх, а 44 % європейців – як серйозний ризик для здоров'я. Обмеження щодо поширення ГМО частково або повністю наклали такі країни як Австрія, Великобританія, Греція, Італія, Франція, Німеччина, Саудівська Аравія, Австралія та ін.

Потенційна небезпека використання ГМО полягає в наступному:

- можливість алергічної реакції на ГМО продукти;
- набуття організмами генів, які відповідають за антибіотикорезистентність;
- аутокросинг – це перенесення гену від генетично модифікованих організмів до природних об'єктів, що загрожує зменшенню біорізноманіття.

У 1982 р. група дослідників концерну «Монсанта» вперше здійснили генетичну трансформацію рослин і стали лідерами сільськогосподарської біотехнології. Водночас, з діяльністю цієї компанії було пов'язано використання дефоліанта «Агент Оранж» (речовина, що спричинює опадання листя у рослин), яку використовували під час війни у В'єтнамі. Загалом, близько 14 % території країни було піддано впливу цієї отрути, а серед населення постраждало близько мільйона чоловік через інвалідність та спадкові хвороби, зумовлені сильним мутагенним і канцерогенним впливом діоксинів.

Функціональна їжа. В останнє десятиліття реєстрували стрімке зростання хронічних хвороб та їх взаємозв'язок з незбалансованим харчуванням. До харчових продуктів стали відноситись як до ефективного засобу профілактики хвороб, підтримання фізичного і психічного здоров'я населення.

В Японії у 80-х роках минулого століття виникло поняття «функціональні продукти», що визначено як окрема категорія продуктів харчування – фоду, для специфічного оздоровчого використання. В Європі

концепція функціонального харчування почала розроблятися лише в 90-х роках і в результаті тривалих дискусій був розроблений документ «Наукова концепція функціонального харчування в Європі» (*Scientific Concepts of Functional Food in Europe*). Функціональні продукти визначено як такі, що чинять сприятливий вплив на здоров'я людини, містять у своєму складі фізіологічно активні інгредієнти, окрім традиційних поживних властивостей, та впливають позитивно на ту чи іншу фізіологічну функцію організму.

Екологічне виробництво продуктів харчування. Поняття «еко- або біопродукту» було визначено на початку 90-х років ХХ століття в США. Сьогодні у світі питання виробництва екологічно чистих продуктів є актуальним. Однак, частка харчів отриманих за допомогою органічного виробництва складає лише 10 % у Австрії та Німеччині, близько 25 % – у Швеції.

Європейські країни та Америку охопив новий тренд – вживання в їжу продуктів вирощених неподалік. В основі такої ідеології лежить соціальна відповідальність, тобто підтримка місцевих фермерів, а також бажання харчуватися смачною та корисною їжею. Продукт, зірваний не достиглим, і що знаходився тижні в дорозі та на складах, підлягає зміні мікроелементного, вітамінного складу, змінюється його поживна цінність. В останні роки з'явилась мода на їжу зібрану з полів і лісів (рослини, ягоди, лишайники, мох), тобто в природних екосистемах, вважаючи її дешевою та здоровою.

Надмірна вага населення. Темпи поширення ожиріння серед населення планети сьогодні досягли масштабів глобальної епідемії, наслідками якої є зростання темпів захворюваності, збільшення витрат на медичне обслуговування, скорочення тривалості життя та погіршення його якості.

Передумови розвитку епідемії ожиріння виникли у ХХ столітті і пов'язанні з рядом чинників, а саме:

1. Зміна режиму й характеру харчування пов'язано з:

- доступністю харчів, що зумовлено появою світових житниць (Америка, Аргентина, Україна, Австралія) та науково обґрунтованої хімічної промисловості (використання у сільському господарстві пестицидів, стимуляторів росту, нових сортів сільськогосподарських культур), що відіграло ключову роль у розвитку «зеленої революції»;
- розробкою методів тривалого зберігання продуктів харчування, засобів збагачення смакових відчуттів, мережі гіпермаркетів;
- розвитком дешевих способів транспортування сировини і харчових продуктів;
- збільшенням порцій їжі;
- вживанням висококалорійної їжі та зростанням добового вмісту калорій у раціоні;
- споживанням великої кількості солодких напоїв і солодошів;
- харчуванням поза домом і розвитком індустрії швидкого харчування.

2. Розвиток автомобільної промисловості та зниження рухової активності населення.

3. Індивідуальна генетична схильність до накопичення жирової тканини, що в середньому складає від 35 до 63 %.

4. Гормональні порушення. Молекули ендокринних руйнівників різноманітні та включають синтетичні хімічні речовини, які використовуються в промисловості в якості розчинників, мастильних матеріалів (діоксини, поліхлоровані біфеніли), затверджувачів у виробництві пластмас (бісфенол А), пестицидів (метоксихлориди, дихлордифеніл-трихлоретан – ДДТ), фунгіцидів (вінказолін) та ін. Вони входять до складу багатьох побутових предметів: пластикових упаковок,

будівельних матеріалів, містяться у викидах автотранспорту і промислових підприємств, миючих засобів, косметичці, водопровідній воді та їжі.

5. Сон та циркадні ритми. Скорочення сну у дорослих і дітей в сучасному світі проходить синхронно зі зростанням темпів поширення ожиріння. Причини такої тенденції пов'язують з:

- електрифікацією;
- розвитком телебачення, комп'ютерних технологій та соціальних мереж;
- високою оплатою видів робіт пов'язаних з малорухливим способом життя.

6. Шлюбна асортативність, тобто перевага у виборі партнера за наявністю або відсутністю будь-якої ознаки. Ранній вік розвитку ожиріння полегшує ідентифікацію схожих партнерів. *Встановлено, що ризик ожиріння у людини зростає на 37 % при його наявності у матері або батька, на 40 % – у брата чи сестри, на 57 % – у приятеля.*

Екологічна епідеміологія.

Екологічна епідеміологія – це нова наука, що вивчає формування екологічних умов і ризиків для здоров'я людини, поширення екологічно обумовлених хвороб природної та техногенної етіології в популяції населення.

Захворювання населення класифікують наступним чином:

- **епідеміологія неінфекційних хвороб** вивчає причини виникнення, фактори ризику і закономірності розвитку хвороб неінфекційного характеру, розробку методів профілактики та планів дій по запобіганню захворювань серцево-судинної системи, органів дихання, алергічних, психічних, а також захворюваності й смертності від злоякісних новоутворень (*гемофілію, альбінізм, дальтонізм, ендемічний зоб, стронцієвий рахіт, азбестова хвороба та ін.*).

В етіології багатьох екологічних хвороб провідне місце належить потраплянню в організм з продуктами харчування або з водою надлишкової кількості токсинів. Так, хвороба *Мінімата*, пов'язана із забрудненнями ртуттю промислових стоків і річної фауни; причиною патології *Ітай-Ітай* був полив рисових полів водою забрудненою стічними водами, що містили *кадмій*; хвороба «чорна п'ята» і рак шкіри є результатом споживання питної води з високим вмістом *арсену*. Причиною патології «множинна хімічна чутливість» та «хронічна втома» пов'язують з потужним і стрімким зростанням промислового виробництва та енергоспоживання (майже у 100 і 1000 разів, відповідно, за останні 100 років).

Не менш актуальними є патології зумовлені впливом внутрішнього житлового середовища «синдром хворої будівлі», «захворювання пов'язані з будівлями», які пов'язані з сумісним впливом хімічних, фізичних та біологічних чинників. Близько 30 % нових або реконструйованих будівель є причиною патологічних змін у стані здоров'я. Вони характеризуються головним болем, алергічними проявами, нудотою, підвищеною втомлюваністю та ін.

- **епідеміологія інфекційних і паразитарних хвороб** досліджує закономірності розвитку та перебігу власне інфекційних та паразитарних (інвазійні) патологій, в основі яких лежить комплекс «паразит – хазяїн».

Епідемічний процес — це ланцюг заражень від людини до людини, а **епізоотичний процес** — від тварини до тварини або людини.

Епідемічний процес виникає і підтримується лише за умови спільної взаємодії 3-х первинних рушійних сил або ланок епідемічного ланцюга, які отримали назву **тріада чинників епідемічного процесу** (рис. 31):

I. Джерело інфекції — це заражена людина або тварина, організм якої є природним середовищем перебування, розмноження і накопичення

патогенних мікроорганізмів, звідки вони виділяються у довкілля та можуть заразити інших людей або тварин.

II. Механізм передачі збудника інфекції – це еволюційно сформована здатність збудника пересуватися від одного хазяїна до іншого. Розрізняють механізми передачі збудника інфекції: аерозольний, фекально-оральний, трансмісивний, контактно-побутовий, внутрішньоутробний та ін.

III. Сприйнятливість до інфекції – властивість організму відповідати інфекційним процесом на зустріч зі збудником за рахунок специфічної і неспецифічної резистентності.

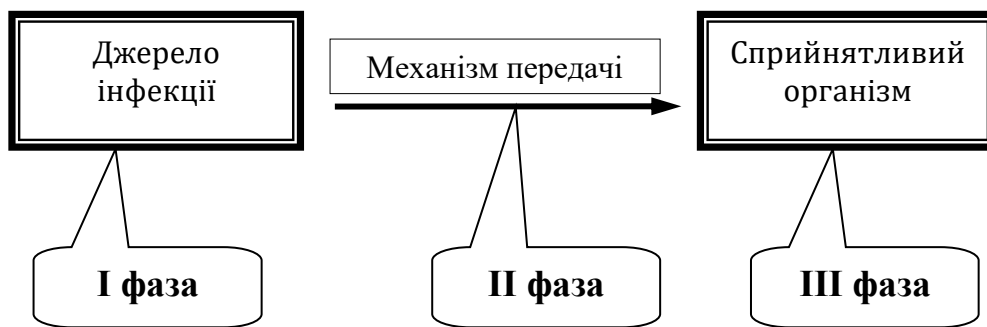


Рис. 31. Схема механізму передачі інфекції

Найважливішими серед комплексу абіотичних чинників, який визначає існування тріади епідемічного процесу є температурний поріг розвитку, сума ефективних температур, вологість та ін. *Наприклад, вірус жовтої лихоманки в комарах за температури +37 °C вже за 4 доби стає заразним для людини, а за +18 °C – залишається нешкідливим упродовж 30-ти діб і більше. Поширені у країнах з помірним кліматом малярійні плазмодії здатні розмножуватися та досягати інвазійної стадії в комарах у інтервалі температур від +16 до +30 °C. Швидкість проходження відповідних етапів життєвого циклу плазмодіїв найбільша за оптимальної температури, яка є різною для різних видів. Водночас, плазмодії – збудники тропічної малярії в умовах помірного клімату не здатні досягати*

інвазійної стадії розвитку в організмі комара. Через досить короткий теплий сезон їм не вистачає суми ефективних температур, хоча відповідні види комарів в Україні наявні.

Проблеми охорони здоров'я людини вкрай рідко фігурують серед екологічних програм та програм збалансованого розвитку, а нерідко природоохоронні заходи знаходяться в прямому протиріччі з охороною здоров'я людини, створюючи серйозні екологічні проблеми. Так, окремі екологічні проекти, вирішуючи важливі екологічні проблеми створюють сприятливі умови для поширення небезпечних хвороб людини. *Наприклад, серед населення м. Новосибірськ реєстрували зростання випадків ураження кліщовим енцефалітом, що було пов'язано з привабленням у міські парки бурундуків з їхніми паразитами-кліщами та одночасну відмову від обробки парків інсектицидами. У США ріст хворих на хворобу Лайма пов'язаний зі збільшенням чисельності оленів, що охороняються законом, а разом з ними паразитів-кліщів та мікроорганізмів-борелій.*

Соціальні й природні умови можуть сприяти або перешкоджати виникненню і розповсюдженню інфекційних захворювань, але самі по собі не можуть їх спричинювати без наявності біологічного чинника. Втручання людини в організацію біологічних систем призводять до порушення екологічної рівноваги, яка формувалася тисячоліттями і призводити до виникнення осередків хвороб та їх швидкого розповсюдження.

Міська флора і фауна включає як аборигенні види, так й інвазійні (*колонії голубів, горобців, міських ластівок, гризуни, дикі ссавці*). У місті зустрічаються види, пов'язані зі скельним місцеіснуванням, які освоюють вертикальні скелі будинків, підвальні приміщення подібні до печер та нір, міські парки і сади можуть бути придатними для життя великої різноманітності видів флори та фауни.

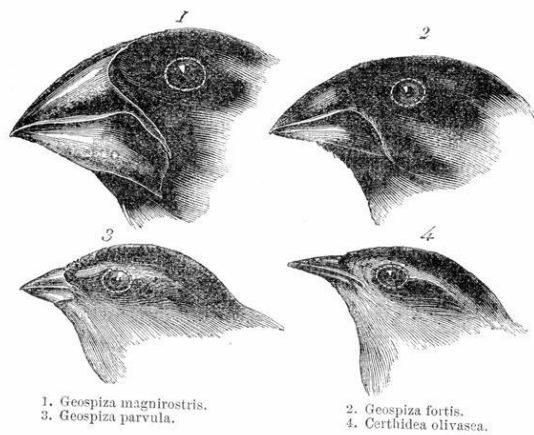
Голуби, залежно від доступності їжі, мають від 3-х до 7-ми репродуктивних циклів на рік, а для зимівлі вони збиваються у зграї, тим самим створюючи сприятливі умови для поширення аерозольних інфекцій (орнітози, пташиний грип). Європейські міста (Венеція, Мюнхен, Мадрид, Лондон) для вирішення проблеми зменшення популяції міських голубів використовували різні методи: штрафи та виселення з квартир мешканців, які підгодовують птахів, відлов і отруєння птахів, екологічні методи – хижі птахи (рис. 42).

Синантропізація деяких видів, наприклад, сірого та чорного щурів і польових мишей була пов'язана з тим фактом, що людина почала зберігати свою їжу «про запас» в коморах, будинках, сховищах. Блохи, хазяями яких були дикі гризуни, змінили свого хазяїна й перейшли на гризунів, що мешкали поруч з людиною, і це призвело до виникнення рукотворної «чумної екосистеми».

Яскравим прикладом синантропності є види: кабан дикий, олень, лисиця, які у ХХ ст. стали поширеними на території більшості європейських держав і отримали визначення інвазивного виду небезпечного для функціонування природних та урбанізованих екосистем (Додаток, рис. 16, 17).

Вченими зареєстровані випадки зворотної еволюції видів, місцеіснуванням яких є урбоекосистеми. Так, в'юрки на Галапагоський островах вперше описані Ч. Дарвіном у його теорії видоутворення, володіли високою морфологічною різноманітністю. Водночас, дослідження їх ДНК підтвердило, що вони є нащадками єдиного континентального виду (рис. 32).

Будова і розмір дзьобу птахів пов'язані з особливостями їхнього харчування: дзьоби товсті конічної форми пристосовані до роздавлювання оболонок насіння, тонкі та слабкі – вживання комах і квіток, дятлові дзьоби в'юрків – для видобування гусені та лялечок комах з дерев.



У зв'язку з урбанізацією островів птахи почали харчуватися залишками їжі людини, і відповідно, морфологічні відмінності дзьоба суттєво змінилися лише через 200 р. після їх описання.

Рис. 32. Морфологічні відмінності дзьоба у в'юрків Дарвіна

Алергічні захворювання. Алергія сьогодні вважається однією з найрозповсюдженіших хвороб на Землі, на яку страждає кожен п'ятий житель світу. Симптоми алергії описували ще лікарі древності, але людство звернуло увагу на алергічні патології лише у ХХ ст., а вивчило їхню природу лише наприкінці минулого століття.

У промислово розвинених країнах на алергічні хвороби (*дерматити, алергічні риніти, бронхіальна астма*) страждають від 20 до 50 % населення, що пов'язують з комплексним впливом продуктів біотехнології та хімічних речовин. *Наприклад, хвороба «ангарська пневмонія» пов'язана з негативним сумісним впливом забрудненого атмосферного повітря та споживанням продуктів мікробного синтезу. Постійно з'являються нові хвороби, етіологія та патогенез яких мало вивчені: «синдром множинної хімічної чутливості» і «синдром хронічної втоми».*

Серед аерополютантів територій розташованих поблизу промислових зон та автомагістралей найпоширенішими є окис вуглецю, діоксид сірки і азоту, метали, пил, продукти неповного згорання бензину (нафтовуглеводи, формальдегіди та ін.), індустриальний та фотохімічний смог. Вони пошкоджують клітини слизової оболонки респіраторних шляхів, спричинюють запалення, підвищену проникність для аероалергенів і сприяють сенсibiliзації.

Серед провокуючих чинників та факторів ризику алергії на особливу увагу заслуговують:

- різке погіршення екологічного стану місць проживання, в тому числі за рахунок екологічних катастроф планетарного масштабу;
- інтенсивний розвиток промисловості без належного застосування природоохоронних заходів;
- гострий та хронічний стреси;
- безконтрольне застосування медичних засобів, передусім таких, що здатні депонуватися в організмі;
- зміна характеру харчування;
- використання синтетичних косметичних засобів, дезінфікуючих препаратів, синтетичних виробів тощо;
- зменшення інфекційного пресу.

Окремі алергічні захворювання є своєрідним маркером забруднення довкілля, *наприклад, бронхіальна астма у дітей свідчать про забруднення атмосферного повітря.*

За даними епідеміологічних досліджень, проведених в різних країнах, встановлено, що на бронхіальну астму хворіють 5–9 % дорослого населення та 8–12 % — дітей, поліноз – понад 20 %, алергодерматози – 10–15 %.

Мешканці сучасних міст, зокрема діти, значну кількість часу проводять у приміщеннях. Домашній пил представляє собою повністю антропогенний субстрат, до складу якого входять частинки пилу, ґрунту, текстильні волокна, епідерміс і волосся людини, шерсть домашніх тварин, продукти життєдіяльності мікроорганізмів житлових приміщень, пилок рослин, гриби (цвілеві та дріжджові), синьо-зелені водорості та ін. Із 150-ти видів пилових кліщів найвагомніше екологічне значення мають лише 13, які належать до родини Pyroglyphidae.

Не менш актуальними є патології зумовлені впливом внутрішнього житлового середовища «синдром хворої будівлі», «захворювання пов'язані із будівлями», які зумовлені сумісним впливом хімічних, фізичних і біологічних чинників. Близько 30 % нових або реконструйованих будівель є причиною патологічних змін у стані здоров'я населення. Вони характеризуються головним болем, алергічними проявами, нудотою, підвищеною втомлюваністю та ін.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Які групи чинників навколишнього середовища впливають на здоров'я людини?*
- 2. Дайте визначення поняттю екологічно обумовлені хвороби.*
- 3. У чому різниця між екологією інфекційних та неінфекційних хвороб?*
- 4. У чому полягає сутність системи контролю якості продуктів харчування НАССР?*
- 5. Проаналізуйте причини розвитку найпоширеніших екологічно обумовлених хвороб сучасності.*
- 6. Охарактеризуйте триаду епідемічних чинників та формування епідемічного процесу.*
- 7. Як на здоров'я людини впливають особливості харчування та харчова цінність продуктів.*
- 8. Як озеленення території міст впливає на здоров'я населення?*

ТЕМА 4.3. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗМІНИ ДЕМОГРАФІЧНОЇ СИТУАЦІЇ

Ключові поняття та терміни: демографічний вибух, темпи старіння населення, стадії демографічного розвитку, урбанізація, соціально-демографічна ситуація в Україні, ємність середовища

Причини і наслідки чисельності світового населення в історичному аспекті. Людина населяла Землю вже в 500 000 р. до н.е. та темпи зростання населення в минулі часи було досить повільним. За даними істориків й археологів, в часи, коли людина почала опановувати вогонь чисельність її популяції складала 1 млн., на зорі землеробства – до 10 млн., до початку нашої ери чисельність населення Землі оцінювалася в 250 млн., а до 1650 р. вона подвоїлася, досягнувши 500 млн. чоловік. Перший мільярд було досягнуто близько 1830 р. Надзвичайні темпи збільшення чисельності населення у ХХ ст. – від 1 млрд. 600 млн. у 1900 р. до 6 млрд. 100 млн. у 2000 р. відбувалося переважно за рахунок приросту населення у країнах, що розвиваються. Частка населення Європи у світі зменшилась від 1/4 у 1900 р. до 1/8 у 2000 р. на відміну від Азії, де приріст населення сягнув 2 млрд. Проте найвищі темпи зростання населення демонструє Субсахарська Африка, населення якої зросло майже втричі, при цьому частка дітей у віці до 15 років становить 30 %.

Найважливішими демографічними чинниками є показники народжуваності, смертності, міграції та тривалість життя. Для України за останні 20 років динаміка чисельності наявного населення суттєво знизилась (рис. 33).

У розвинутих країнах збільшення доходів населення і пропаганда здорового способу життя зумовили зростання тривалості життя та зменшення рівня народжуваності (1,7 народжень на 1 жінку). За такої ситуації для збереження стабільної ситуації на ринку праці й підтримання

досягнутого рівня добробуту необхідним є зростання імміграційних потоків з країн, що розвиваються.

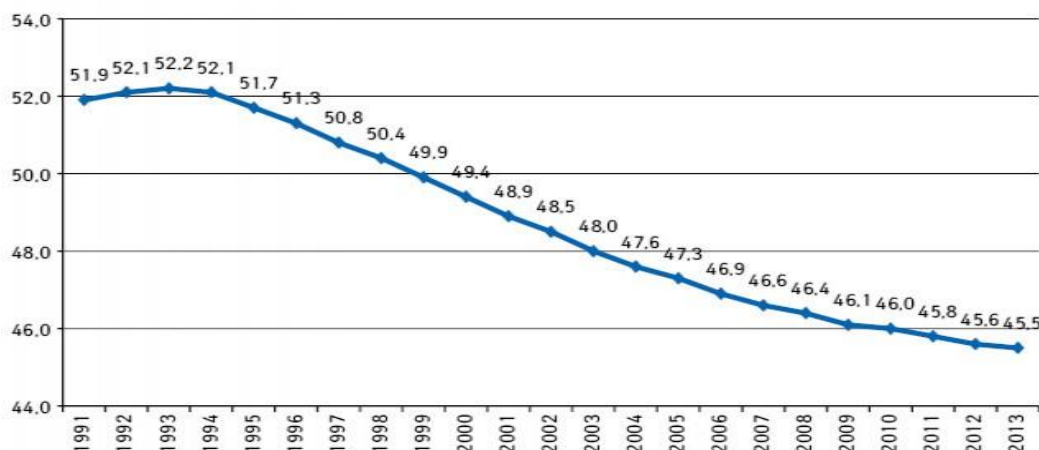


Рис. 33. Динаміка чисельності наявного населення України з 1991р. по 2013 р., млн. осіб

Чисельність населення пенсійного віку (старше 60 років) в Україні постійно зростає, тобто тягар утримання дедалі більшої кількості непрацездатних людей лягає на плечі працездатного населення (рис. 34).

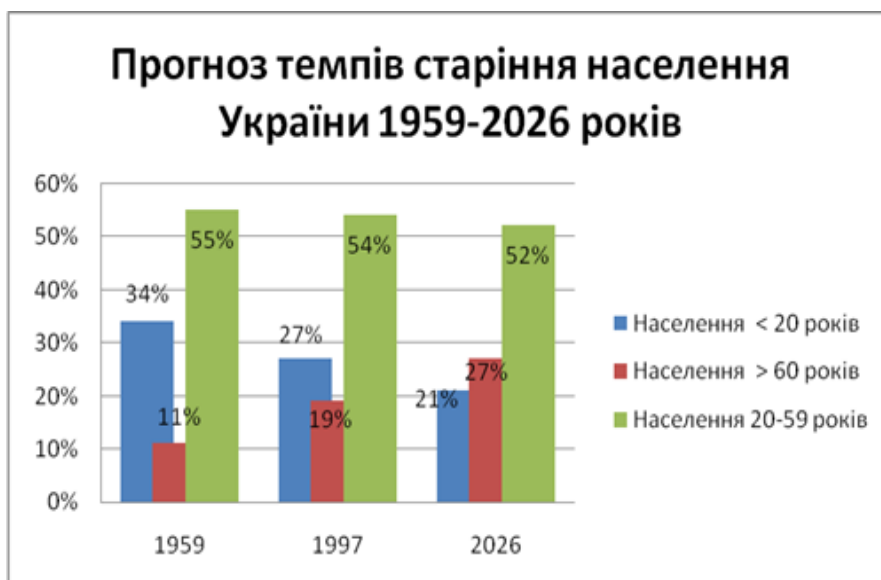


Рис. 34. Прогноз темпів старіння населення України

Показники очікуваної тривалості життя при народженні зростають у всьому світі від 41-го року у 1050 р. до 66-ти років у 2006 р. У Японії, Італії, Німеччині понад 20 % населення становлять люди похилого віку (65 років

та старші). Нині у 11 країнах середній вік населення становить понад 40 років, але очікують зростання цього показника до 89 у 2050 р.

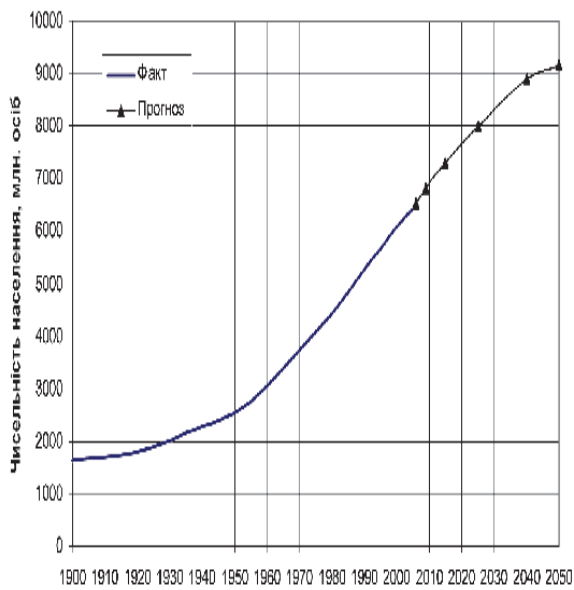


Рис. 35. Динаміка росту чисельності населення світу та прогноз

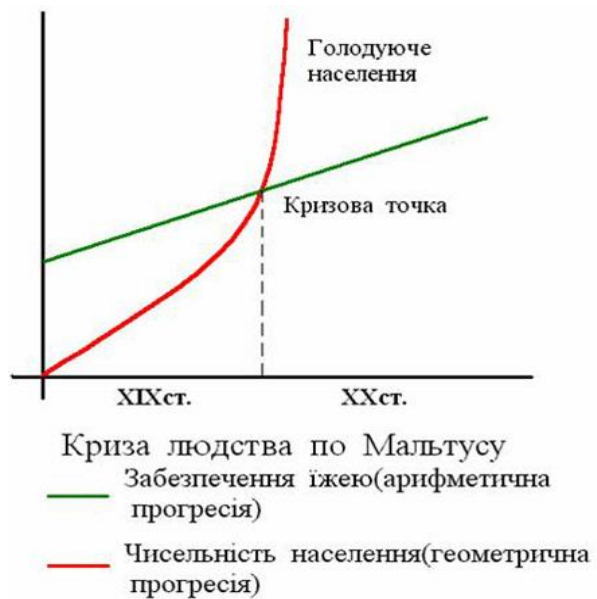


Рис. 36. Теорія народонаселення (за Мальтусом)

В даний час намітилася тенденція до зниження швидкості росту чисельності популяції людини (з 2 % у 60-ті роки ХХ ст. до 1,65 %) (рис. 35). За прогнозами чисельність людства до середини ХХІ ст. досягне 9,1 млрд. осіб, причому приріст буде залежати від двох основних чинників: темпів зниження народжуваності в країнах, що розвиваються, та перебігу епідемії ВІЛ/СНІДу.

Існує чимало гіпотез щодо достатності ресурсів біосфери для підтримки життя такої кількості людей. Так, у 1798 р. англійський священник та вчений Томас Мальтус видав книгу «Очерк про закон народонаселення», в якому ґрунтуючись на статистичні дані щодо міського населення доводив, що чисельність населення збільшується набагато швидше ніж створювані ним засоби існування, але сталість чисельності популяції підтримується за рахунок механізму саморегуляції, який проявляється у війнах та епідеміях (рис. 36). У 80-х роках минулого століття виникла нова концепція «золотого мільярду», автором якої був

радянський вчений акад. М. Моїсєєв. Відомий акад. С. Капіца побудував багатofакторну модель демографічного росту і довів, що народонаселення переживає якісні «стрибки», що в майбутньому зумовить стабілізацію населення планети на 12-14 млрд. після росту, що продовжуватиметься ще близько 100 років.

Водночас, існують й інші гіпотези щодо загрози перенаселення. Так, економіст Дж. Саймон вважає, що розвиток технологій дозволить в перспективі забезпечити належний рівень життя для населення будь-якої чисельності. Для підтвердження своєї правоти він запропонував П. Ерліху вибрати п'ять видів сировини з умовою, що якщо хоча б одна з них подорожчає через 10 років, економіст виплатить йому 10 тис. доларів. Ерліх П. обрав п'ять рідкісних кошовних металів (вольфрам, мідь, нікель, олово і хром). Через 10 років він змушений був публічно визнати свою помилку, оскільки зростання цін на рідкісні метали спровокувало науковий пошук, були винайденні їх замітники й потреба у перерахованих металах знизилась, що відобразилося у зниженні ціни.

У розвинених країнах, починаючи з середини XVIII ст., смертність населення стала скорочуватися. Цьому сприяли досягнення в медицині, підвищення комфортності роботи і побуту, інтенсифікація та зростання продуктивності сільського господарства. Зниження смертності на тлі високої народжуваності призвело до **демографічного «вибуху»**. Однак, з середини XX ст. поряд зі зниженням смертності стали реєструвати зниження народжуваності.

Стадії демографічного розвитку:

Стадія I. Високий ступінь стійкості: за слабого розвитку медицини рівень народжуваності високий, але й дитяча смертність теж висока. Населення росте повільно. Перша стадія характерна для країн з нестійким і низьким рівнем виробництва продуктів харчування. Велика частка населення цих країн зайнята в сільському господарстві.

Стадія II. Початковий період росту: суспільство навчилося контролювати захворювання, що зумовило зниження смертності. Народжуваність залишилася високою, що спричинило швидке зростання населення. *Стадія початкового періоду росту населення характерна для більшості країн Південної Америки, Африки й Південної Азії.*

Стадія III. Сучасний період росту населення. Соціальні або економічні зміни призводять до зниження народжуваності. Наприкінці цієї стадії чисельність населення стабілізується, оскільки зниження дитячої та іншої смертності компенсується низькою народжуваністю. *У промислових країнах переважно завершилася III стадія з низькою народжуваністю і низькою смертністю.*

Стадія IV. Низький ступінь стійкості. Нова стабільність населення підтримується за рахунок низької народжуваності та низької смертності.

Можливі три основні варіанти розвитку подій при досягненні населенням експотенційно-максимальної чисельності.

Перший варіант. Швидкість росту чисельності населення може залишатися незмінною аж до досягнення максимуму, а потім миттєво впасти до нуля. Цей варіант малоймовірний, тому що нез'ясований сам механізм подібних змін.

Другий варіант. Швидкість росту чисельності населення може сповільнитися за наближення до нульової величини. Цей варіант передбачає велику озброєність знаннями про межі, що накладаються природним середовищем, і великі можливості з боку суспільства по обмеженню народжуваності, ніж спостерігається в даний час.

Третій варіант. Швидкість росту чисельності населення може прийняти коливальний характер щодо значення насичення, періодично перевищуючи допустимий ліміт. Цей варіант може спостерігатися, якщо чисельність населення буде зростати експотенційно. Щоб запобігти

розвитку подій за третім варіантом, необхідно змінити характер росту чисельності світового населення.

Контроль за зростанням чисельності населення може включати такі заходи, як заборона мати родині більш ніж одну дитину (або інша кількість дітей) як в Китаї, встановлення віку вступу в шлюб, заборону дитячої праці, вдосконалювання системи охорони здоров'я, розвиток системи загальної освіти, поліпшення соціального положення жінок та впровадження положень гендерної політики, надання пенсій по старості та ін. Так, заборона більш ніж одну дитину у Китаї призвела до появи цілого прошарку населення без прав. Народжені поза законам не мають документів, права на освіту та охорону здоров'я і, нерідко, потрапляють у рабство.

Дослідження останніх 20-ти років дозволяють зробити два важливих висновки:

- по-перше, скорочення росту населення є посильним завданням для країни незалежно від рівня її економічного розвитку і не обов'язково проходити всі традиційні стадії індустріалізації, перш ніж здійснювати програму контролю за зростанням чисельності населення;
- по-друге, комплекс заходів, що ведуть до успіху в цій справі, в різних країнах буде відрізнятися залежно від звичаїв, релігії, способів господарювання і суспільного устрою.

Соціально-демографічна ситуація в Україні є складною та неоднозначною. Її характерними рисами визначено:

- низькі показники народжуваності;
- несприятливі тенденції стану здоров'я і тривалості життя населення;
- подальше старіння населення;
- деструктивні явища у шлюбно-сімейних відносинах;

- поширення соціального сирітства, бездоглядності та дитячої безпритульності;
- гендерна нерівність в усіх сферах життя;
- значні масштаби трудової міграції;
- економічна та політична нестабільність;

Серед усіх європейських країн охоплених депопуляцією в Україні на сьогодні реєструють один з найнижчих рівнів народжуваності та високий рівень смертності, що зумовило масштабність і сталість депопуляції та прискорені темпи скорочення чисельності населення (рис. 37). За період незалежності країни чисельність населення скоротилась на 6 млн. осіб (11,67 %), причини якої крилися у несприятливій соціально-економічній ситуації, тривалому падінні життєвого рівня населення, поширенні бідності, зростанні безробіття, маргіналізації широких верств населення та надмірній і економічно невиправданій диференціації за рівнем добробуту, доступом до якісної освіти та послуг охорони здоров'я.

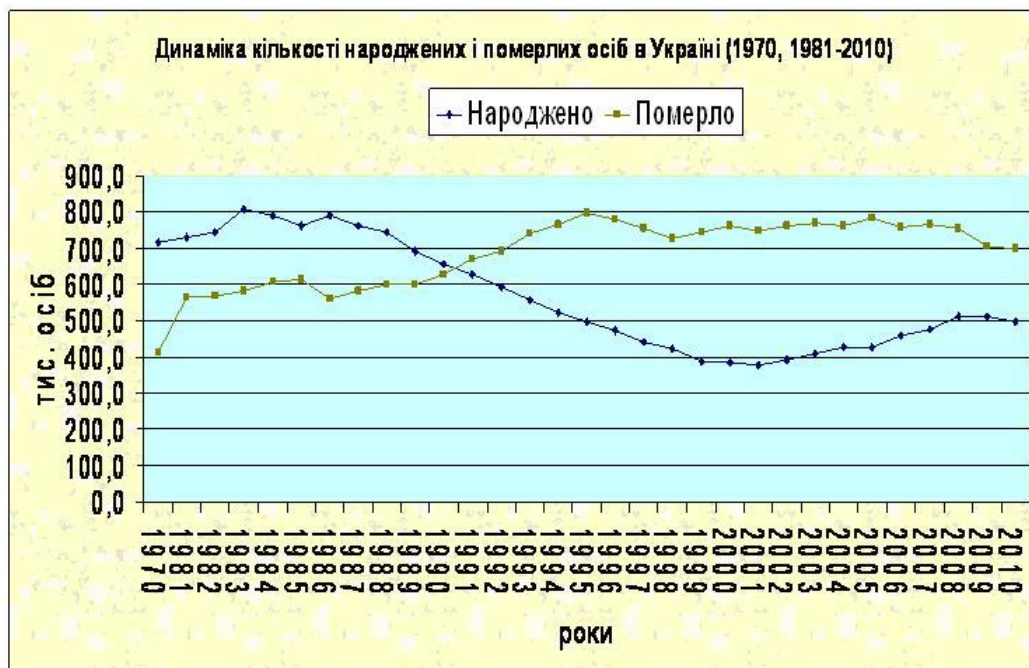


Рис. 37. Динаміка народжених і померлих осіб в Україні з 1970 р. по 2010 р.

Народження дітей відкладали «до кращих часів» або взагалі відмовлялись від цього, що зумовило невпинне зниження народжуваності. Бідність та злидні викликані необґрунтованою нерівністю в доходах і нерівномірним розподілом ефекту економічного зростання між різними групами населення, у першу чергу, позначилося на мешканцях сільської місцевості та багатодітних родин.

Ключовою проблемою сучасної соціально-демографічної ситуації в Україні є низька очікувана тривалість життя, що посідає останнє місце у рейтингу європейських країн. Ще 40-50 років тому цей показник становив понад 70 років і був близьким тогочасному рівню у таких країнах як Великобританія, Японія, Франція, Німеччина. Нині передчасна смертність українців (до досягнення 65 р.) складає 1/3 від усіх смертей, при цьому смертність чоловіків у віці від 15 до 60 років у 3, 5 разів, а у жінок – у 2,5 рази вища порівняно з країнами ЄС. Причини смертності пов'язані з:

- зі зловживанням алкоголем;
- інфекційними хворобами, зокрема туберкульозом, ВІЛ/СНІД та хворобами, що передаються статевим шляхом.

Причиною таких показників є погіршення ситуації щодо забезпечення рівного доступу населення до якісних послуг системи охорони здоров'я та освіти. В Україні доступність медичної допомоги істотно залежить від фінансової спроможності населення і місця проживання (постійно погіршується доступність діючих закладів для сільських жителів). За період незалежності в Україні відбувся вагомий перерозподіл тягаря фінансового забезпечення навчання дітей, поширення оплати та неофіційної доплати за догляд і навчання, що ускладнило доступ дітей з різних верств населення до якісної освіти, зокрема, вагомі диспропорції стосуються сільського населення. Поглиблює несприятливу ситуацію впровадження реформ (*пенсійної, освітньої, медичної та ін.*).

Зростання чисельності населення і ємність середовища.

Чисельність населення не може збільшуватися необмежено, оскільки ресурси природного середовища обмежені.

Зростання населення Землі потребує збільшення продовольчих ресурсів, оскільки вони є лімітуючим фактором. В період «зеленої революції» (1956-1970 рр.) в результаті селекції високоврожайних сортів сільськогосподарських рослин, застосування мінеральних добрив, гербіцидів, пестицидів, іригації земель тощо у світі було досягнуто середньорічне збільшення продуктів харчування на 2,2 %. Такі заходи призвели до стрімкого погіршення екологічної ситуації у галузі сільськогосподарського виробництва: виснаження ґрунтів, їх забруднення та ґрунтових вод мінеральними речовинами і отрутохімікатами (рис. 38).

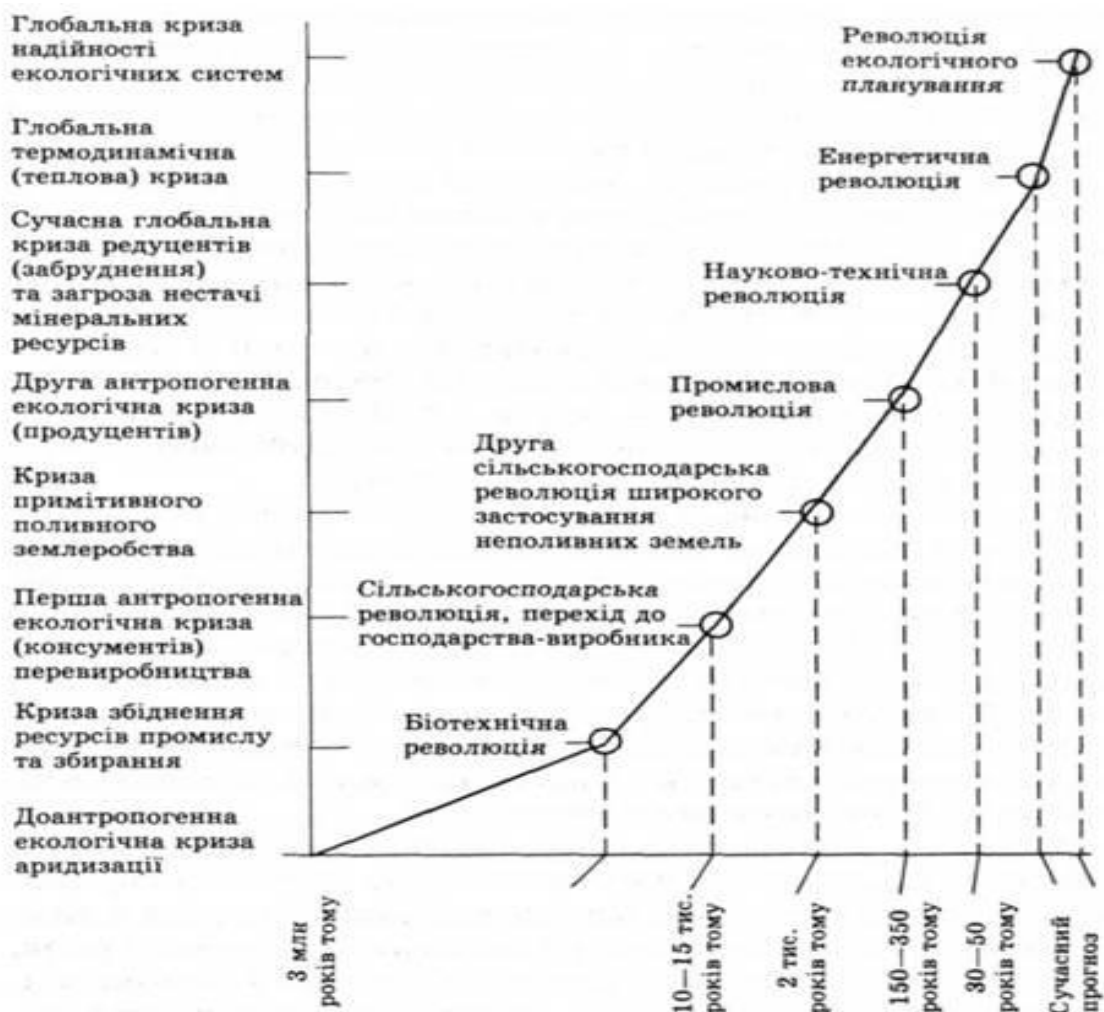


Рис. 38. Екологічні кризи та революції

Оскільки провідним чинником, що обмежує чисельність населення є продукти харчування, а фактори господарювання можуть варіювати у межах природного середовища, то може змінюватися і гранична чисельність населення.

Можливі чотири варіанти зміни чисельності населення у відповідь на зміни природного середовища.

Перший варіант спостерігається при незворотних змінах природного середовища, що супроводжуються зниженням кількості населення. *Ці зміни можуть наступити несподівано, наприклад, знищення потоками лави, випалювання земель при виверженні вулкана, погіршення кліматичних умов.* У цьому випадку чисельність населення скоротиться слідом за зниженням ємності середовища.

Другий варіант розвивається при періодичних змінах природного середовища. *Наприклад, при зміні упродовж року або декількох років продуктивності рослин, пов'язані з сезонними та кліматичними чинниками, умовами зростання тощо.* В цьому випадку чисельність населення залишається постійною за рахунок запасу харчових продуктів в урожайні роки або спостерігаються періодичні «голодні роки».

Третій варіант пов'язаний з періодичними міграціями населення: імміграцією та еміграцією.

Четвертий варіант проявляється при періодичних регулярних коливаннях стану природного середовища і низькій продуктивності (наприклад, засухи, падіж худоби) та передбачає велику озброєність знаннями про обмеження, що накладаються природним середовищем. Важливу роль в цьому випадку відіграє свідомість населення щодо обмеження народжуваності.

Урбанізація.

Урбанізація — це історичний процес підвищення ролі міст у житті суспільства, пов'язаний з концентрацією та інтенсифікацією не

сільськогосподарських функцій, розвитком міського способу життя, формуванням специфічних соціально-просторових форм розселення.

Одночасно з демографічним вибухом відбувається процес урбанізації населення планети. Так в 1880 р. частка міського населення в світі становила 1,7 %, в 1940 р. – 13,1 %, у 1970 р. – 37 %, в 1990 р. – 42 %. Ступінь урбанізації в промислово розвинених країнах вища ніж в країнах, що розвиваються. Сьогодні у світі частка міського населення складає близько 50 % і за прогнозами експертів ООН зросте до 60 % упродовж наступних двадцяти років. В Європі міське населення складає понад 70 %.

Місто визначають як нестійку природно антропогенну систему, що складається з архітектурно-будівельних об'єктів і значно порушених природних екосистем. На урбанізованих територіях жителі зайняті, переважно, поза сільським господарством, що робить його центром науково-технічного і соціального прогресу та зумовлює формування специфічного міського способу життя. Чисельність городян різниться від 250 осіб у Данії до 30 тис. у Японії.

Сучасні міста діляться на малі (до 50 тис. жителів), середні (50–100 тис.), великі (100–250 тис.), надвеликі (250–500 тис.), найбільші (500 тис. – 1 млн.) і міста-мільйонери (понад 1 млн. жителів). Із 30 мегаполісів світу більшість належать країнам, що розвиваються: Шанхай (22 млн), Делі (21 млн.), Нью-Йорк (21 млн.), Каїр (16 млн.), Сан-Паулу (20 млн.), Стамбул (10 млн.). Населення цих міст росте зі швидкістю 2 % у рік.

Інтенсивність трансформаційного процесу залежить від цілого ряду чинників: розмірів та віку міста, його структурно-функціональної організації, галузевої структури промисловості, особливостей природних умов, формування штучного рельєфу, специфічної флори і фауни, особливого міського мікроклімату.

Не оминув процес урбанізації Україну: якщо у 1897 р. частка міського населення сягала близько 13 %, то вже у середині 60-х рр. ХХ ст. цей

показник здолав символічний «урбаністичний екватор» – 50 %, а станом на 2013 р. – 69 %.

Найважливішим джерелом зростання міського населення була й залишається міграція сільських жителів у міста. На неї припадає більше половини приросту міського населення в Україні (Додаток, рис. 18).

З процесом урбанізації пов'язано негативні зміни навколишнього середовища, які відображаються на якості життя городян та призводять до цілого ряду серйозних соціальних проблем. До їх числа відносять:

1. Міжнародну міграцію, що сягнула безпрецедентних масштабів і відзначаються етнічною, релігійною та культурною різноманітністю. Це є новим явищем для багатьох країн, адже до недавнього часу вони були відносно гомогенними в етнічному відношенні (Додаток, рис. 19). В останнє десятиліття чисельність мігрантів значно зросла, так у США на 40 %, у Канаді – на 26 % і становить близько 17 % населення, у європейських країнах: Люксембурзі та Швейцарії – 25 %, Ірландії, Австрії, Німеччині, Іспанії, Греції, Великобританії перевищує 10 %. Етнічний склад мігрантів зумовлений історичними зв'язками та колоніальним минулим. *Наприклад, до Великобританії мігрують із Індії та Пакистану, до Франції – з Північної Африки, до Німеччини – з колишньої Югославії та Туреччини, хоча є випадки формування громад іммігрантів з країн, раніше не пов'язаних з цим чинником, наприклад, українців у Португалії (42 тис.), Іспанії (67 тис.), Чехії (102 тис.), Італії (120 тис.), Німеччині (129 тис.).* Приріст населення пов'язаний з народженням дітей, у яких один із батьків належить до іншої культури відбувається ще швидше ніж власне мігрантів і призводить до посилення етнічної різноманітності. В умовах масового прибуття чужоземного населення з відмінними традиціями, поглядами, мовою та культурою забезпечити гармонійний розвиток суспільства стає важко і виникає низка загроз: від національної самобутності до тероризму. Для території України мігранти інших національностей є малочисельними

(азербайджанці, грузини, турки, в'єтнамці, араби, індійці, поляки, словаки, німці, чехи, греки, угорці) і не справляють суттєвого впливу на етнічну культуру українців, швидкі темпи їх зростання засвідчують загальносвітову тенденцію, яка в майбутньому може зумовити вагомі зміни в суспільстві.

Технічні можливості та здешевлення транспортних і комунікаційних послуг дають змогу мігрантам постійно контактувати та відвідувати батьківщину, при цьому витратити там зароблені кошти. Суми переказів мігрантів перевищують фінансову допомогу країнам, що розвиваються (наприклад, Китай отримує 45 % усіх іноземних інвестицій від 30–40 млн. китайців, які проживають у 130 країнах). Крім цього, цінність представляють і науково-технічні знання, накопиченні в діаспорі. Так, висококваліфіковані індуси, які працювали менеджерами в трансатлантичних корпораціях, сприяли розвитку сфери високотехнологічного виробництва на батьківщині. Розвиток галузі дав змогу відкрити 400 тис. нових робочих місць й Індія поступово перетворилась з експортера інженерно-технічних працівників на експортера товарів і послуг. Такі приклади можуть під іншим кутом зору висвітлювати проблему втрати наукового потенціалу, яка гостро стоїть для багатьох країн. Наприклад, еміграція 40 % освічених турків і марокканців, 50 % – вихідців з країн Карибського басейну, 10 % – мексиканців стримує перспективи економічного розвитку та уповільнює формування середнього класу.

Формування глобальних міст на планеті, в яких розміщені штаб-квартири транснаціональних корпорацій, провідні торгівельно-фінансові установи забезпечує найбільший приток висококваліфікованих спеціалістів, водночас, виникає попит на непривабливі для місцевого населення робочі місця і приток менш кваліфікованих мігрантів. На підставі конкуренції новоприбулих з місцевим населенням та виникає

соціальна напруженість. Фемінізація – ще один чинник, який характеризує сучасну міграцію. Структурні зміни у світовій економіці, а саме стрімке зростання сегменту послуг (2/3 робочих місць) потребують некваліфікованої робочої сили, а жінки в розвинутих країнах активно виходять на ринок праці, проте претендують на високооплачувані престижні робочі місця.

2. Соціальну нерівність.

3. Забруднення навколишнього середовища. Забруднення *атмосферного повітря* у містах пов'язано в першу чергу зі збільшенням чисельності автопарку, зменшенням площ зелених насаджень, незадовільним станом дорожнього покриття, серйозними прорахунками у містобудуванні пов'язаними з відсутністю екологічно грамотного функціонального зонування міста, підвищенням поверховості будівель, ущільненням забудови, що зумовлює зменшення провітрюваності автомагістралей та недоліками організації міської транспортної системи. Програми заходів щодо запобігання забруднення повітря у великих містах розроблялися повільно, коштували дорого, проте вони принесли певні результати (*наприклад, Лондонці зараз бачать сонце на 70 % частіше, ніж у 1958 р.*). Перехід енергетичних установок з вугілля на нафту і природний газ значно зменшив викиди окислів сірки; удосконалення конструкції автомобілів знизило викиди газів, що містять окис вуглецю та вуглеводнів. Загальний рівень пилу в містах у 30–40 разів вище фонового. Поблизу промислових підприємств реєструють аномальні території, забруднення яких у 600 разів вище фонового, а безпосередньо в зоні промислового виробництва їхній вміст зростає в 10–20 разів.

Зміна гідрологічних та гідрохімічних режимів водних об'єктів пов'язано з формуванням дренажу каналізаційних систем, забудовою, асфальтним покриттям, порушенням природних зв'язків між природними та поверхневими водами. В містах реєструють прискорення скиду

поверхневих вод та їх концентрацію в певних місцях, що є причиною ерозійних процесів і збільшення забруднення водних об'єктів. Останнім часом більшість великих міст відчують наростаючі труднощі з *водопостачанням і дефіцитом питної води*. Хоча для задоволення життєвих потреб людини досить 5 л води на добу, їй потрібно значно більше: лише для особистої гігієни і побутових потреб витрачають 40–50 л води на добу. Витрати води в місті складають в середньому від 150 до 200 л, а в ряді промислових центрів — до 500 л у день на душу населення.

Близько 75 % усієї електроенергії, що виробляється у світі споживається в містах та утворюється 80 % загальних викидів парникових газів.

Озеленення міст є важливим елементом регулювання якості повітря в урбанізованому середовищі і профілактики хвороб людини. Зелені насадження забезпечують захист від промислових та автотранспортних викидів, шуму, пилу, снігових заметів, ерозії. Вони пом'якшують незручності міського життя, слугують формуванню урбаністичних систем, допомагають організувати простір, додають містам індивідуальний і неповторний вигляд.

У містах України зелені насадження розташовані на площі 4,6 тис. км² (38,4 % міських територій), а для загального вжитку вони доступні на площі 1,6 тисяч км² (13,4 % міських територій). За міжнародними нормами показник забезпеченості зеленими зонами загального користування на одну людину складає 25 м², в той час як у м. Києві він складає 16,3 м² на одного мешканця. В більшості випадків дерева вирубуються під будівництво нових будинків, розважальних центрів, магазинів, і нерідко, з порушенням закону. Громадськість активно виступає проти знищення зелених насаджень, але стримати тенденцію масової рубки дерев, без вдосконалення законодавчої бази, їй не вдається.

Прийнятий у 2011 р. Закон України «Про мораторій на видалення зелених насаджень на окремих об'єктах благоустрою зеленого господарства м. Києві» був прийнятий виключно для м. Києва і не впливає на охорону зелених насаджень в інших містах та населених пунктах України. Для захисту зелених насаджень, які ростуть у всіх населених пунктах України, групою народних депутатів і екологів було розроблено та внесено в 2013 р. до Верховної Ради України законопроект «Про зелені насадження міст та інших населених пунктів».

4. Зміна клімату. У великих містах середніх широт відмічають підвищення температури повітря, зменшення швидкості вітру та відносної вологості, збільшення хмарності і кількості опадів, днів з туманами та іншими кліматичними змінами. Такі трансформації негативно відображаються на металічних і бетонних конструкціях, призводить до зниження міцності будівель та комунікацій, погіршення самопочуття мешканців міста. Підйом ґрунтових вод і насичення вологою верхнього шару порід зумовлює зсуви та просідання ґрунту, а також нерідко супроводжується підвищенням вологості у підвалах будинків й створює сприятливі умови для розмноження комарів.

В містах формується особливий тип ґрунту – *урбанозем*, поверхневий шар якого (близько 40 см) створений людиною і включає різні антропогенні включення (будівельне та побутове сміття, частини дорожнього покриття тощо). Він характеризується великою концентрацією важких металів, лужною реакцією, зміною структури ґрунтових горизонтів, підвищеною щільністю і виступає в якості універсального біологічного адсорбенту, акумулюючи різні забруднювачі.

5. Зниження тривалості життя та періоду активної діяльності міських жителів, ріст показників захворюваності та смертності, погіршення психічного і соціального здоров'я, ріст різних форм девіантної поведінки (наркоманія, алкоголізм). В умовах великого міста

вплив на людину природного компонента ослаблено, а вплив антропогенних факторів різко посилено. Викиди промислових підприємств, комунальні та побутові відходи містять такі хімічні елементи як ртуть, свинець, кадмій, цинк, олово, мідь, вольфрам, сурма, вісмут, вміст яких у сотні і тисячі разів вище, ніж у природних екосистемах.

Найскладнішою проблемою великих міст є самотність людей. За статистикою в будь-якому мегаполісі дуже малий відсоток корінних городян (*у третьому-четвертому поколінні*), решта — мігранти.

6. Гендерна нерівність. Соціальні упередження та традиції в деяких країнах призводять до непередбачуваних наслідків.

В Індії з 2007 р. по 2011 р. кількість злочинів на сексуальному підґрунті зросло на 20 % і за статистикою реєструють по два зґвалтування жінок щогодини. Причиною спалаху насилля вважають недостатній рівень освіти та штучне регулювання статі народжених дітей. Після того, як медики навчилися визначати стать майбутньої дитини, в країні почали практикувати селективні аборти, в результаті чого на сьогодні серед 1,2-мільярдного населення чоловіків у віці 15–60 років більше на 27 млн. Згідно національних традицій саме син є опорою родини і починає допомагати їй з 7–8-річного віку, а дівчата — є тягарем і основною метою родини є видати їх заміж, сплативши при цьому придане. Хоча з 1961 р. виплата приданого заборонена законом, традиція все ще поширена серед населення.

7. Недостатність харчового ресурсу.

Запитання для самоперевірки:

1. Передумови демографічного «вибуху».
2. Основні гіпотези та екологічні моделі розвитку людства.
3. Наведіть приклади країн на усіх стадіях демографічного розвитку.

4. *Визначте гіпотетичні наслідки досягнення максимальної чисельності населення Землі: науково обґрунтовані варіанти розвитку подій.*
5. *Які передумови соціально-демографічної ситуації в Україні?*
6. *Визначте усі типи взаємозв'язків пов'язаних зі зміною чисельності населення залежно від природного середовища.*
7. *Наведіть та поясніть негативний вплив урбанізації як антропогенного чинника.*

ОРІЄНТОВНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

Питання 1. Екологічні адаптації мешканців супраліторальної зони світового океану – це :	
1	Реактивний рух
2	Хроматична адаптація
3	Біоломінісценсія
4	Добре розвинена мускулатура

Питання 2. До якого типу адаптації відносять наявність у травній системі бактерій, здатних розщеплювати целюлозу?	
1	Онтогенетичні
2	Фізіологічні
3	Поведінкові
4	Біохімічні

Питання 3. Зв'язки між організмами, в основі яких лежить передача генетичної інформації називають	
1	Фабричні
2	Інформаційні
3	Трофічні
4	Гостальні

Питання 4. Твердження : «Для кожного виду існує оптимальний розмір групи і щільність популяції, що є лімітуючим чинником природної агрегації» - лежить в основі...	
1	Принципу Гаузе
2	Правило Глогера
3	Правило Аллена
4	Принципу Оллі

Питання 5. «Вибух» популяції кроликів, завезених до Австралії був пов'язаний з наступними екологічними аспектами :	
1	Недостатність харчового ресурсу
2	Синергічний вплив абіотичних екологічних чинників
3	Відсутність звичайного механізму регуляції чисельності популяції
4	Високий вміст афродізіаків у рослинах, що входять до складу кормової бази кролів

Питання 6. Які з перерахованих екологічних явищ відносять до гомотипових реакцій?	
1	Ефект маси
2	Внутрішньовидова конкуренція
3	Ефект групи
4	Усі відповіді вірні

Питання 7. Об'єктом вивчення екології є :	
1	Тканина
2	Клітина
3	Екосистема
4	Система органів

Питання 8. Як називають прибережну зону морського дна, яка заливається під час припливів і осушується під час відливу?	
1	Абісаль
2	Сублітораль
3	Батіаль
4	Літораль

Питання 9. До біотичних чинників відносять	
1	Характер рельєфу
2	Газовий склад повітря
3	Вологоємність ґрунту
4	Знищення сільськогосподарських культур шкідниками

Питання 10. Екологічні фактори, зміна яких у часі повторюється регулярно називають	
1	Періодичними
2	Синергічними
3	Антропогенними
4	Неперіодичними

Питання 11. Ороговілі покриви рептилій є пристосуванням до перенесення дефіциту води :	
1	Поведінкове
2	Морфологічне
3	Онтогенетичне
4	Фізіологічне

Питання 12. Деякі організми не вживають воду ззовні, а обходяться лише метаболічною водою. До них належать :	
1	Килимова міль
2	Амбарні і рисові довгоносики
3	Кріт
4	Американська кенгуровий щур (коло-коло)

Питання 13. Гомойотермні тварини - це :	
1	Холоднокровні (комахи, риби, земноводні, плазуни)
2	Тварини, що частково здатні регулювати температуру тіла і змінювати її у конкретних умовах. Наприклад, летючі миші
3	Домашні і дикі ссавці, птахи, людина, що мають порівняно постійну температуру тіла, яка не залежить від коливань температури навколишнього середовища.
4	Рослинні організми

Питання 14. До якого типу екологічних абіотичних чинників відносять експозицію місцевості та рівень її нахилу до горизонту?	
1	Кліматичні
2	Едафічні
3	Гідрологічні
4	Орографічні

Питання 15. Яке із правил статистичного характеру адаптацій стверджує: «Виступаючі частини тіла теплокровних тварин в холодному кліматі коротші, ніж в теплому?»	
1	Правило Бергмана
2	Правило Аллена
3	Правило Глогера
4	Принцип Оллі

Питання 16. До якого типу взаємодії екологічних чинників відносять посилення впливу голодування за низьких температурних показників?	
1	Адитивність
2	Антагонізм
3	Синергізм
4	Нейтралізм

Питання 17. При тривалому контакті жертва-хижак і паразит-хазяїн їхній вплив з часом стає помірним, потім нейтральним та навіть сприятливим, що в екології носить назву	
1	Аменсалізм
2	Адаптація
3	Нейтралізм
4	Коадаптація

Питання 18. Агресивні сутички між тваринами, алелопатія, приховування або маскування місць для вигодовування молодняку відносять до якого типу міжвидових взаємовідносин	
1	Активна конкуренція
2	Пасивна конкуренція
3	Нейтралізм
4	Мутуалізм

Питання 19. До якого з явищ гомотипових реакцій відносять негативні ефекти (наприклад: сповільнення росту пугольоків, зниження плодючості домових мишей)?	
1	Паразитизм
2	Ефект маси
3	Мутуалізм
4	Ефект групи

Питання 20. Який із підходів в екології застосовують для пізнання складних об'єктів шляхом вивчення їх складових?	
1	Холістичний
2	Мерологічний
3	Емерджентності
4	Економічної теорії

Питання 21. Біоценоз – це :	
1	Конкретна сукупність живих організмів на певному просторі суші або акваторії
2	Кількість біомаси і енергії, які запасуються організмами за одиницю часу
3	Здатність популяції або екосистеми підтримувати стійку динамічну рівновагу в умовах природного середовища, яке постійно змінюється
4	Сукупність на певному просторі земної поверхні однорідних природних явищ (атмосфери, ґрунту, кліматичних умов, рослинного, тваринного світу), поєднаних обміном речовин і енергії в єдиний природний комплекс

Питання 22. Організми, які використовують енергію Сонця для синтезу органічних речовин – це :	
1	Автотрофи
2	Гетеротрофи
3	Хемотрофи
4	Фототрофи

Питання 23. Індикаторами забруднення середовища може виступати:	
1	Зміна рівня різноманітності видів
2	Формування екологічної диверсифікації
3	Виникнення епідемій серед домінуючих популяцій
4	Загострення міжвидової і внутрішньовидової конкуренції

Питання 24. Ноосфера – це :	
1	Сфера розуму
2	Сфера божественного в Космосі
3	Сфера людського буття
4	Сфера життя

Питання 25. Речовини, які продукують вищі рослини, що вбивають хвороботворні бактерії – це :	
1	Алергени
2	Канцерогени
3	Коліни
4	Фітонциди

Питання 26. Яка частка продукції засвоюється на кожному наступному трофічному рівні?	
1	Близько 10%
2	Близько 20%
3	Близько 50%
4	Близько 100%

Питання 27. Хто запропонував термін «популяція»?	
1	Шелфорд
2	Пол Енріх
3	Вільям Йогансон
4	Юджин Одум

Питання 28. Агрегована (мозаїчна) просторова структура популяції характерна для :	
1	Урбанізованих територій
2	Природних екосистем
3	Агроекосистеми
4	Всі варіанти вірні

Питання 29. Для яких популяцій характерний III тип кривої виживання (увігнута лінія)?	
1	Риби
2	Прісноводна гідра
3	Птахи
4	Людина

Питання 30. Яка тактика розмноження є доцільною в умовах «конкурентного вакууму»?	
1	Полициклічність
2	Моноциклічність
3	Максимальна кількість нащадків з низькою адаптацією
4	Великий та добре адаптований нащадок

Питання 31. Для якого з регулюючих чинників чисельності популяції характерні вичерпання доступних ресурсів і розвиток стресових ситуацій в популяції жертви?	
1	Функціональна реакція
2	Внутрішньовидова конкуренція
3	Епізоотії
4	Чисельна реакція

Питання 32. Простір на якому популяція або вид в цілому зустрічається упродовж всієї своєї життєдіяльності, називається:	
1	Стація
2	Біотоп
3	Екологічна ніша
4	Ареал

Питання 33. Поступове заміщення одних видів іншими в біоценозі, називають :	
1	Сукцесія
2	Флуктуація
3	Експансія
4	Консорція

Питання 34. Як називають в екології «органічну речовину», що синтезується на рівні консументів за одиницю часу на одиниці площі?	
1	Чиста первинна продукція
2	Валова первинна продукція
3	Вторинна продукція
4	Чиста продукція спільноти

Питання 35. На якому рівні організації екологічних систем проявляється принцип емерджентності?	
1	Популяційний
2	Організований
3	Біоценотичний
4	Екосистемний

Питання 36. Для якої екологічної групи за харчовою спеціалізацією кількість їжі є лімітуючим чинником?	
1	Олігофаги
2	Монофаги
3	Поліфаги
4	Фітофаги

ОРІЄНТОВНІ ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Методи досліджень в екології. Холістичний та мерологічний підходи. Системний підхід в екології. Принцип емерджентності.
2. Синекологія. Поняття про угруповання.
3. Екологічні зони Світового океану та екологічні адаптації гідробіонтів, що мешкають в них.

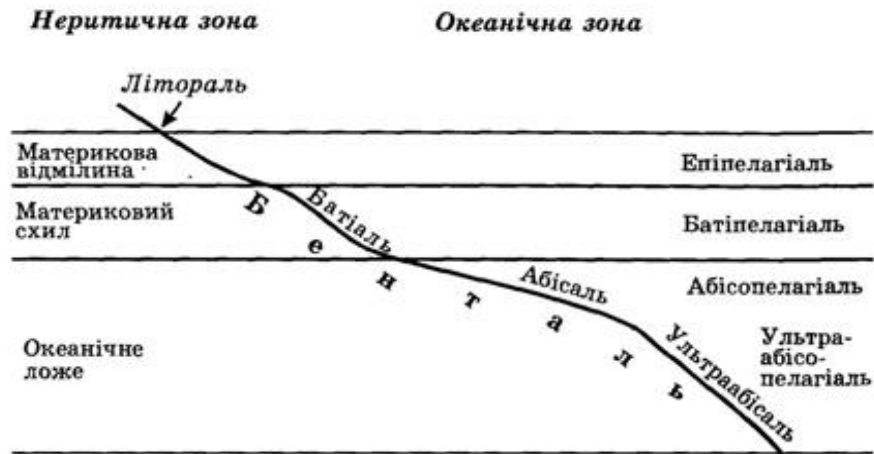
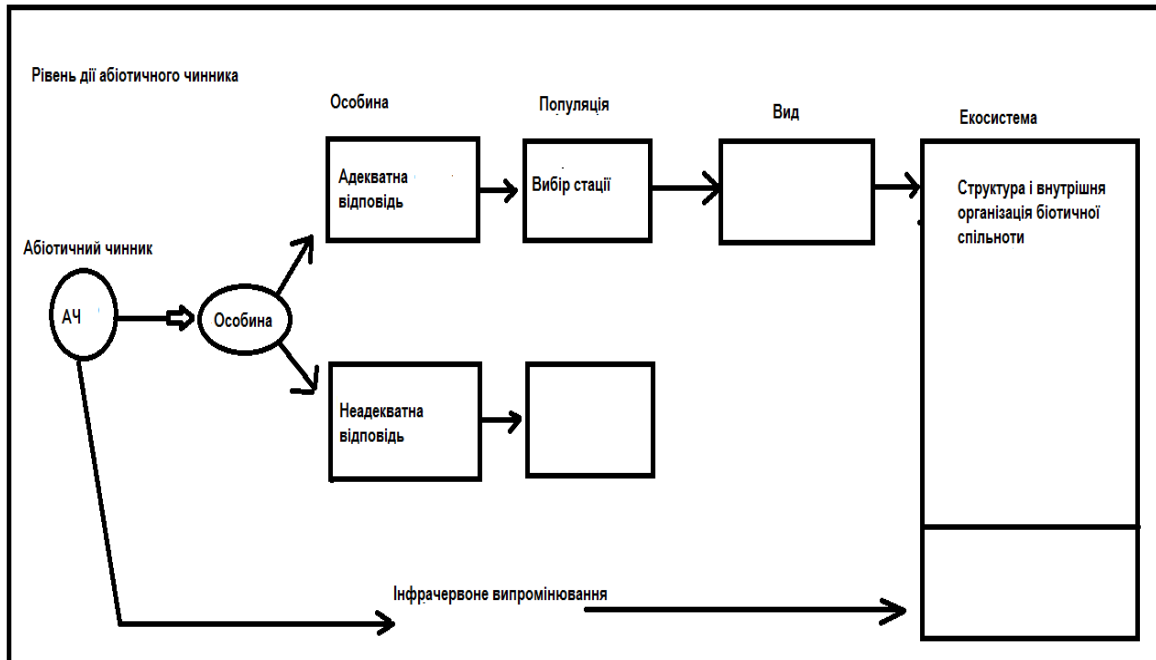


Рис. 2.
Екологічні зони Світового океану

4. Властивості екосистеми. Поняття про цілісність, емерджентність, гомеостаз екосистеми.
5. Поняття про інтродукцію, акліматизацію та доместикацію видів.
6. Екологічна класифікація організмів та життєві форми.
7. Поняття про екологічний чинник. Класифікації екологічних чинників.
8. Біологічний (біогеохімічний, малий) колообіг речовин в біосфері. Поняття про резервний та обмінний фонди хімічних елементів.
9. Поняття про адаптацію. Типи адаптацій.
10. Типи взаємодії екологічних чинників. Коливальний режим екологічних чинників. Закон компенсації екологічних факторів.
11. Ґрунт як середовище життя. Екологічні групи рослин і тварин Ґрунту. Специфічні адаптації до едафічного середовища.
12. Екологічна роль чинників харчування. Типи харчування. Харчові режими і харчова спеціалізація.

13. Заповнити пусті ланки схеми «Ефекти, зумовлені впливом абіотичного чинника на різних рівнях організації екосистеми». Дати пояснення щодо особливостей впливу абіотичного чинника на кожному з рівнів структурно-ієрархічної організації екосистеми.



14. Внутрішньовидова та міжвидова конкуренція. Золоте правило конкуренції. Принцип Гаузе.

15. Екологічна сукцесія. Етапи сукцесійного процесу та їх характерні особливості. Типи сукцесії.

16. Екологічна ніша. Характеристика екологічних ніш. Правило обов'язкового заповнення екологічної ніші.

17. Гомотипові реакції. Принцип Оллі.

18. Поняття про екологічну диверсифікацію.

19. Гомеостаз екосистеми. Принцип позитивного та негативного зворотного зв'язку. Гомеостатичне плато.

20. Біосфера-глобальна екосистема (структура, властивості та функції).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бигон М. Экология. Особи, популяция и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд / в 2-х томах. М.: Мир, 1989. Т.1 – 667с.; Т.2 – 477 с.
2. Бобров Е.А. Социально-экологические проблемы крупных городов и пути их решения / Е.А. Бобров // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – Вып. №15, Т. 16. – С. 199-208.
3. Боков В.А. Основы экологической безопасности. Учебное пособие / В.А. Боков, А.В. Луцки. – Симферополь: Сонат, 1998. – 224 с.
4. Бровдй В.М. Закони екології (соціально-економічні, геофізичні, геохімічні) / В.М. Бровдй, О.О. Гаца. – К.: НПУ, 2003. – 179 с.
5. Бродский А.К. Биоразнообразие / А.К. Бродский. – М. : Академия, 2012. – 208 с.
6. Бродский А.К. Общая экология: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров, магистров "Биология", биологическим специальностям и по специальности "Биоэкология" направления "Экология и природопользование" / А.К. Бродский. – 5-е изд., М. : Академия, 2010. – 256 с.
7. Бродский А.К. Экология: ученик / А.К. Бродский. – М. : КНОРУС, 2012. – 272 с.
8. Волошина Н.О. Загальна екологія та неоекологія. Опорний конспект лекцій / Н.О. Волошина. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2014. – 168 с.
9. Волошина Н.О. Екологічна епідеміологія та епізоотологія / Н.О. Волошина, О.М. Лазебна, В.П. Покась. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. – 233 с.
10. Гайченко В.А. Екологія тварин: Навчальний посібник / В.А. Гайченко, Й.В. Царик - Херсон: Олді-плюс, Київ: Ліра – К, 2012. – 232 с.

11. Голубець М.А. Від біосфери до соціосфери / М.А. Голубець. – Львів. Поллі, 1997. – 251 с.
12. Горелов А.А. Екологія. Конспект лекцій / А.А. Горелов. – М.: Высшее образование, 2008. – 192 с.
13. Глухов В.В. Основы экономической экологии / В.В. Глухов, Т.В. Лисочкина, Т.В. Некрасова. – С.- Петербург: Специальная литература, 1995 – 370 с.
14. Дажо Р. Основы экологии / Р. Дажо. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
15. Данилов-Данилян В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие. Уч. пособие / В.И. Данилов-Данилян, К.С. Лосев. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 414 с.
16. Димань Т.М. Екологія людини / Т.М. Димань. – К.: ВЦ «Академія», 2009. – 376 с.
17. Дідух Я.П. Популяційна екологія / Я.П. Дідух. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 91 с.
18. Екологічна безпека: Підручник / В.М. Шмандій, М.О.Клименко, Ю.С. Голік та ін. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 366 с.
19. Злобін Ю.А. Основы экологии. Підручник. / Ю.А. Злобін. – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
20. Ковальчук А.Ю. Характеристика соціально-демографічної ситуації та соціально значущих захворювань в Україні / А.Ю. Ковальчук // Український медичний часопис. - 2014 - № 1 (99) – С. 32-34.
21. Колесников С.И. Экология: Учебное пособие. 5-е изд., стер. / С.И. Колесников – М.: Издательская корпорация «Дашков и К⁰»; Ростов н/Д. : Академцентр, 2012. – 384 с.
22. Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до прав ЄС у сфері охорони довкілля / Проект ЄС. – Київ, 2015. – 112 с.

23. Николайкин Н.И. Экология: Учеб. для вузов / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 624 с.
24. Одум Ю. Экология. В 2-х т. / Ю. Одум — М.: Мир, 1986. — Т.1. —327 с. Т.2. — 376 с.
25. Пашкевич М.С. Екологізація виробництва підприємств України [Електронний ресурс] / М.С. Пашкевич, Т.О. Паламарчук // Ефективна економіка електронне наукове фахове видання. – 2014. - №6. — Режим доступу: www.econotyu.nauka.com.ua.
26. Реймерс Н.Ф. Экология / Н.Ф. Рейменс. — М: Россия молодая, 1994. — 366 с.
27. Федряк М.М. Основы экологии: навчальний посібник / М.М. Федоряк, Г.Г. Москалик. – Чернівці: ЧНУ, 2009. – 336 с.
28. Шилов И.А. Экология / И.А. Шилов . – М.: Высшая школа, 1998. – 512 с.

ДОДАТОК



Рис. 1. Харчування за «типом вовка» у народів Півночі



Рис. 2. Харчування за «типом кабана» у народів Африки



Рис. 3. Американська рогата ящірка



Рис. 4. Прутка ящірка

Цикл розвитку аскариди:

- 1 — дорослі аскариди у кишечнику, які паруються і продукують яйця
- 2 — яйця у фекаліях
- 3 — розвиток личинки у яйці
- 4 — личинки аскариди вбуровлюються в стінки кишечника і попадають у кров
- 5 — личинки з кров'ю мігрують у легені

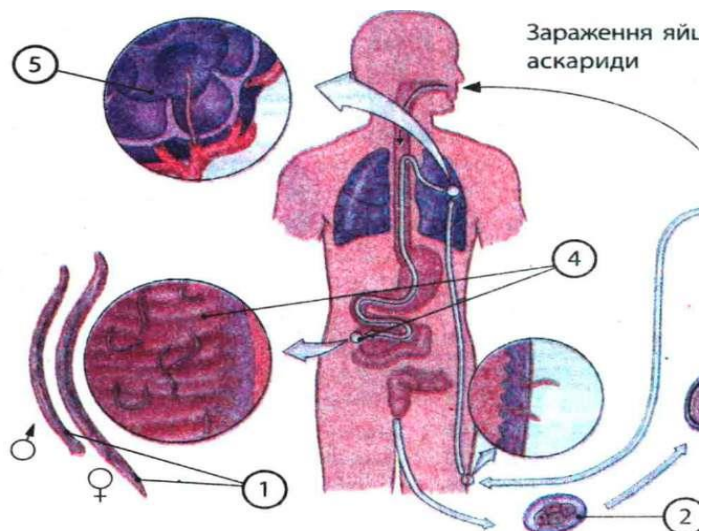


Рис. 5. Цикл розвитку факультативного паразиту

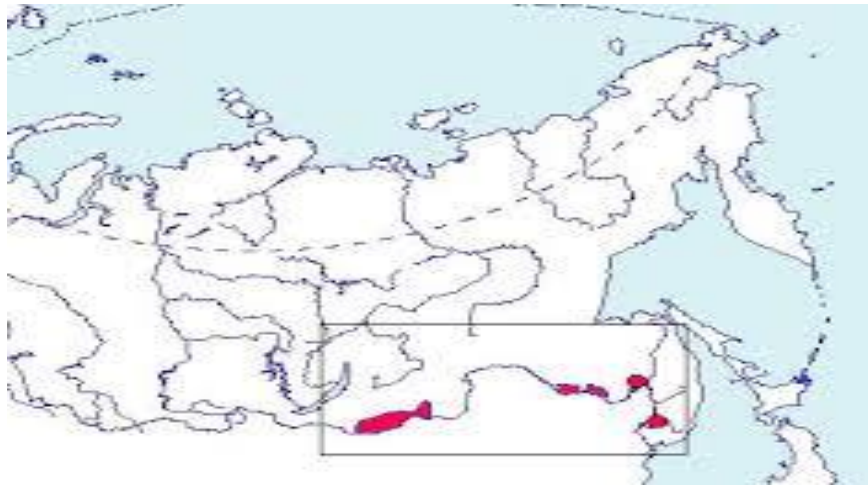


Рис. 6. Стаційне поширення даурських журавлів



Рис. 7. Інтродукція колорадського жука на території Америки та Євразії з 1855 по 2000 рр.

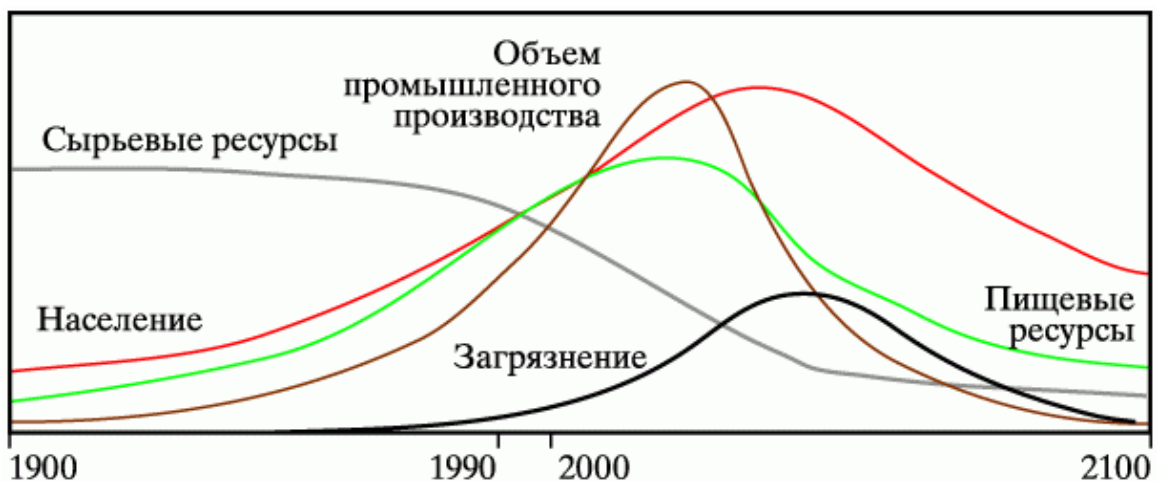


Рис. 8. Стандартна модель світового розвитку

Джерело: Вайцзеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. М., Academia, 2000. С. 341.

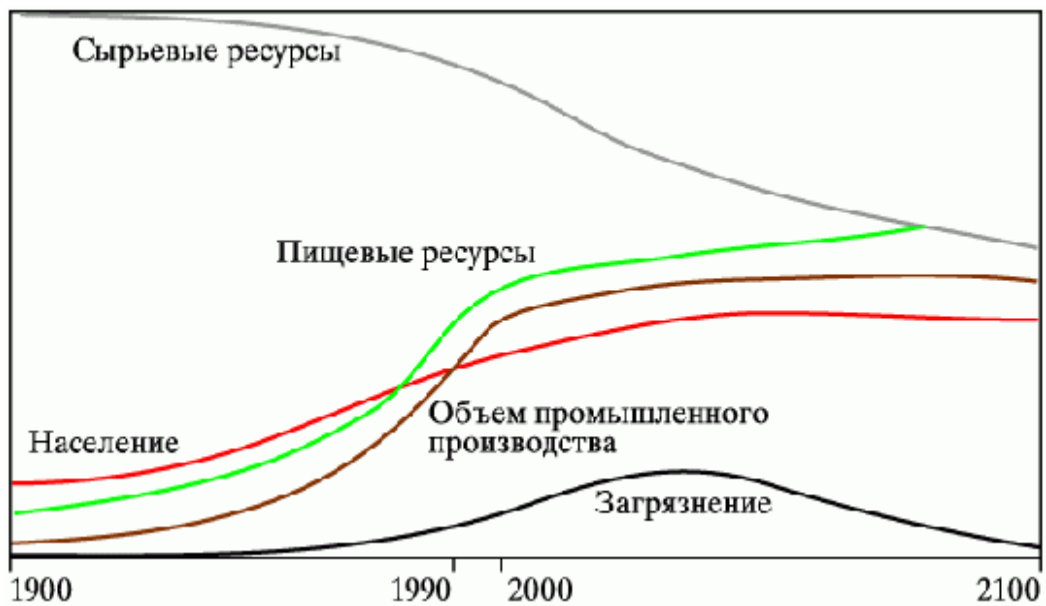


Рис. 9. Модель глобальної рівноваги

Джерело: Вайцеккер Э., Ловинс Э., Ловинс Л. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. М., Academia, 2000. С. 343.

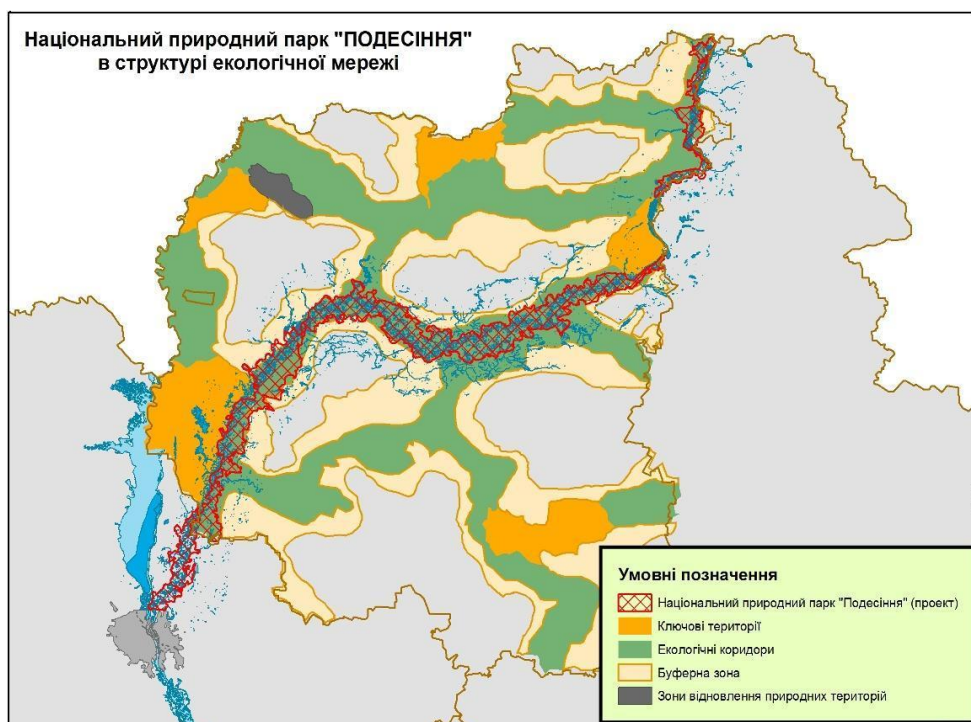


Рис. 10. Екологічні коридори, буферні зони та ключові території у межах Національного природного парку «Подесіння»



Рис. 11. Біблійний сад з біблійними рослинами

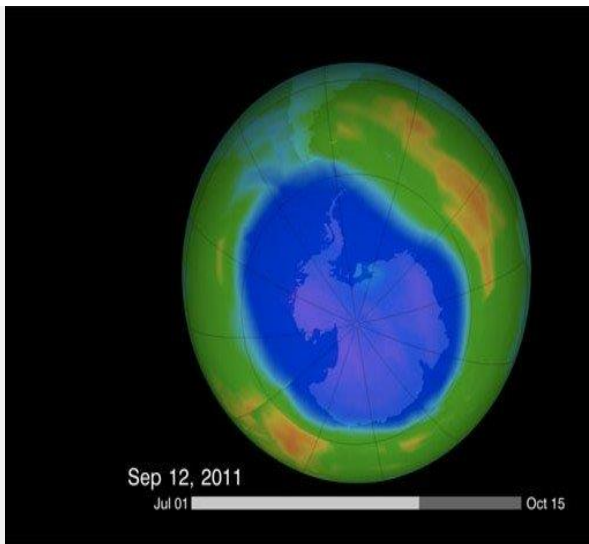


Рис. 12. Озонова діра



Рис. 13. Кислотні опади



Рис. 14. Смог у Китаї

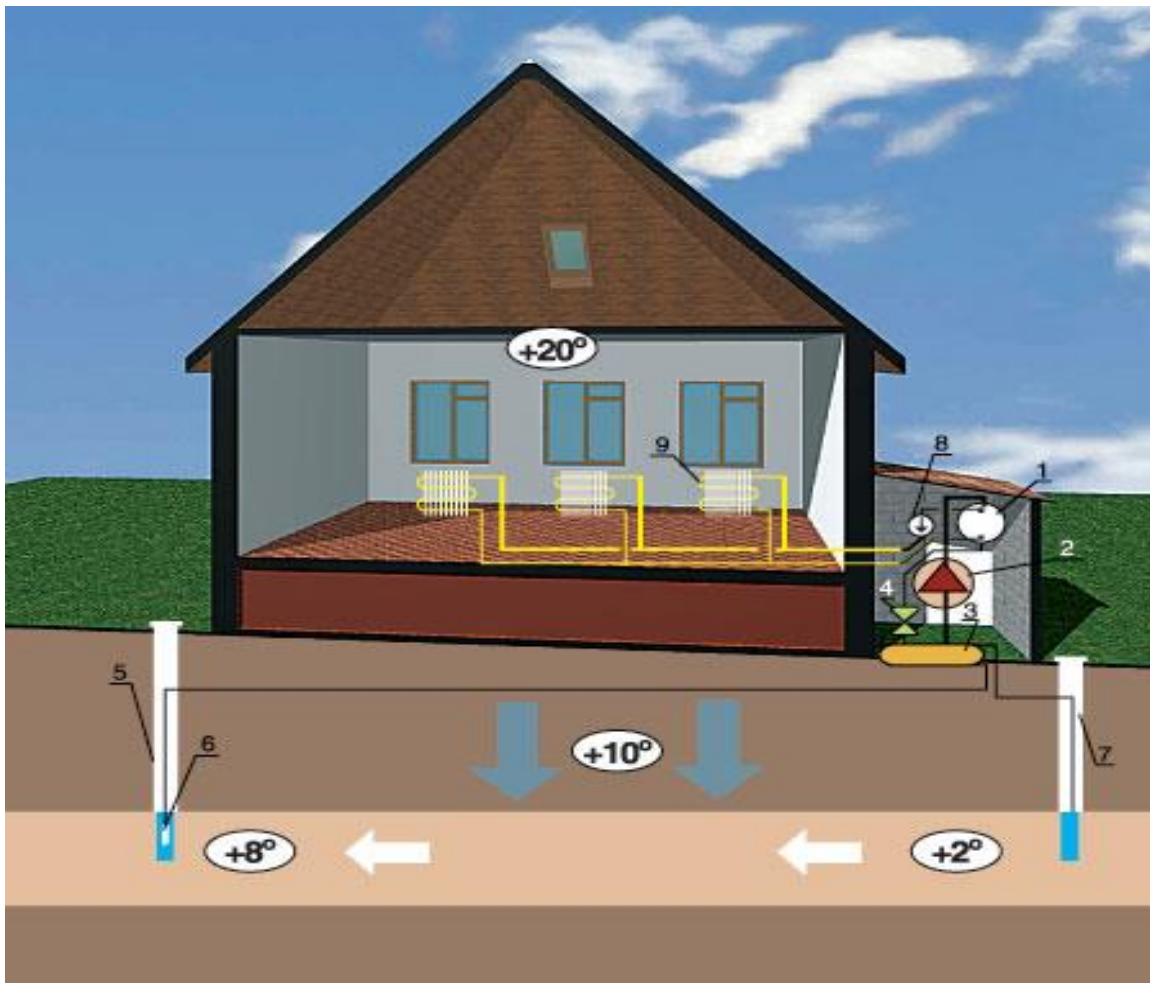


Рис. 15. Схема теплового насоса на основі ґрунтової води для системи водяного опалення



Рис. 16. Зграї голубів у містах



Рис. 17. Дикі тварини у місті

Зміна чисельності населення України за рахунок природного та міграційного руху (тисяч осіб)



Рис. 18. Міграційні процеси в Україні

Примітка. **Сальдо міграції** — різниця числа осіб, які прибули на території і вибули з неї за певний проміжок часу;

Природний рух населення — це зміна чисельності і складу населення в результаті народжуваності та смертності без врахування міграції



Рис. 19. Мігранти

Навчальне видання
Волошина Наталія Олексіївна, завідувач кафедри екології
доктор біологічних наук

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск Волошина Н.О.
Комп'ютерний набір Волошина Н.О.

Підписано до друку 15.10.2015 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Друк ротатійний трафаретний. Ум. друк. арк. 16,8.
Наклад 40.

НПУ ім. М.П.Драгоманова
вул. Пирогова 9, к.203, м. Київ
Тел.: 234-94-36