

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії та екології
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

Музиченко О.С.

ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ

Курс лекцій

Луцьк – 2024

УДК 574(07)
М 89

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Волинського національного університету імені Лесі Українки (протокол №7 від 27 березня 2024 р.).

Рецензенти:

Мерленко І.М., к.с.-г.н., доцент кафедри агрономії Луцького національного технічного університету;

Цьось О.О., к. с-г. н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Музиченко О.С.

М 89 Загальна екологія та неоекологія. Курс лекцій для здобувачів спеціальності 101 Екологія. Луцьк : Вежа Друк, 2024. 174 с.

В курсі лекцій освітнього компоненту «Загальна екологія та неоекологія» викладаються основи екологічних знань, розкриваються питання біоекології щодо структурної організації природних угруповань та їх функціонування. Теми викладені в ієрархічній послідовності: аутоекологія (екологія організму), демекологія (екологія популяції), синекологія (екологія угруповань), екосистемологія (біогеоценологія) та глобальна екологія. Також подані теми, де розглядаються сучасні екологічні проблеми людства та шляхи їх вирішення.

Курс лекцій призначений для здобувачів спеціальності 101 Екологія.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
ТЕМА 1 ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК.....	7
1.1 Визначення, предмет і завдання екології.....	7
1.2 Структура сучасної екології.....	9
1.3 Історія розвитку екологічних знань.....	12
1.4 Екологічні закони.....	18
ТЕМА 2 ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ (АУТЕКОЛОГІЯ).....	24
2.1 Екологічні фактори. Діапазони стійкості. Межі стійкості. Оптимум. Песимум.....	24
2.2 Світло як екологічний фактор.....	29
2.2.1 Вплив видимого та інфрачервоного випромінювання на організми.....	32
2.2.2 Екологічні групи рослин за відношенням до світла.....	33
2.2.3 Фотоперіодизм.....	36
2.3 Температура як екологічний фактор.....	37
2.3.1 Шляхи регуляції теплообміну в рослин.....	42
2.3.2 Шляхи регуляції температури тіла в тварин.....	45
2.4 Вологість як екологічний фактор.....	48
2.4.1 Характеристика екологічних груп рослин за відношенням до вологи.....	51
2.4.2 Шляхи надходження й витрат вологи у тварин.....	54
2.5 Наземно-повітряне середовище життя. Повітря як екологічний фактор.....	57
2.6 Ґрунт як середовище існування організмів.....	61
2.6.1 Екологічні групи рослин по відношенню до кислотності ґрунту.....	63
2.6.2 Екологічні групи рослин по відношенню до багатства ґрунту та сольового складу.....	65
2.6.3 Мешканці ґрунту.....	67
2.7 Вода як середовище існування організмів.....	70
2.8 Біотичні фактори.....	77
ТЕМА 3 ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ (ДЕМЕКОЛОГІЯ).....	85
3.1 Основні особливості популяції як біологічної системи.....	85
3.2 Статичні та динамічні показники популяції.....	93
ТЕМА 4 БІОЦЕНОЗИ (СИНЕКОЛОГІЯ).....	97
4.1 Структура біоценозу.....	99
4.2 Краєвий ефект. Поняття про екотон.....	104

4.3	Екологічна структура біоценозу.....	104
4.4	Трофічна структура біоценозу.....	105
4.5	Поняття екологічної ніші.....	107
ТЕМА 5	ЕКОСИСТЕМИ ТА БІОГЕОЦЕНОЗИ.....	108
5.1	Біологічна продуктивність екосистем.....	112
5.2	Зміни в екосистемах.....	115
ТЕМА 6	БІОСФЕРА ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА.....	119
6.1	Біогеохімічні цикли.....	125
ТЕМА 7	АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ.....	126
ТЕМА 8	ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ.....	129
ТЕМА 9	ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	139
ТЕМА 10	ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ.....	150
ТЕМА 11	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ І ВІДТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ.....	157
	ГЛОСАРІЙ.....	163
	ДОДАТКИ.....	174
	ЛІТЕРАТУРА.....	176

ПЕРЕДМОВА

Екологія як одна з наук природничого циклу протягом тривалого часу вивчала умови існування живих організмів (рослин і тварин) та їх взаємодію з навколишнім середовищем і одне з одним. Наприкінці ХХ століття зміст екології став набагато ширшим, вона трансформувалася і стала наукою про структуру і функції природи в цілому, наукою про біосферу, наукою про місце людства на нашій планеті, наукою про взаємозв'язки всього живого на нашій планеті між собою та з навколишнім світом.

Сучасна екологія покликана вирішувати набагато ширше коло питань, ніж здається на перший погляд. Ця дисципліна поєднує у собі основні питання природничих, суспільно-політичних, технічних, економічних та юридичних наук. Тому політика, економіка та юриспруденція нині дуже тісно пов'язані з вирішенням екологічних проблем, а сама екологія стала однією з головних інтегральних міждисциплінарних наук.

Загальна екологія та неоекологія розглядає основні положення сучасної екології, впливу різноманітних екологічних факторів на функціонування природних систем різного рівня організації, особливостей будови та функціонування біосфери планети, шляхи та наслідки впливу людини на природне середовище і її компоненти, а також аналіз способів екологізації господарської діяльності людини з врахуванням принципів раціонального природокористування.

В конспекті лекцій викладено основні теоретичні положення сучасної екології, вплив екологічних факторів на живі організми, розглянуто закономірності функціонування угруповань різних рівнів організації, сучасні екологічні проблеми, які пов'язані із погіршення стану навколишнього природного середовища та їх наслідки.

Глосарій основних екологічних термінів включає терміни і поняття, які допоможуть у повній мірі засвоїти знання з даного освітнього компоненту.

Курс лекцій підготовлений з використанням матеріалів окремих розділів з

відомих підручників і посібників В.П. Кучерявого, В.С. Джигеря, Ю.А. Злобіна, І.І. Залеського, М.О. Клименка, Я.Б. Олійника та ін.

ТЕМА 1. ЕКОЛОГІЯ В СИСТЕМІ ПРИРОДНИЧИХ НАУК

1.1. Визначення, предмет і завдання екології

Термін «екологія» (від грецьк. «*oikos*» – будинок, житло, місцеперебування, «*logos*» – наука) вперше введений німецьким зоологом і філософом Ернстом Геккелем у 1866 р. у праці «Загальна морфологія організмів» для позначення біологічної науки, що вивчає взаємини організмів із середовищем, тобто визначало частину біології яка досліджувала взаємодію живих організмів з навколишнім середовищем. Зараз цей напрямок прийнято називати «біоекологією», або «загальною екологією».

Екологія належить до фундаментальних підрозділів біології та досліджує фундаментальні властивості життя – системи надорганізменного рівня організації. «Вона вивчає сукупність живих організмів, що взаємодіють один з одним і утворюють із навколишнім середовищем єдність (систему), у межах якої здійснюється трансформація енергії та органічної речовини» (Федоров В.Д., Гільманов Т.Г., 1980).

«Екологія – наука про взаємодію організмів і біологічних систем надорганізменного рівня (популяції, біоценози, екосистеми, біосфера) з умовами середовища проживання» (Сергейчик С.О., 2009).

Перше визначення цієї науки дав її засновник Е. Геккель: «Під екологією ми розуміємо суму знань, що відносяться до економіки природи: вивчення всієї сукупності взаємовідносин тварини з навколишнім середовищем, як органічним, так і неорганічним, і насамперед – її дружні або ворожі відносини з тими тваринами та рослинами, з якими вона прямо чи опосередковано вступає в контакт. Одне слово, екологія – вивчення всіх складних взаємин, які Дарвін назвав умовами, що породжують боротьбу за існування».

Основними формами існування видів тварин, рослин і мікроорганізмів у природному середовищі існування є внутрішньовидові угруповання (популяції) та багатовидові комплекси (біоценози, екосистеми). Тому **сучасна екологія** вивчає взаємини організмів і середовища на популяційно-видовому,

біоценотичному та екосистемному рівнях.

З погляду авторів, **сучасна екологія XXI ст. – це одна з головних фундаментальних комплексних наук** про виживання на планеті Земля, завданням якої є пізнання законів розвитку і функціонування біосфери як цілісної системи під впливом природної і, головне, антропогенної діяльності, а також про визначення шляхів і засобів еколого-економічно збалансованого співіснування техносфери і біосфери.

Екологія XXI ст. – комплекс наук про будову, функціонування, взаємозв'язки багатокomпонентних і багаторівневих систем у Природі й Суспільстві та засоби кореляції взаємного впливу техносфери і біосфери з метою збереження людства і біосфери.

Часто ставлять знак рівності між екологією й охороною природи. Зв'язок між цими двома поняттями такий самий, як між медициною та охороною здоров'я.

Об'єктом досліджень екології є детальне вивчення за допомогою кількісних методів структури та функціонування природних, природно-антропогенних та антропогенних екосистем на різних рівнях організації живої речовини з метою розробки теоретичних основ їх охорони.

Предметом досліджень екології є взаємозв'язки живих організмів, їхніх груп різних рангів, живих і неживих компонентів середовища.

До **головних завдань сучасної екології** відносять :

– вивчення загального стану сучасної біосфери (біологічних систем усіх рівнів), умов і чинників його формування, причин і обсягів змін під впливом різних природних і антропогенних чинників;

– прогнозування динаміки стану екосистем і біосфери в цілому в часі й просторі;

– розроблення, з урахуванням екологічних законів, шляхів гармонізації взаємовідносин людського суспільства і природи;

- збереження здатності біосфери до саморегуляції і самовідновлення;
- дослідження живої компоненти біосфери, її реакції на різні впливи, а також пізнання всіх процесів функціонування життя.

1.2. Структура сучасної екології

В даний час екологія являє собою розгалужену систему наук. Вона поділяється на загальну екологію, що вивчає закономірності зв'язку із середовищем, властивим усім групам організмів, і на окремі напрямки, по екологічній специфіці окремих груп (екологія мікроорганізмів, рослин, ссавців, птахів, риб, комах і т.п.).

Сучасна екологія включає п'ять основних розділів. Розділи екології склалися з неоднаковою повнотою, за об'ємом вони дуже різноманітні. Виникають все нові її галузі.

1. **Біоекологія**, або загальна екологія – «класична» екологія, що сформувалася в рамках біології. Вона вивчає взаємодії організмів і надорганізмених систем усіх рівнів між собою та з навколишнім середовищем. У біоекології виділяють чотири розділи: **аутекологія** (факторіальна екологія або екологія організмів), **демекологія** (екологія популяцій), **синекологія** (екологія біоценозів), **екосистемологія** (екологія біогеоценозів та екосистем), **глобальна екологія** (біосферологія, вчення про біосферу).

Аутекологія (термін введений у 1896 р. Шрєтером) або **екологія виду** вивчає дію екологічних факторів на структуру, функції і розвиток організмів тварин, рослин і мікроорганізмів.

Екологія популяцій або **популяційна екологія**, **демекологія** (термін введений у 1963 р. Швердтфегером); екологія популяцій як природних угруповань особин одного виду. Вивчає чисельність і щільність, народжуваність і смертність в популяціях, динаміку їх розвитку у просторі та часі, взаємодію із середовищем існування.

Екологія угруповань або **екологія біоценозів**, **синекологія** (Шрєтер, 1902). Вивчає взаємодію біоценозів (сукупність взаємопов'язаних популяцій

рослин, тварин і мікроорганізмів) один з одним і з неорганічним середовищем проживання – біотопом (умови проживання біоценозу).

Біогеноценологія або екосистемологія (сукупність організмів різних видів на певній території з її специфічними географічними умовами, які пов'язані між собою тісними зв'язками і залежать один від одного), або **екосистему**.

Глобальна екологія (біосферологія, вчення про біосферу). – вчення про біосферу (глобальну екологічну систему) – вивчає закономірності формування та розвитку біосфери як області існування живої речовини на планеті; глобальні процеси, що відбуваються в літосфері, атмосфері та гідросфері, а також вплив антропогенного чинника на ці процеси.

Екологія досліджує явища, які займають шість рівнів організації живої природи: організму, виду, популяції біоценозу, біогеоценозу, біосфери.

Біоекологія об'єднує різноманітні екологічні знання на єдиному науковому фундаменті. Її ядро – теоретична екологія, що вивчає загальні закономірності функціонування екологічних систем.

2. **Спеціальна екологія**, або екологія окремих груп організмів (наприклад, екологія рослин, тварин тощо).

3. **Геоєкологія** – географічна екологія.

4. **Екологія людини**.

5. **Прикладна екологія**: інженерна та промислова екологія; сільськогосподарська екологія; біоресурсна та промислова екологія; комунальна екологія, або екологія поселень; медична екологія.

Залежно від конкретного предмета вивчення розрізняють також ряд галузей екології:

за видами діяльності (промислова екологія, сільськогосподарська екологія, екологія міста, радіоекологія тощо);

за типами екосистем (екологія суходолу, екологія лісу, екологія прісних вод, екологія океану тощо);

за об'єктами дослідження (екологія рослин, екологія тварин, екологія

мікроорганізмів тощо);

за методами вивчення (хімічна екологія, географічна екологія, фізіологічна екологія, математична екологія тощо).

Екологія – фундаментальна наука, а також теоретична основа для низки прикладних дисциплін (землеробства, рослинництва, рибництва, селекції, агрохімії, захисту рослин тощо), природокористування та охорони навколишнього середовища.

Специфіка **предмета екології** – аналіз сукупності зв'язків складних живих систем різного рівня (організм, популяція, біоценоз, екосистема, біосфера).

Геоекологія (географічна екологія) вивчає екологію природно-кліматичних зон (екологія тундри, тайги, степів, пустель, гірських масивів, тропічних лісів) і типів ландшафтів (екологія річкових долин, морських берегів, боліт, островів, коралових рифів тощо).

Екологія людини – комплекс дисциплін, які вивчають взаємодію людини як індивіда (біологічної особини) та особистості (соціального суб'єкта) з навколишнім середовищем.

Важлива особливість екології людини – *соціобіологічний підхід* – оптимальне поєднання біологічних і соціальних аспектів. **Соціальна екологія** є частиною екології людини – об'єднання наукових галузей, що вивчають зв'язок суспільних структур із природним і соціальним середовищем їх оточення. До соціальної екології відносять також екологію народонаселення – екологічну демографію та екологію людських популяцій. При цьому вивчаються питання впливу навколишнього середовища на суспільство та вплив суспільства на середовище.

Прикладна екологія – комплекс дисциплін, пов'язаних із різними галузями людської діяльності та взаємовідносинами між суспільством і природою. Вона формує екологічні критерії економіки; досліджує механізми антропогенних впливів на природу та навколишнє середовище людини, стежить за її якістю; обґрунтовує нормативи раціонального використання

природних ресурсів та допустимого техногенного навантаження на території; регламентує екологічно безпечне виробниче освоєння територій, розміщення та будівництво господарських об'єктів; оптимізує галузеву структуру виробництва; здійснює екологічну регламентацію господарської діяльності; контролює екологічну відповідність різних планів і проектів; розробляє технічні засоби охорони навколишнього середовища та відновлення порушених людиною природних екосистем; вивчає екологічні умови виникнення, поширення та розвитку хвороб людини й шляхи запобігання їм.

М.Ф. Реймерс (1990) вважає, що до складу сучасної екології входять 39 основних розділів, а сама вона тісно пов'язана з 70 великими науковими дисциплінами.

1.3. Історія розвитку екологічних знань

Як і більшість наук, екологія має тривалу передісторію. Сучасна екологія є теоретичною основою раціонального природокористування, їй належить ведуча роль у розробці стратегії взаємин природи і людського суспільства. В історії розвитку екологічних знань виділяють такі етапи.

Перший етап – до 1866 р. Це підготовчий етап накопичення екологічних знань. Елементи екології з'являються в працях зоологів, ботаніків, фізіологів, анатомів. Характерна риса цього періоду – відсутність свого понятійного апарату.

Перші спроби узагальнення цих знань ми зустрічаємо в працях античних філософів. Аристотель (384-322 до н.е.) описав понад 500 видів відомих йому тварин і розповів про їхню поведінку, наприклад про міграції і зимову сплячку риб, перельоти птахів, будівельну діяльність тварин, паразитизм зозулі, спосіб самозахисту в каракатиці і т.д. Учень Аристотеля, «батько ботаніки» Теофраст Ерезійський (371-280 до н.е.) навів дані про своєрідність рослин у різних умовах, залежності їхньої форми й особливостей росту від ґрунту і клімату.

У середні століття інтерес до вивчення природи слабшає, замінюючи пануванням богослов'я і схоластики.

Великі географічні відкриття в епоху Відродження, колонізація нових країн послужили поштовхом до розвитку систематики. Опис рослин і тварин, їх зовнішньої і внутрішньої будови – зміст біологічної науки на ранніх етапах її розвитку. Перші систематики – А. Цезальпін (1519-1603), Д. Рей (1623-1705), Ж. Турнефор (1656-1708).

На початку XVII ст. Антон Ван Левенгук (1632–1723) винайшов мікроскоп, що дало змогу вивчити будову не лише бактерій і клітин крові, але й харчові ланцюги та регулювання чисельності популяцій. Праця Жорж-Луї Бюффона (1707-1788) «Природнича історія» підводить до думки про єдність рослинного і тваринного світів та їхній взаємозв'язок із середовищем існування. Цьому вченому також належить ідея щодо історичної мінливості рослин і тварин та впливу людської діяльності на причини змін клімату.

Видатний шведський природознавець Карл Лінней (1707-1778) у своїх працях («Система природи», «Філософія ботаніки») показав вплив природних умов на різноманітність живих організмів, запропонував систематику рослин та заклав основи систематичного підходу в екологічних дослідженнях.

У своїй книзі «Філософія зоології» французький природознавець Жан-Батист Ламарк (1744-1829) виклав результати дослідження впливу умов середовища на пристосованість тваринних організмів, що дало змогу пояснити вплив середовища на живі організми.

Подальшому розвитку екологічного мислення сприяла поява на початку XIX сторіччя біогеографії. Особливе місце в розвитку екології належить О. Гумбольдту (1805) – основоположнику біогеографії та кліматології. У книзі «Ідеї про географію рослин» (1806), а потім і в інших публікаціях він підмітив основні зональні закономірності розподілу рослин на земній кулі й пов'язав це зі зміною клімату. Праці Олександра Гумбольдта (1807) визначили новий екологічний напрямок у географії рослин.

А. Декандоль у «Географії рослин» (1855) детально описав вплив окремих факторів середовища (температури, вологості, світла, типу ґрунту, експозиції схилу) на рослини.

У 1859 р. з'явилася книга Ч. Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору, або збереження сприятливих порід у боротьбі за життя». Вчення Дарвіна про природний добір, спадковість і мінливість ґрунтується на висновках і фактах популяційної екології, на синтезі екологічних і еволюційних ідей. Саме через невідповідність між можливістю росту популяції та обмежувальним впливом зовнішніх факторів, ресурсів, Дарвін дійшов висновку, що боротьба за існування між організмами – універсальне явище природи.

Другий етап – 1866-1936 рр. (до введення визначення «екосистема»). Це період формування факторіальної екології. А.М. Гіляров називає його аутекологічним редукціонізмом.

На другому етапі (до 30-х років ХХ ст., аутекологічний) вчені переважно спиралась на визначні праці Ч. Дарвіна, О. Гумбольдта, Е. Геккеля та інших видатних дослідників і зосереджували свою увагу на дослідженні впливу фізичних (температура, світло тощо) і хімічних (склад води та ін.) факторів на життєдіяльність окремої особини чи цілого виду.

Екологія довго розвивалася як частина біології – загального уявлення про світ живого.

Д. Аллен (1877) обґрунтував ряд закономірностей зміни пропорцій тіла та його виступаючих частин, забарвлення ссавців і птахів залежно від географічних змін клімату.

У 1877 р. німецький гідробіолог К. Мебіус на основі вивчення устричних банок Північного моря обґрунтував уявлення про *біоценоз* як про глибоко закономірний зв'язок організмів у визначених умовах середовища.

На початку ХХ сторіччя оформилися екологічні школи гідробіологів, фітоценологів, ботаніків і зоологів.

У 1895 р. датський вчений Й. Вармінг видав підручник з екологічної географії рослин і увів термін «життєва форма», в «якій вегетативне тіло рослин знаходиться в гармонії із зовнішнім середовищем протягом усього життя від насінини до смерті». Він розробив детальну класифікацію життєвих

форм на основі біоморфологічних ознак і ключ для їх визначення.

На III ботанічному конгресі в Брюсселі в 1910 р. екологія рослин офіційно розділилася на екологію особин (аутекологію) і екологію угруповань (синекологію). Для розвитку ідей загальної біоценології велике значення мали фітоценологічні дослідження В. Н. Сукачова, Б. А. Келлера, В. В. Альохіна, Л.Г. Раменського, А. П. Шеннікова, Ф. Клементса в Америці, К. Раункієра в Данії, Г. Дю Ріє у Швеції, І. Браун-Бланке у Швейцарії.

У 30-х роках оформилася нова область екологічної науки – популяційна екологія. Основоположником її є англійський вчений Ч. Елтон. У розвиток популяційної екології в нашій країні великий внесок внесли С.А. Сєверцов, С.С. Шварц, Н.П. Наумов, Г.А. Вікторов. Вивчення популяційних закономірностей по-новому допомогло усвідомити роль видів у біоценозах, структурну організацію співтовариств. Виникла концепція «екологічних ніш», яка тісно поєднала екологічне й еволюційне питання. У її розробці важлива заслуга належить ученим Дж. Гриннеллу, Ч.Т. Елтону, Р. Макатуру, Д. Хатчінсону, Г.Ф. Гаузе. І. С. Серебряковим була створена нова, більш глибока класифікація життєвих форм квіткових рослин. Виникла палеоекологія, задача якої – відновлення картини способу життя вимерлих форм.

У 1920-1930-ті роки сформувались основні теоретичні уявлення про обсяг біоценозів, їх межі, структуру, продуктивність, саморегуляцію, стійкість, міжвидові стосунки тощо. Вчення про рослинні угруповання відокремилася в окрему галузь ботанічної екології. Цей новий напрямок назвали «фітосоціологією», пізніше перейменованою у «фітоценологію», а потім – у «геоботаніку». Головні положення цієї науки розроблені Г.Ф. Морозовим (1867-1920) та В.М. Сукачовим (1880-1967).

Третій етап – з 1936 року до початку 70-х років. Синекологічний, був порівняно нетривалим і стосувався дослідження великих груп організмів (популяцій та їх об'єднань) під кутом аналізу взаємодії окремих особин і популяцій різних видів істот. Прикладом є проблема взаємовпливу хижаків та їхньої здобичі, видів – продуцентів (зелених суходільних рослин, водоростей

тощо) і видів – споживачів (комах, тварин, риб тощо). Лідером серед усіх царин екології стала популяційна екологія або демекологія.

До найвизначніших екологів цього періоду належать такі зарубіжні вчені, як Г. Бердон-Сандерсон, Ч. Елтон (Англія); С. Форбс, В. Шелфорд (США); вітчизняні Д. Кашкаров, В. Сукачов та ін.

В 1942 р. у США молодий гідробіолог Роберт Ліндемман видав книгу «Трофіко-динамічний напрямок у екологічних дослідженнях» і суть полягає в тому, що біотичне співтовариство – це єдине ціле з неорганічним субстратом, у якому від одного трофічного рівня до наступного передається 10-20 % енергії.

З початку 40-х років в екології виник принципово новий підхід до дослідження природних екосистем. У 1935 р. англійський вчений А. Тенслі запропонував поняття екосистеми, а в 1942 р. В.М. Сукачов обґрунтував уявлення про *біогеоценоз*. У цих поняттях знайшла відображення ідея про єдність сукупності організмів з абіотичним оточенням, про закономірності, що лежать в основі зв'язку всього угруповання і навколишнього неорганічного середовища – про кругообіг речовин і перетворення енергії.

На цей період припадає розвиток і широке використання поняття «біосфера». Цей термін уперше застосував австрійський геолог Е. Зюсс (1875) без чіткого його визначення. Перший президент і організатор Української академії наук В.І. Вернадський (1863-1945) у своїх лекціях, прочитаних у Сорбонні (Паризький університет) у 1924 р., та у книгах із назвами «Жива речовина» (1922) і «Біосфера» (1926) виклав сучасне розуміння біосфери.

Набуває розвитку математична екологія. Основу нього періоду складають шість положень:

- формування екології як фундаментальної теоретичної дисципліни;
- уявлення про перебування природи найчастіше в стані рівноваги;
- формування синекологічних поглядів;
- провідна роль конкурентних відносин у формуванні угруповань ;
- уявлення про дискретність екосистем;
- незначна роль еволюційних факторів у розвитку екосистем.

Четвертий етап – з початку 70-х до середини 80-х років ХХ сторіччя.

Основу цього періоду складають такі положення:

- неможливість виділити якісь загальні закони розвитку екосистем;
- постійне порушення стану рівноваги в екосистемах;
- розвиток популяційних досліджень;
- відмова від конкуренції як основного фактора формування угруповань;
- під час вивчення екосистем домінує концепція їх дискретності;
- з'являється погляд про зростаючу роль випадкових факторів в функціонуванні екологічних систем.

П'ятий етап – кінець ХХ століття донині. Відбувається об'єднання популяційного, синекологічного і стохастично-популяційного періодів. Поєднуються другий, третій і четвертий етапи, тобто має місце синтез найбільш значних ідей усіх попередніх етапів.

Наведений розподіл розвитку екології на етапи звичайно умовний. Кожний етап характеризується своїми значними відкриттями.

Внесок вітчизняних вчених в розвиток екології.

Середина та друга половина ХХ століття ознаменувалися проведенням широкого фронту екологічних досліджень, в яких помітне місце займають і екологи України. Перший науковий центр екологічних досліджень в Україні був створений у 1930 році при Інституті зоології і ботаніки Харківського державного університету. Це був лише сектор екології, який очолив В.В. Сташинський (1930-1940). Він раніше всіх підійшов до ідеї біогеоценозу, його праця «До розуміння біоценозу» створена у 1933 році є класичною в галузі вивчення зв'язків між організмами в ценотичних системах. Ще за 10 років до В.М. Сукачова (1880-1967) вчений підійшов до ідеї біогеоценозу як функціональної єдності біоценозу та абіотичних факторів.

Світове визнання отримали дослідження таких українських вчених, як І.Г. Підоплічко, П.С. Погребняк, С.М. Стопка, Ф.А. Гринь, Д.В. Воробйов. Досліджував штучні ліси України О.Л. Бельгардт (1971); вчення про лісові підстилки та їх екологічну значущість створив А.П. Травлеєв впродовж 1980-

1985 рр.

Академік М.Г. Холодний (1882-1953) зробив значний внесок у розробку методик дослідження мікробного населення ґрунтів та водоймищ, у розвиток екологічного напрямку в мікробіології.

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

Г.М. Висоцький (1865-1940 рр) – основоположник науки про ліс і лісову дослідницьку справу, розробив теорію трансгресивної ролі лісів.

П.С. Погребняк (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.

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

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

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

1.4. Екологічні закони

В екології нараховується близько 50 законів, 40 правил та 36 принципів. До розгляду пропонуються окремі найбільш важливі з них.

Закон компенсації факторів, закон взаємозамінності факторів, закон Рюбеля – закон, виявлений Е. Рюбелем (1930), згідно з яким відсутність або недостатня кількість деяких екологічних факторів можуть бути компенсовані іншими близькими (аналогічними) факторами.

Наприклад, нестача світла в теплиці компенсується збільшенням вмісту вуглекислого газу; або молюски (*Mytilus galloprovincialis*) при відсутності чи нестачі кальцію можуть будувати свої раковини використовуючи стронцій, при

умові, що останнього у середовищі є у достатній кількості.

Закон обмеженості природних ресурсів – усі природні ресурси вичерпними. Планета є природно обмеженим тілом, і на ній не можуть існувати нескінченні складові частини.

Зменшення природно-ресурсного потенціалу – в межах однієї суспільно-економічної формації чи способу виробництва й одного типу технології – веде до того, що природні ресурси стають щораз менше доступними і вимагають збільшення затрат праці й енергії на їх добування та транспортування.

Закон незамінності фундаментальних факторів В.Р. Вільямса (1949 р). Фундаментальні екологічні чинники (світло, вода, CO₂, азот, фосфор, калій та ін.) в принципі незамінні і не можуть бути замінені іншими факторами

Закон екологічної піраміди енергій (закон 10%) – з одного трофічного рівня екологічної піраміди переходить на інші рівні не більше 10% енергії, цей закон дає змогу обчислювати необхідні земельні площі для забезпечення населення продуктами харчування тощо; або середньомаксимальний перехід з одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший, який складає приблизно 10% енергії і, як правило, не призводить до негативних наслідків.

Закон рівнозначності умов життя: всі природні умови середовища необхідні для життя, відіграють рівнозначні ролі. Звідси впливає інший закон сукупної дії екологічних факторів.

Закон сукупної (спільної дії) природних факторів (закон Мітчерміха-Гінемана-Бауле): закон фізіологічних взаємодій, закон, який полягає в тому, що величина урожаю залежить не тільки від будь-якого одного (хоча б навіть лімітуючого) фактора, але і від всієї сукупності діючих факторів одночасно.

Закон біогенної міграції атомів (закон Вернадського): міграція хімічних елементів на земній поверхні та в біосфері в цілому здійснюється під переважаючим впливом живої речовини, організмів.

Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне збагачене O₂, CO₂, H₂, N, P та іншими речовинами

середовища. Розуміння всіх хімічних процесів, що відбувається в геосферах, неможливе без врахування дії біогенних факторів, зокрема – еволюційних.

Закон внутрішньої динаміки рівноваги: речовина, енергія, інформація та динаміка якості окремих природних систем та їх ієрархії дуже тісно пов'язані між собою, тому зміна одного з показників неминуче призводить до функціонально-структурних змін інших, але при цьому зберігаються загальні якості системи – речовини, енергетичні, інформаційні та динамічні.

Наслідки дії цього закону виявляється в тому, що після будь-яких змін елементів природного середовища обов'язково розвиваються ланцюгові реакції, які намагаються нейтралізувати ці зміни. Навіть незначна зміна 1 показника може спричинити сильні відхилення в інших і в усій екосистемі.

Закон фізично-хімічної єдності живої речовини (В.І. Вернадський): уся жива речовина землі має єдину фізико-хімічну природу.

З цього випливає, що шкідливе для однієї частини живої речовини шкодить і іншій її частині, тільки різною мірою. Отже тривале використання пестицидів екологічно неприпустиме, бо шкідники, які розмножуються значно швидше пристосовуються та виживають, а обсяги хімічних забруднень доводиться дедалі збільшувати.

Закон константності (В.І. Вернадський) – кількість живої речовини (для одного геологічного періоду) є константа.

Закон необоротності (Луї Долло) – організм (популяція, вид) не може повернутися до попереднього стану, вже здійсненого в ряду його предків.

Закон 1% (правило) – заміна енергетики природної системи в межах 1%, як правило, не виводить природну систему із врівноваженого стану.

Закон толерантності (В.Е. Шелфорд, 1913) – лімітуючим фактором процвітання організму (виду) може бути як мінімум, так і максимум екологічного фактора, діапазон між якими визначає величину витривалості – толерантності організму. Толерантність від лат. «*tolerantia*» – терпеливий.

У свою чергу даний закон є розширеним трактуванням закону мінімуму Ю. Лібіха (J. Liebig), у відповідності з яким рівень продуктивності угруповання

чи окремих організмів визначається фактором, що знаходиться в мінімумі.

Закон обмежувальних факторів або толерантності Ф.Б. Блекмана (1909 р.): фактори середовища, що мають песимістичне значення, тобто вони є найбільш віддалені від оптимуму, особливо обмежують існування виду.

Обмежувальні фактори – це фактори, яких недостатньо, або вони взагалі відсутні у середовищі: це екологічні умови і ресурси, які обмежують життєдіяльність організмів або окремі процеси. Це можуть бути як фізичні, так і біологічні фактори.

Дія даного закону добре ілюструється на прикладі процесу фотосинтезу, протікання якого, як відомо, контролюється багатьма факторами, але швидкість фотосинтезу буде залежати від фактора, який присутній в обмеженій кількості. Так, якщо всі фактори (концентрація вуглекислого газу, світло, наявність води, температура, хлорофіл) присутні, але інтенсивність світла є низькою, тоді світло стане обмежувальним фактором, і швидкість фотосинтезу буде залежати лише від світла, тобто обмежувального фактора.

Обмежувальні фактори можуть обмежувати чисельність популяції (поживні речовини, простір та інші), як результат, вони можуть змусити організми конкурувати за них. Даний закон є розширеним трактуванням згаданого вище закону толерантності В. Шелфорда.

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*. Наприклад, деякі молюски (*Mytilus galloprovincialis*) можуть замінювати відсутність або значний дефіцит кальцію стронцієм для побудови своїх раковин.

Закон конкурентного виключення (закон Гаузе) формулюється наступним чином: два види, що займають одну екологічну нішу не можуть співіснувати в одному місці нескінченно довго. Те, котрий з видів перемагає, залежить від зовнішніх умов. У подібних умовах перемогти може кожен.

Американський еколог Баррі Коммонер у 1974 р. вдало узагальнив екологічні закони у вигляді афоризмів, звівши їх до чотирьох:

«Все пов'язано зі всім». Це закон про екосистеми і біосферу, що звертає увагу на загальний зв'язок процесів і явищ в природі. Він покликаний застерегти людину від необдуманого дії на окремі частини екосистем, що може привести до непередбачених наслідків. (наприклад, осушення боліт призводить до обміління річок).

«Все повинно кудись діватися». Закон говорить про необхідність замкнутого кругообігу речовин і забезпечення стабільного існування біосфери. Це закон про господарську діяльність людини, відходить від якої неминучі, і тому необхідно думати як про зменшення їх кількості, так і про подальше їх використання.

«Природа «знає» краще». Це закон розумного, свідомого природокористування. Не можна забувати, що людина – теж біологічний вид, що він – частина природи, а не її володар. Це означає, що не можна намагатися підкорити природу, а треба співпрацювати з нею. Поки ми не маємо повної інформації про механізми і функції природи, а без точного знання наслідків перетворення природи недопустимі ніякі її «поліпшення».

«Ніщо не дається дарма». Закон говорить про те, що кожне нове досягнення неминуче супроводжується втратою чогось колишнього. Це закон раціонального природокористування. Платити треба енергією за додаткове очищення відходів, добривом – за підвищення урожаю, санаторіями і ліками – за погіршення здоров'я людини і т.д.

Правила екології.

Правило – це положення, що формулює певну закономірність або постійне співвідношення будь-яких явищ. Найбільш важливими є такі.

Правило Бергмана (1847): чим крупніші тварини тим менше відношення поверхні тіла до об'єму і тим менші втрата тепла через тепловіддачу, завдяки чому знижується небезпека переохолодження. Це найбільш вивчене екогеографічне правило, згідно з яким за інших рівних умов, «... всередині

видів та серед близьких видів гомойотермних тварин більший розмір часто досягається в холодному кліматі, ніж у більш теплом, що пов'язано з температурним бюджетом цих тварин». Вчений врахував адаптивний механізм збереження та виділення тепла тіла, залежно від клімату, і припустив, що площа поверхні тварини визначає швидкість тепловіддачі, а його об'єм – обсяги тепла, що виділяється, тобто відношення площі поверхні до об'єму – це терморегуляційна здатність організму.

Оскільки об'єм збільшується швидше, ніж площа поверхні, відношення площі поверхні до об'єму організму зменшується, тобто втрати тепла, будуть меншими. Таким чином, гомойотермні тварини матимуть вужче співвідношення поверхні тіла до об'єму у вищих широтах.

Лисиці, олені та інші тварини, що мешкають в областях з холодним кліматом часто є крупними. У ендотермних тварин, що мешкають в холодному кліматі, частини тіла (вуха, кінцівки, хвіст), що виступають, переважно коротші та менші за розмірами, ніж у тварин, подібних за іншими ознаками, але таких, що мешкають в умовах теплого клімату (це правило Аллена, 1877, яке є окремим випадком правила Бергмана). Довші частини тіла збільшують площу поверхні, а отже, більшу можливість розсіювати тепло, тоді як коротші – зменшують площу поверхні і ефективніше підтримують тепло тіла. Такі пристосування дозволяють тваринам краще контролювати розсіювання тепла, адже менша площа поверхні тіла допомагає тваринам у більш холодних регіонах залишатися в теплі, уповільнюючі втрату тепла тіла.

Серед наземних екзотермних хребетних правило Бергмана і Аллена, як правило, стосується земноводних та черепах, тоді як у змії та ящірок, що мешкають у більш теплих кліматичних зонах, спостерігається протилежна залежність.

Правило біологічного підсилення: накопичення живими організмами стійких хімічних речовин веде до біологічного підсилення їх дії в міру проходження у біологічних циклах та харчових ланцюгах. Зокрема в наземних екосистемах відбувається 10-ти кратне посилення концентрації токсичних

речовин при переході на кожний наступний трофічний рівень.

Слід розрізняти поняття «біоаккумуляція» та біологічне підсилення (біомагніфікація або біологічне підсилення) – це два різні процеси, які часто протікають паралельно. **Біоаккумуляція** – це процес, за допомогою якого токсини потрапляють в харчову мережу, накопичуючись в окремих організмах, тоді як **біомагніфікація** – це процес, при якому токсини передаються з одного трофічного рівня на наступний (таким чином, підвищуючи концентрацію) в харчовій мережі. Стійкі органічні забруднювачі (ДДТ, гептахлор, гексахлорбензол та ін.) можуть накопичуватися в жирових тканинах живих організмів.

Біоаккумуляція відбувається переважно на початку харчової мережі: фотосинтетичні організми (фітопланктон) поглинають хімічні речовини з морської води і накопичують їх у своїх тілах.

Біомагніфікація відбувається при споживанні фітопланктону організмами зоопланктону, концентрація хімічних речовин у яких на одиницю маси підвищиться.

ТЕМА 2. ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ (АУТЕКОЛОГІЯ)

Розділ загальної екології (біоекології), який вивчає вплив різних факторів довкілля на живі істоти, називають **аутекологією або факторіальною екологією**. Під середовищем існування розуміють сукупність усіх факторів природи, які тим чи іншим чином впливають на організм. Фактори, які впливають на живі істоти, називають екологічними факторами. Організм як елементарна частинка живого світу в середовищі свого існування перебуває під одночасним постійним впливом кліматичних, едафічних і біотичних факторів, які сукупно називають екологічними.

2.1. Екологічні фактори. Діапазони стійкості. Межі стійкості. Оптимум. Песимум

Екологічний фактор – це будь-який елемент середовища, здатний виявляти прямий вплив на живі організми хоча б протягом однієї фази їх розвитку. Сюди не належать такі елементи, як висота над рівнем моря чи глибина у водоймах, оскільки вони проявляються через показники безпосереднього впливу – атмосферний тиск, інсоляцію, температуру.

Сучасна класифікація екологічних факторів об'єднує дані елементи у десять груп. Згідно даної класифікації виділяють такі групи екологічних факторів:

1. за часом – фактори часу (еволюційний, історичний, діючий);
2. періодичності (періодичний і неперіодичний);
3. первинні та вторинні;
4. за походженням (абіотичні, біотичні, антропогенні, космічні, техногенні та ін.);
5. за середовищем виникнення (атмосферні, водні, генетичні, екосистемні);
6. за характером (інформаційні, фізичні, хімічні, біогенні, кліматичні);
7. за ступенем впливу (летальні, обмежуючі, видові, соціальні);
8. за об'єктом впливу (індивідуальні, групові, соціальні, видові);
9. за умовами дії (залежні чи незалежні від щільності);
10. за спектром дії (вибіркової чи загальної дії) (рис. 1).

Однією з найбільш поширених класифікацій екологічних факторів, як біло відмічено раніше, є поділ на абіотичні, біотичні та антропогенні.

Фактори абіотичні, або неорганічного походження, які в свою чергу поділяються на:

- хімічні (хімічний склад атмосфери, води, ґрунту);
- фізичні (температура, іонізуюче випромінювання);
- кліматичні (вологість, швидкість вітру);
- орографічні (характер рельєфу);
- едафічні (ґрунтові умови).

Фактори біотичні, або біогенні (біологічні) що пов'язані з діяльністю

живих організмів, їх взаємовідношення між собою та середовищем: мікроорганізми, рослини та рослинні угруповання, тварини.

Наприклад, дощовий черв'як рихлить ґрунт, прориваючи в ньому ходи, тим самим сприяє аерації ґрунту; дерево, випаровуючи вологу, охолоджує зовнішнє середовище і так далі. При цьому має місце взаємодія організмів. З точки зору взаємодії живих організмів розрізняють:

- гомотипові реакції – це взаємодія особин одного виду;
- гетеротипові реакції – це взаємодія особин різних видів.

Фактори антропогенні (або антропічні) – це діяльність людини. Людина також є біотичним фактором, оскільки через свою діяльність в екосистемах вона впливає на інші організми, часто негативно.

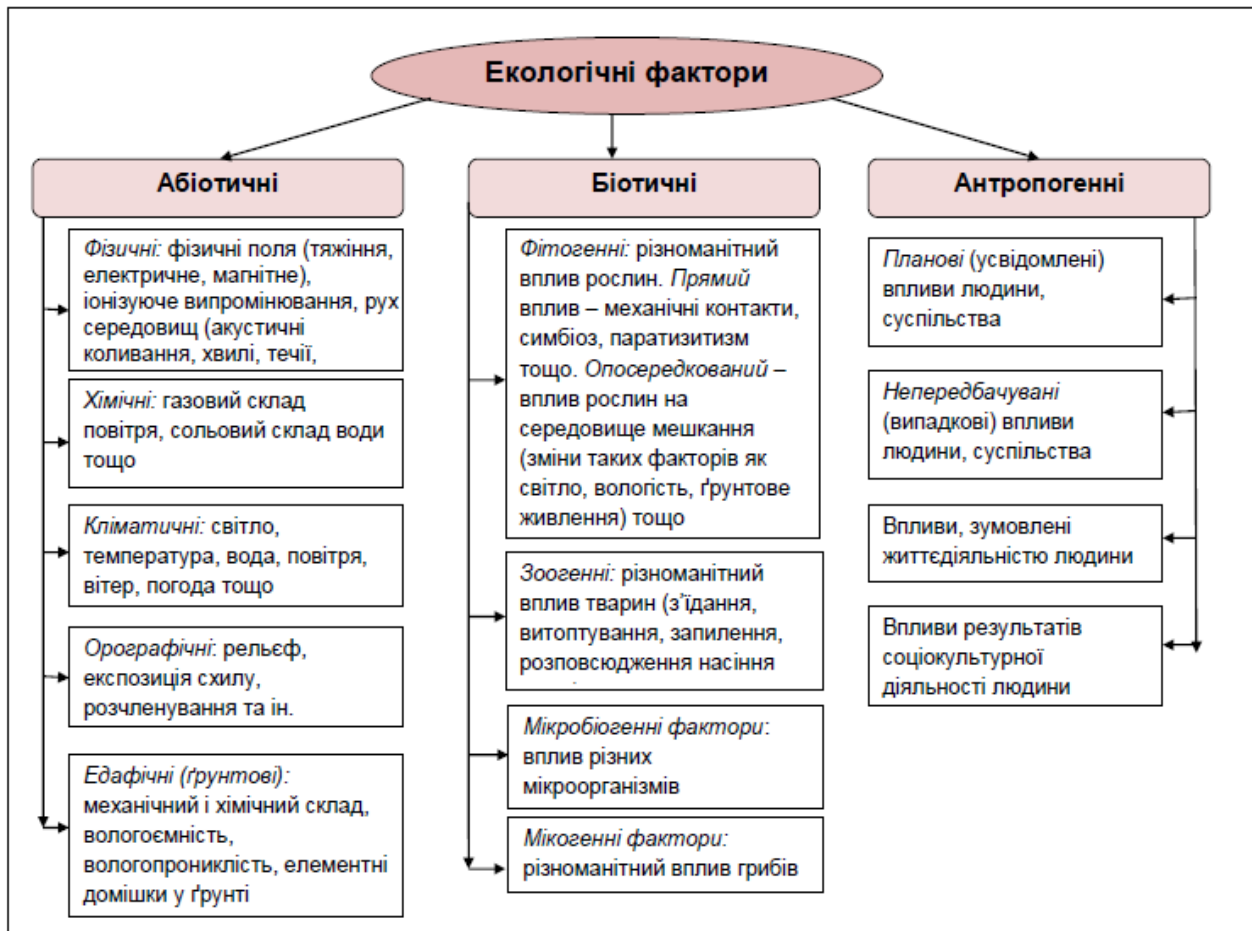


Рис. 1. Сучасна класифікація екологічних факторів

Життєдіяльність будь-якого організму можлива лише в певних межах значень екологічних факторів, за їх межами – життя неможливе. 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. 2).

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.

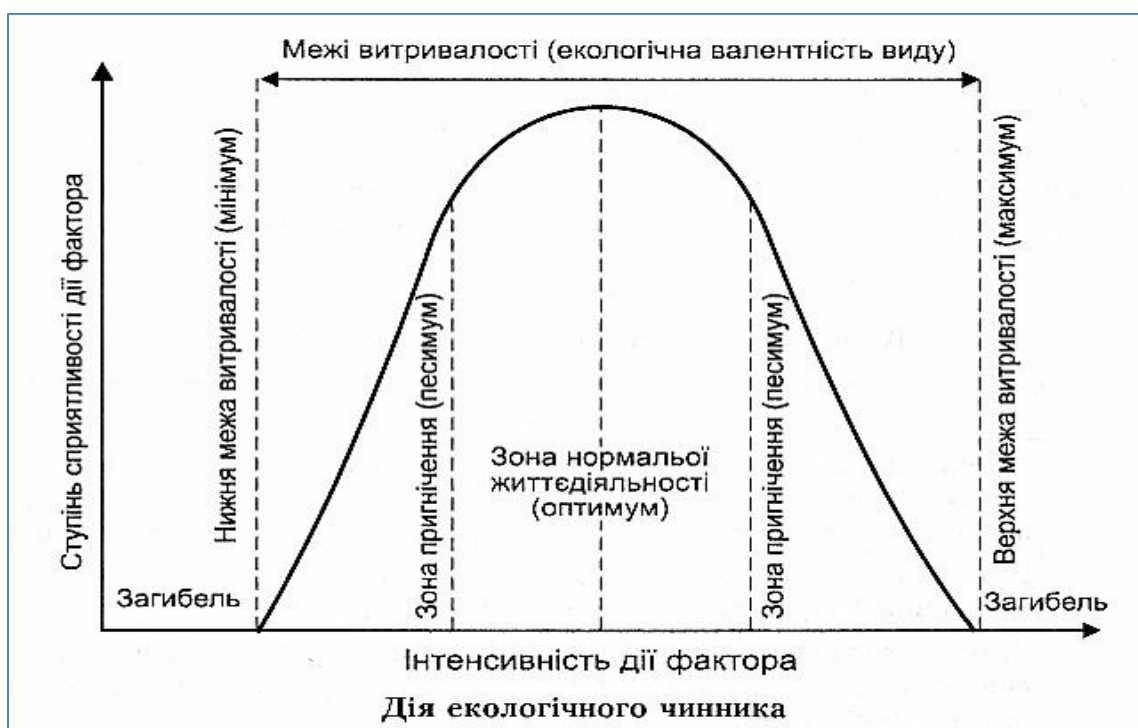


Рис. 2. Діапазон екологічної толерантності

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.

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)*.

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.

Закон Лібіха (закон лімітуючого чинника): існування та витривалість організму лімітуються тим чинником навколишнього середовища, який перебуває в мінімумі або «витривалість організму визначається найслабшою ланкою в ланцюзі 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.

Суть закону мінімуму: якщо кількість та якість екологічних факторів близькі до необхідного організмі мінімуму, організм виживає, якщо менші за цей мінімум то організм гине, а екосистема руйнується.

Лімітуючим називають чинник, який обмежує можливість існування виду в конкретних умовах, не зважаючи на оптимальні значення інших чинників.

Американський вчений Віктор Ернст Шелфорд (1913) довів, що лімітуючим може бути не лише нестача, а й надмірність впливу екологічного чинника.

Закон толерантності Шелфорда. Обмежуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум так і максимум екологічного впливу, діапазон

між якими визначає ступінь толерантності (витривалості) організму до даного фактора.

Схему стосунків в діапазоні екологічної толерантності було запропоновано в 1924 р. німецьким екологом Р. Гессе, який назвав її **екологічною валентністю**. Представники різних видів дуже відрізняються за екологічною валентністю.

Види, які характеризуються широкою екологічною валентністю за відношенням до абіотичних факторів середовища називають **еврибіонтами**. Організми, життєві можливості яких обмежені вузьким діапазоном змін даного фактора, називають **стенобіонтами**.

Для визначення відносного ступеня толерантності в екології існує ряд термінів, в яких використовують згадані корені слів «стено-» і «еври-» (вузький і широкий):

стенотермний –	евритермний (по відношенню до температур);
стеногідричний –	евригідричний (по відношенню до води);
стеногалинний –	евригалинний (по відношенню до солоності);
стенофагний –	еврифлагний (по відношенню до елементів живлення);
стеноойкний –	евриойкний (по відношенню до місцезростання).

2.2. Світло як екологічний фактор

Абіотичні екологічні фактори поділяють на: кліматичні (світло, температура, вологість, повітря і т.д.), едафічні або ґрунтові фактори та орографічні (рельєф місцевості).

Усім живим організмам для життєдіяльності необхідна енергія, що надходить ззовні. Основне джерело її – сонячна радіація, на яку припадає близько 99,9 % загального балансу енергії Землі..

Кількість сонячної радіації, що доходить до верхньої межі атмосфери, залежить від: географічної широти; вмісту пилу в атмосфері; добових і сезонних змін.

Сонячна радіація є електромагнітним випромінюванням у широкому діапазоні хвиль, від інфрачервоних променів (з довжиною хвилі від 800 нм) до ультрафіолетових (з довжиною хвилі 290-380 нм). Хвилі коротші, ніж 290 нм є шкідливими для живих організмів. Вони поглинаються озоновим шаром і до поверхні планети не доходять. Видиме світло, як відомо, обмежене зоною 380 (фіолетові промені) – 750 нм (червоні промені).

На Землю надходить близько однієї двохмільярдної частини всієї енергії випромінювання Сонця. Якщо прийняти сонячну енергію, що досягає Землі, за 100 %, то приблизно 34% усієї падаючої радіації відбивається атмосферою в світовий простір, 19% поглинається товщею атмосфери і йде на її нагрівання і лише 47% досягає земної поверхні. Ця доля радіації складається з прямої радіації (27%) – майже паралельних променів, які йдуть безпосередньо від Сонця, і розсіяної радіації (20%) – променів, що надходять до Землі з усіх точок небосхилу, крапель водяних парів, кристаликів льоду, частинок пилу. Загальну суму прямої і розсіяної радіації називають сумарною радіацією.

Кількість сонячної радіації, яка проходить через атмосферу, є постійною: 1,98 до 2 кал/см² хв, або 5×10^{20} ккал в рік на всю земну кулю. Цю величину називають **сонячною сталою**.

Сонячна енергія, що досягла земної поверхні, в ясний день розподіляється на окремі частини спектру й складається приблизно (Бобильов Ю.П., 2014,) з таких частин:

- ультрафіолетової – 1-5%;
- видимої (ФАР) – 16-45%;
- інфрачервоної – 49-84%.

Ультрафіолетові промені поділяються на короткохвильові (менше 290 нм) і довгохвильові (290-380 нм) Нанометр (нм) – величина вимірювання довжини хвилі, 1 нм = 10^{-9} м).

Короткохвильові ультрафіолетові промені згубні для всього живого на планеті. Вони поглинаються озоновим екраном, який розташований в атмосфері на висоті 25-27 км.

Останнім часом озоновий шар руйнується. Це одна з глобальних екологічних проблем сучасності. Руйнування озонового шару відбувається внаслідок дії таких факторів: виробництво хлор-, фтор-, галогенопохідних, дезодорантів, фреонів, запуску космічних ракет, штучних супутників Землі, сучасних літаків, природних флуктуацій атмосфери. Руйнування озонового шару дуже небезпечно для живих систем, оскільки короткохвильові промені (γ -промені, рентген-промені, короткохвильові ультрафіолетові промені) мають малу довжину, але несуть дуже велику енергію.

Вплив випромінювання на організм залежить від довжини хвилі та від поглинання цих хвиль тканинами. Якщо енергія кванта не перебільшує 1 еВ ($1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$; це енергія, яку електрон набуває в електромагнітному полі з різницею потенціалів у 1 В), то хімічних змін у властивостях молекул не відбувається, а викликаються коливання, й енергія випромінювання переходить у теплову. Якщо ж енергія кванта світла перебільшує 5 еВ, то протони й електрони вибиваються з молекул і відбувається розрив хімічних зв'язків у молекулах. Утворюються радикали, а це дуже небезпечно для організмів, особливо, якщо зміни відбуваються в молекулах ДНК і РНК.

Довгохвильові ультрафіолетові промені (290-380 нм) у великих дозах шкідливі, в малих – корисні. Вони мають бактерицидну дію, сприяють утворенню в організмі вітаміну Д, стимулюють утворення антоціану; згубно діють на мікоризу.

Так, під впливом УФ-випромінювання (довгого) в шкірі людини утворюється меланін (пігмент), який інтенсивно його поглинає. Цим пояснюється ефект загару.

Нижчі рослини, бактерії, гриби відчутно реагують на вплив УФ-променів, оскільки вони повністю прониклі для них. Кварцеві та ртутні лампи, що випромінюють УФ-промені, виконують аналогічну функцію у лікарнях, під час стерилізації питної води та води в басейнах.

Плоди лимонів, які опромінені УФ-променями, не пошкоджуються грибковими захворюваннями і тому краще зберігаються. Вищі рослини не

мають потреби в отриманні доз УФ-променів для розвитку. Але довгі ультрафіолетові промені стимулюють процес синтезу антоціанових пігментів, а також гальмують ріст стебла.

2.2.1. Вплив видимого та інфрачервоного випромінювання на організми

Видиме світло, або ФАР (фотосинтетична активна радіація) – це частина спектру сонячного випромінювання в діапазоні від 380 до 700 нм. Довжина та інтенсивність світла, фотоперіодизм значно впливають на всі живі істоти. Так, у межах цього спектру відбувається фотосинтез. Різні види рослин по-різному реагують на інтенсивність освітлення. Але для багатьох рослин із збільшенням інтенсивності освітлення інтенсивність фотосинтезу падає. Інтенсивне освітлення руйнує хлоропласти.

Видиме світло впливає на ріст, розвиток і розмноження тварин і рослин, на утворення хлорофілу, газообмін, транспірацію, фотоперіодизм у рослин і тварин. Для тварин видиме світло має інформаційне значення.

Пригадаємо, що фотосинтез відбувається не у всіх спектрах ФАР, а тільки в червоній і синьо-фіолетовій частинах. У наземних екосистемах якісні характеристики сонячного світла не дуже змінюються, і це не значно впливає на фотосинтез. Але коли світло проходить через воду, то червона й синя частини спектру одфільтровуються, й залишається зелене світло, яке слабо поглинається хлорофілом. Проте червоні водорості, що живуть у морях, мають доповнюючі пігменти (фікобіліни), які дозволяють їм використовувати цю енергію й жити на більшій глибині, ніж зелені водорості.

Ці промені мають довжину більше ніж 750 нм. На їх долю припадає 45% променевої енергії Сонця. Оком людини вони не сприймаються. Інфрачервоні промені поділяються на ближні та дальні. Ближні інфрачервоні промені відбиваються й несуть основну частину сонячної енергії. Дальні – сильно поглинаються водою і листям.

2.2.2. Екологічні групи рослин за відношенням до світла

Сьогодні відомо, що додання цих променів збільшує фотосинтез, що вони впливають на фотоперіодичні явища в рослин. Тварини використовують інфрачервоні промені головним чином як джерело теплової енергії.

В житті рослин важливе значення має кількість падаючого світла, тобто *інтенсивність освітлення*. Вона залежить від широтності, а також рівня забруднення атмосферного повітря. В межах міста через забрудненість атмосферного повітря освітлюваність на 5-15 % нижча, ніж у приміських зонах.

За відношенням до світла розрізняють три основні групи рослин:

– **світлолюбні (геліофіти)** – зустрічаються майже виключно на відкритих місцях існування і сильне затінення діє на них пригнічуюче. До цієї групи відносяться види південних пустель, тундри, високогір'я, рослини першого ярусу (мати-й-мачуха, молодило, очиток їдкий, анемона тощо);

– **тіньові (сціофіти)** – в природних умовах не ростуть на яскраво освітлених місцях. До цієї групи належать види значно затінених місць існування, які ростуть у печерах, розщілинах скель, на водних глибинах тощо (кислиця, веснівка дволиста та ін.);

– **тіневитривалі** – можуть рости при повному денному світлі, але краще розвиваються при деякому затіненні. До цієї групи відносяться більшість видів лісової зони. Тіневитривалі також більшість кімнатних рослин, в основному тропічні за походженням.

У більшості рослин світловий період доби є періодом їх найвищої активності, однак і серед них є види, цвітіння яких проходить у темний період доби. Так, нічна красуня (*Mirabilis jalapa*), тютюн запашний відкривають квіти близько 8 години вечора, матіола двоорога (*Mattiola bicornus*) – майже о 9 годині, а біля 5 години ранку її квіти закриваються. З настанням повної темряви розквітає цариця ночі – Селеніцеріус великоквітковий (*Selenicereus grandiflorus*) із Центральної Америки.

Звичайно рослини, квіти яких відкриваються звечора або вночі, є комахозапильними і мають, як правило, сильний запах. Виділення запашних

речовин у них також починається лише з настанням темряви.

Існують різні шляхи пристосування рослин до освітлення: морфологічні, анатомічні, біохімічні й фізіологічні. Розглянемо їх.

Геліофіти. Світло гальмує ріст, пагони мають укорочені міжвузля. Листя геліофітів має розсічену пластинку, восковий наліт, густе опушення, велику кількість продихів, густу сітку жилок. Листя фотометричне. Добре розвинута паліадна хлорофілоносна паренхіма. Висока фотосинтетична активність. Відношення хлорофілу «а» до хлорофілу «b» приблизно 5:1, підвищена концентрація клітинного соку, велика всисна сила.

Сціофіти – постійно перебувають в умовах сильного затінення (мохи, плауни, грушанки, веснівка дволиста, кисличник двостовпчиковий та інші). У сціофітів листкові пластинки широкі, розміщені горизонтально, перпендикулярно до сонячних променів. Листки мають клітини з тонкою кутикулою, з малим числом продихів та малою загальною площею жилок.

Пагони витягнуті, листя темно-зелене, нерідко добре виражена листова мозаїка. Добре розвинута губчаста паренхіма. Клітини епідермісу великі, але оболонки в них тонкі. Паліадна паренхіма одношарова. Концентрація клітинного соку менша. Всисна сила менша (порівняно з геліофітами). Інтенсивність фотосинтезу швидко досягає максимуму і при дуже сильному світлі починає падати. Відношення хлорофілу «а» до хлорофілу «b» приблизно 3:2.

Тіньовитривалі (дуб звичайний, липа серцелиста, лісові трави, чагарники, деякі лучні рослини та ін.). Листя в цієї групи рослин по периферії крони має структуру, як у геліофітів, а в середині – як у сціофітів.

Яскравий приклад адаптації рослин до максимального використання фотосинтетичної активної радіації є просторова орієнтація листків (вертикальна у геліофітів, горизонтальна у сціофітів та дифузна (кукурудза).

Тіньовитривалі залежно від ступеня витривалості мають пристосувальні особливості, які зближують їх то з геліофітами, то з сціофітами.

Відношення до світлового режиму змінюється у рослин в онтогенезі.

Проростки і ювенільні рослини багатьох лучних видів і деревних порід більш ті невитривалі, ніж дорослі особини.

Різні види тварин потребують певного спектрального складу світла, інтенсивності та тривалості освітлення. У тварин розрізняють види світлолюбиві (фотофіли) і тінелюбиві (фотофоби), еврифотні, які витримують широкий діапазон освітленості і стенофотні, які існують у вузькому діапазоні освітленості. Світло для тварин є необхідною умовою зорової орієнтації у просторі, бачення. Деякі тварини, наприклад, гримучі змії, бачать інфрачервону частину спектра і полюють у темряві. Бджоли сприймають значну частину ультрафіолетових променів, але не розрізняють червоних.

Рівень зорового сприйняття залежить від ступені еволюційного розвитку – від світлочутливих очок у безхребетних до об'ємного бачення у людини, приматів, ряду птахів, сов, соколів, орлів, грифів. Тварини, очі яких розміщені по бокам голови, мають монокулярний, плоский зір.

У найпростіших орієнтація на світло здійснюється внаслідок фототаксисів: позитивного (переміщення у бік найбільшої освітленості) і негативного (уникнення освітленості, переміщення в тінь).

Інтенсивність освітлення впливає на активність тварин, визначаючи серед них види, які ведуть присмерковий, нічний і денний спосіб життя. Наприклад, травневі хрущі починають літати лише о 21-22 год. і закінчують польоти відразу після опівночі. Лише у присмерку літають метелики бражників, а комарі активні з вечора до ранку. Летючі миші вилітають на полювання лише після заходу сонця і перед його сходом. З настанням сутінок виходить на полювання їжак, з'являється у повітрі дрімлюга звичайний (*Caprimulgus europaeus*). Нічний спосіб життя веде також куниця (*Martes*).

У постійних мешканців печер, куди не потрапляє світло, очі можуть бути повністю чи частково редуковані, як, наприклад, у жуків жужелиць, протеїв. Більшість ссавців, предки яких характеризувалися присмерковою чи нічною активністю, погано розрізняють кольори і бачать все у чорно-білому зображенні (собачі, котячі), що характерно також для нічних птахів (сови,

дрімлюга звичайний). Життя у сутінковому освітленні призводить до гіпертрофії очей (лемури, сови).

Денні птахи мають добре розвинений кольоровий зір. Всі перелітні птахи під час дальніх перельотів та міграцій орієнтуються за допомогою зору. Поряд з цим важливу роль у їх орієнтації відіграє також сприйняття магнітного поля Землі та інші відчуття (наприклад, нюхові).

2.2.3. Фотоперіодизм

Рух Землі навколо Сонця викликає закономірні і періодичні зміни її освітленості і відповідно зумовлює тривалість дня і ночі за порами року. Рослини і більшість тварин активно реагують на співвідношення між тривалістю періодів освітленості і температури протягом доби, іншими словами, організми здатні «вимірювати час», визначати кількісні параметри освітленості. Така властивість організмів сприймати співвідношення тривалості дня і ночі одержала назву фотоперіодизму.

Ритмічні зміни морфологічних, біохімічних та фізіологічних властивостей і функцій організмів під впливом чергування і тривалості освітлення називається *фотоперіодизмом*.

Фотоперіодизм був відкритий у 1920 р. В. Гарнером і Н. Алардом. Проводячи селекційні роботи з тютюном, вони виявили один із сортів, який квітував весною і восени у теплиці, але не квітував влітку у відкритому ґрунті. Оскільки літні умови майже не відрізняються від тепличних, вчені припустили, що квітуванню перешкоджає довгий світловий день влітку. Це підтвердилося вдалою спробою отримання квітування тютюну влітку при штучному вкороченні дня.

У залежності від фотоперіодичної реакції рослин, яка визначається тривалістю світлового періоду, яка необхідна для переходу їх до цвітіння, виділяють:

- *рослини короткого дня*, у яких початок квітування відбувається при тривалості світлового періоду доби 12 год і менше (конопля, капуста,

хризантеми тощо);

- *рослини довгого дня*, яким для успішного квітування і подальшого розвитку необхідна тривалість безперервного світлового періоду більше 12 год на добу (льон, цибуля, овес, морква, картопля, пшениця тощо);

- *фотоперіодично нейтральні рослини*, у яких розвиток генеративних органів настає в широкому інтервалі тривалості періоду освітленості (окрім дуже короткої, що означає для рослини світлове голодування). До цієї групи відносять виноград, кульбабу, бузок, флокси тощо.

Рослини довгого дня походять переважно з північних широт, а короткого дня – з південних. Багато наших листопадних дерев при довгому світловому дні стають вічнозеленими.

Тварини, особливо комахи, також чутливо реагують на тривалість дня. Лише в умовах довгого дня розвивається білан капустяний, березовий п'ядун. Типовими представниками короткого дня є багато совок, терновий шовкопряд, сарана.

Довжина світлового періоду доби, яка забезпечує перехід до чергової фази розвитку, називається критичною тривалістю дня для цієї фази. З підвищенням географічної широти критична тривалість дня зростає. Так, перехід у діапаузу яблуневої листовійки при проживанні на 32° північної широти відбувається при тривалості світлового періоду доби 14 год, на широті 44 – 16 год., а на широті 52 – 18 год. Критична тривалість дня часто служить перешкодою для широкого розповсюдження рослин і тварин, для їх репродукції.

Фотоперіодизм рослин і тварин – це спадково закріплена і генетично обумовлена ознака.

2.3. Температура як екологічний фактор

Терміни «теплота» й «температура» мають різне значення. **Теплота** – це міра енергії, що міститься в даній речовині.

Температура – це міра швидкості руху молекули атомів у системі. За

даної температури молекули різних речовин (дерево, папір) мають однакову кінетичну енергію, але при цьому вони можуть мати різну кількість теплової енергії (залежно від густини, молярної маси).

Основні джерела тепла для організмів на Землі:

- пряме сонячне випромінювання (інфрачервоні промені здійснюють тепловий ефект);
- тепло ґрунту, повітря й води;
- органічні залишки, що розкладаються під впливом бактеріальної ферментації (силос, компост);
- енергія окислювальних процесів (дисиміляція) органічних речовин.

Температура – одна із найважливіших умов існування живих організмів, тому що всі фізіологічні процеси в них можливі лише при певних температурах. Прихід тепла на земну поверхню забезпечується сонячними променями і розповсюджується на Землі у залежності від висоти Сонця над горизонтом і кута падіння сонячного проміння, тобто по-різному представлений у різних широтах і висоті над рівнем моря, чим забезпечується різний температурний режим в окремих районах земної кулі.

Географічний розподіл рослин на Землі тісно пов'язаний з розподілом тепла, що знаходить своє відображення в умовному розчленуванні нашої планети на широтні кліматичні зони і вертикальні висотні пояси. На території Землі в напрямку від екватора на північ і південь виділяються, за Г. Вальтером (1968), шість ботаніко-географічних зон: екваторіальна, тропічна, субтропічна, перехідна, помірна та арктична (антарктична).

Екваторіальна зона розміщена в межах 10° північної широти і 10° південної широти. Середня температура повітря – $21,8-27,2^\circ\text{C}$, що характеризує високу стабільність клімату. Щорічна кількість опадів досягає 4000-6000 мм. Велика кількість тепла і вологи сприяє розвитку пишної рослинності тропічних дощових лісів.

Тропічна зона, яка сягає до 20° північної і 20° південної широти, характеризується ще більшою кількістю тепла. Середньорічна температура

повітря становить 25,1-29,5°C. Стабільні високі температури в тропіках обумовили широке розповсюдження природної лісової тропічної рослинності.

Субтропічна зона розміщена від 20° до 40° північної та південної широти. Середньорічна температура коливається в межах 15-18°C, а подекуди – 11-13°C. Річна кількість опадів – 500-800 мм. Рослинність багата, субтропічна.

Перехідна зона із сезоном зимових дощів розміщена від 40° до 60° північної та південної широти. Тут влітку на кліматі позначається вплив субтропічної засушливої зони, яка зміщується до полюса, а взимку – переміщення із заходу областей низького атмосферного тиску (Фукарек, 1982). Кількість опадів у напрямку із заходу на схід, зменшується від 1150 мм до 451 мм. Середньомісячна температура взимку становить 6,7°C, влітку 22,6°C, восени –15,2 °C.

Помірна зона займає величезні площі. Це область помірного континентального клімату: із суворою зимою та досить жарким літом. Середня температура липня становить 10 °C, максимальна – 23 °C. Середньорічна кількість опадів – 550 мм, зі збільшенням на заході до 700 мм і зменшенням на півдні та сході до 400 мм.

Арктична (антарктична) зона охоплює північну і південну частини обох півкуль вище 65-70°. Вегетаційний період тут триває від одного до чотирьох місяців. Середньомісячна температура повітря в липні становить +10-14 °C. Звичайні низькі температури (40-50 °C). Середньорічна температура – нижче 0°C. Постійні холодні вітри мають швидкість 10-40 м/с. Середньорічна кількість опадів – 150-300 мм, більше їх випадає в другій половині літа.

Температурний режим змінюється у широтному і висотному напрямках. У горах зі збільшенням висоти на кожні 100 м над рівнем моря температура повітря знижується на 0,5 °C. Зміна температури зі зміною висоти над рівнем моря одержала назву **висотного градієнта**. Вимірюється він величинами 0,4-0,7 °C залежно від географічної широти. Наприклад, в Українських Карпатах у нижньому гірському лісовому поясі поблизу с. Ясиня на висоті 652 м н.р.м. температура становить +6°C, а у верхньому гірському лісовому поясі біля

Турбата на висоті 1268 м н.р.м – близько $+3,2^{\circ}\text{C}$. Відповідних змін зі зміною висоти над рівнем моря зазнають також рослинність, ґрунтовий покрив, тваринний світ тощо. Отже, в гірських районах земної кулі виявлена вертикальна зональність (поясність). Нижні пояси гір покриває теплолюбна, широколистяна лісова рослинність, а високогірні – більш холодостійка хвойна або чагарникова чи трав'яниста.

Оптимальним тепловим режимом вважається такий, при якому протягом всього життя, особливо у період росту і розвитку, кількість і тривалість дії тепла найкращим чином забезпечує хід всіх фізіологічних і біохімічних процесів у даному організмі за даних умов.

Мінімальний тепловий режим є тим мінімальним строком тривалості і кількості тепла, за межами якого життя організму за даних умов уже неможливе через нестачу тепла. Верхня межа кількості і тривалості тепла, за межами якої організм гине від високої температури, називається **максимумом теплового режиму**. Для більшості організмів оптимальні температури $+25 - +30^{\circ}\text{C}$. Нижня межа температури, яка необхідна для росту більшості рослин, знаходиться вище 0°C . У той же час водорості гарячих джерел ростуть при $+70^{\circ}\text{C}$.

За відношенням до тепла виділяють два типи рослин:

- **теплолюбні (термофіли)** – оптимум лежить у межах підвищених температур. Вони існують у зонах тропічного і субтропічного клімату,
- **холодостійкі (психрофіли)** – для них оптимальні низькі температури. До них належать види, які мешкають у полярних і високогірних зонах.

Існують екологічні групи організмів, оптимум яких зміщений у бік низьких або високих температур. **Кріофіли** – види, що надають перевагу холоду та спеціалізовані до життя в цих умовах. Понад 80 % біосфери сконцентровано в постійно холодних областях із температурою нижче $+5^{\circ}\text{C}$ – це глибини Світового океану, арктичні та антарктичні пустелі, тундра, високогір'я. Види, що мешкають тут, мають підвищену холодостійкість.

Термофіли – це екологічна група видів, оптимум життєдіяльності яких приурочений до області високих температур. Термофілією відрізняються багато

представників мікроорганізмів, рослин і тварин, що трапляються в гарячих джерелах, на поверхні ґрунтів, що прогріваються, в органічних залишках, що розкладаються при їх саморозігріванні.

У тварин вплив теплового режиму на особливості будови простежуються ще більш чіткіше. Встановлено, що в міру віддалення від полюсів до екватора розміри близьких у систематичному відношенні тварин з непостійною температурою тіла стають більші, а з постійною – менші (*правило Бергмана*).

У тварин з постійною температурою тіла у холодних кліматичних зонах спостерігається тенденція до зменшення частин тіла, які виступають (*правило Аллена 1877 р.*), оскільки вони віддають в оточуюче середовище найбільшу кількість тепла. Правило Аллена наочно виявляється, наприклад, при порівнянні розмірів вух екологічно близьких видів: песця як мешканця тундри, лисиці звичайної, типової для помірних широт, і фенека – мешканця пустель Африки.

Виступаючі частини тіла мають більшу відносну поверхню тіла, яка вигідна лише в умовах півдня. При адаптації до холоду проявляється закон економії поверхні, так як компактна форма тіла з мінімальним відношення S/V найбільш вигідна для збереження тепла.

У тварин спостерігається два основних типи теплообміну. Перший тип характерний для тварин з нестійким рівнем обміну речовин, непостійною температурою тіла і майже повною відсутністю механізмів терморегуляції. Таких тварин з таким типом обміну називають **холоднокровними або пойкилотермними**. До них належить більшість тварин, крім птахів та ссавців. До організмів, які не можуть підтримувати постійну температуру тіла відносяться також мікроорганізми, рослини, безхребетні.

Другий тип властивий тваринам з більш високим і стійким рівнем обміну речовин, у процесі якого здійснюється терморегуляція і забезпечується відносно постійна температура тіла. Такі тварини називаються **теплокровними або гомойотермними**. **Гетеротермні організми** – різновидність гомойотермії. У несприятливий період ці організми впадають у сплячку, оціпеніння. У них

гальмується обмін речовин. Це їжаки, ховрах, колібрі, сови, клоачні, кажани.

В організмів з непостійною температурою тіла підвищення температури оточуючого середовища викликає прискорення ряду фізіологічних процесів: обміну речовин, росту, розвитку і т.д. Тому до певної межі, чим вища температура, тим коротший проміжок часу необхідний для розвитку окремих стадій чи всього життєвого циклу.

Температура навколишнього середовища, при якій після холодого пригнічення відновлюється нормальний обмін у пойкилотермних організмів називається **температурним порогом розвитку**. Для розвитку таких організмів необхідно отримати ззовні певну кількість тепла. Це тепло вимірюється сумою ефективних температур. **Ефективна температура** – це різниця між температурою середовища (Т) і температурним порогом розвитку організмів (С). Для кожного виду ці показники свої. Суму ефективних температур розраховують за формулою:

$$X=(T-C)\cdot t, \text{ де}$$

X – сума ефективних температур;

T – температура навколишнього середовища;

C – температура порога розвитку;

t – число годин або днів з температурою, яке більше за поріг розвитку.

Розрахунки ефективних температур необхідні в практиці сільського і лісового господарства, при боротьбі зі шкідниками, інтродукції нових видів.

2.3.1. Шляхи регуляції теплообміну в рослин

У рослин виділяють такі шляхи регуляції теплообміну:

1. Морфологічний шлях: опушеність (наявність трихом); глянцеватість; видозмінення листя; подушечні рослини (бруньки ближче притиснуті до землі й краще захищені від низьких температур); хвойні, що мають потовщену кору, яка дозволяє їм до певної міри витримувати лісову пожежу.

2. Біохімічний шлях: зменшується або збільшується активність ферментів, швидкість хімічних реакцій, обмін речовин.

3. Фізіологічний шлях: транспірація (при інтенсивній транспірації вода

швидко випаровується, температура знижується на 4-6 і навіть 10-15°C); уповільнене утворення льоду в тканинах внаслідок підвищення концентрації клітинного соку та за рахунок здатності води до переохолодження (за умов зниження температури нижче 0°C лід не утворюється, раптово відбувається підвищення температури, оскільки під час кристалізації льоду звільнюється теплота).

Рослини стосовно до умов крайнього дефіциту тепла поділяються на такі екологічні групи:

1. **Теплолюбні** – сильно пошкоджуються за низьких позитивних температур (вище 0°C до +8°C). Причини: порушення обміну нуклеїнових кислот, порушення проникливості мембран, припинення відтоку асимілятів. Приклад: тропічні ліси, деякі водорості, деякі гриби.

2. **Холодовитривалі** – переносять низькі температури, але гинуть, як тільки в тканинах утворюється лід. У цих рослин концентрація речовин у клітинному соку підвищується. Це знижує поріг замерзання. До -5°C – -7°C лід не утворюється. Ці рослини здатні переносити короткочасні заморозки. Приклад: субтропічні та середземноморські ліси.

3. **Холодостійкі**. У холодну пору року ці рослини переносять позаклітинне замерзання води й зневоднення. У них до кінця вегетаційного періоду відбувається накопичення вуглеводів, амінокислот, гідрофільних білків, солей. Це знижує температуру замерзання, оскільки зв'язується вода.

Загартування – це нагромадження у клітинах цукрів (до 20-30%), похідних вуглеводів, деяких амінокислот та інших захисних речовин, які зв'язують воду. Після закінчення зимового спокою загартування втрачається. Весняні приморозки, які настають раптово, можуть пошкодити ростові пагони і особливо квіти навіть у морозостійких рослин.

За ступенем адаптації до високих температур виділяють такі групи організмів:

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

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

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

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

Тепло відіграє формотвірну роль у процесах росту й розвитку рослин. Від температури залежить хід фотосинтезу та транспірації, а також процес накопичення органічної речовини рослиною. При мінімальній температурі процес лише починається, при оптимальній він перебігає найінтенсивніше ($+20$ -25°C), при максимальній припиняється ($+40$ -45°C). У ході адаптації рослин до теплового режиму (у поєднанні зі світловим, водним і повітряним режимами) в них сформувались певні анатомо-морфологічні пристосування і відбулися зміни фізіолого-біохімічних процесів. В результаті нагрівання сонячними променями рослини, її температура може бути вищою температури оточуючого її повітря. При сильній транспірації температура рослини стає нижчою температури повітря. Це спасає рослину від перегрівання. Загибель рослин при дуже високих температурах (більше $+40^{\circ}\text{C}$) пояснюється дією аміаку, що нагромаджується в тканинах в процесі розпаду білків, та амінокислот. У жаростійких рослин розвинута здатність накопичувати органічні кислоти, які зв'язують аміак, тим самим роблячи його нешкідливим для рослини. Крім того, такі рослини в процесі еволюції здобули такі захисні властивості як скорочення площі поверхні рослини, розвиток волосків, поява ефірних залоз, виділення солей, а також явище анабіозу – тимчасове припинення або уповільнення життєвих процесів (циклічність розвитку рослин).

Зокрема такі особливості як інтенсивний ріст дерев у висоту, швидка мінералізація підстилки, а також глянсуватість листків, поява кутикулярного шару, опушення тощо, спрямовані на захист рослин від низьких і високих

температур. Температура впливає на кореневе живлення рослин. Цей процес можливий за умови, коли температура ґрунту буде на декілька градусів нижчою температури повітря.

У арктичних і високогірських районах, де мало тепла, для кращого, більш ефективного його використання, рослини мають низькорослі, приземкуваті, розеткові, шпалерні форми. Завдяки інтенсивному росту тісно зближених пагонів з вкороченими міжвузлями формуються подушкоподібні форми: всередині яких тепліше, ніж ззовні. Є рослини з глибокорозсіченими листками.

У рослин посушливих місцезростань епідерміс з товстою кутикулою, густо покритий волосками, на стеблах зберігаються тогорічні листки, пагони видозмінилися в колючки, цибулини втягнені в ґрунт.

2.3.2. Шляхи регуляції температури тіла в тварин

Хімічна терморегуляція в тварин здійснюється рефлекторним шляхом і зумовлена проходженням інтенсивних окислювально-відновних реакцій. Зміна температури сприймається рецепторами, від яких подразнення передається в центральну нервову систему. Величина тепловіддачі пов'язана з кількістю кисню, що поглинається.

Фізична терморегуляція – це здатність стримувати або розсіювати тепло. Вона зумовлена морфологічними й фізіологічними особливостями будови організму, а саме: забарвленням, волосяним покривом, покривом з пір'я, жировими, потовими залозами, особливостями будови кровоносної системи.

Етологічні адаптації. Для багатьох тварин поведінка є єдиним і дуже ефективним засобом підтримання теплового балансу. Наприклад: клопи-солдатики збираються в пошуках тепла на ділянках, добре прогрітих сонцем; тварини ховаються від холоду або спеки. Рудий мурашка затикає на ніч вхідний отвір у своєму гнізді сосновими голками. При цьому температура гнізда підтримується на рівні +23-29°C.

У птахів і ссавців у процесі еволюції виробилась здатність до терморегуляції – підтримання сталої температури тіла. У більшості птахів

температура тіла дещо вища (40°C), ніж у ссавців. Вона зберігається на постійному рівні незалежно від коливань температури оточуючого середовища. У примітивних австралійських ссавців – качкодзьоба і єхидни, терморегуляція розвинена погано і температура їх тіла у значній мірі залежить від температури середовища (табл. 1).

Таблиця 1

Екологічні переваги пойкилотермії та гомойотермії (В.В. Рома, 2014)

Тип терморегуляції	Шляхи терморегуляції		
	Хімічний	Фізичний	Етологічний
Пойкілотермія Екологічні вигоди: висока холодостійкість; за високої температури відсутня транспірація	Погано розвинутий. Особини нагрівають своє тіло за рахунок м'язових скорочень.	Слабо розвинутий.	Дуже добре розвинутий
Гомойотермія Екологічні вигоди: комплекс терморегуляційних засобів	Дуже добре розвинутий за рахунок окислювально- відновних процесів. Але для тварин, що мешкають за полярним колом, цей шлях екологічно недоцільний.	Добре розвинутий. Для тварин півночі екологічно доцільний (жировий шар, пір'я, волосяний покрив).	Добре розвинутий.

Для існування тварин у змінних умовах середовища велике значення має не тільки здатність до терморегуляції, але і поведінка, вибір місця з більш сприятливою температурою, активність у певний період доби, будівництво спеціальних сховищ і гнізд, міграцій у теплокровних тварин тощо.

Багато організмів володіють вражаючою здатністю переносити дуже високу температуру. Так, верблюжа колючка витримує нагрівання повітря до +70 °С, деякі водорості, наприклад, осциляторія типова, яка знайдена у гарячих джерелах, і синьо-зелені водорості у гарячих водах Камчатки постійно живуть при температурі +75-82°C. При температурі 52°C у гарячих джерелах Каліфорнії живе рибка плямистий циприндон. Деякі види жуків і метеликів здатні витримувати температуру +45-50°C, таку ж температуру витримують плазуни.

Основними способами регуляції температури тіла у пойкилотермних тварин є зміна пози, пошук сприятливих мікрокліматичних умов та місць проживання, виривання нір, спорудження гнізд тощо. Зміною пози тварина може посилювати чи послаблювати нагрівання тіла. Так, пустельна сарана в прохолодні ранкові години підставляє сонячним променям широкий бік, а в полудень – вузьку спину. Вдень у пустелях деякі види ящірок і змії вилазять на кущі, уникаючи контакту з розжареною поверхнею ґрунту.

До зими більшість тварин шукає схованки, де зміна температури більш плавна у порівнянні з відкритими місцями існування. Ще більш складні форми поведінки ґрунтових комах, бджіл, мурашок, термітів, які будують гнізда, що забезпечують добру регуляцію температури (майже постійну) в період активності комах.

У окремих видів спостерігається здатність до хімічної терморегуляції. Багато пойкилотермних тварин здатні підтримувати оптимальну температуру тіла за рахунок роботи м'язів. Але при припиненні м'язової діяльності тепло тіла досить швидко розсіюється з причини недосконалості механізмів фізичної терморегуляції. Наприклад, джмелі розігрівають тіло спеціальними м'язовими скороченнями – тремтінням, до $+32 - 33^{\circ}\text{C}$, що дає їм змогу злітати і годуватись навіть у прохолодну погоду.

Дорослі гомойотермні тварини відрізняються настільки ефективною системою терморегуляції, що це дає їм можливість підтримувати постійну температуру тіла протягом усіх пір року. У тварин півночі (песець, полярна куріпка) життєві процеси нормально протікають при різниці температури тіла і оточуючого середовища, яка становить 70°C .

У теплокровних тварин існує досконала здатність до хімічної терморегуляції, яка характеризується високим рівнем обміну речовин і утворенням великої кількості тепла за рахунок посилення окислювальних процесів у скелетних м'язах. У процесі продукування додаткового тепла значно посилюється обмін жирів, оскільки вони містять головний запас енергії організму. Таким чином, жирові запаси тварин забезпечують кращу

терморегуляцію. При достатній кількості їжі тварини здатні витримувати значні коливання температури і навіть виводити потомство.

Для тварин арктичної зони при нестачі їжі хімічна регуляція екологічно не вигідна. Більш вигідною є фізична форма регуляції – збереженні тепла в тілі тварини, запобігання його розсіянню. До цих способів регуляції слід віднести: наявність густого хутра у ссавців, пір'я і пуху у птахів, зміну кута нахилу пір'я або волосся, сезонну зміну пір'я та хутра (линька), рефлекторне звуження та розширення кровоносних судин шкіри, зміну теплоізоляційних властивостей хутра та пір'я тощо.

Поведінкові способи теплорегуляції теплообміну менш важливі для гомойотермних, ніж для пойкилотермних. Особливий інтерес у цьому відношенні представляє групова терморегуляційна поведінка тварин. Наприклад, деякі пінгвіни у сильний мороз збиваються у щільну купу, так звану «черепашу». Особини, які були спочатку скраю, пробиваються через певний час всередину, і «черепаша» повільно кружляє і переміщується. У середині такого скупчення температура підтримується близько $+37^{\circ}\text{C}$. Мешканці пустель – верблюди, у сильну спеку також притискаються боками один до одного, але цим досягається протилежний ефект – попередження сильного нагрівання поверхні тіла сонячними променями. Температура у центрі скупчення тварин дорівнює температурі їх тіла ($+39^{\circ}\text{C}$), тоді як з боків у крайніх особин і на спині шерсть нагрівається до $+70^{\circ}\text{C}$.

Поєднання ефективних способів хімічної, фізичної та поведінкової терморегуляції при загальному високому рівні окислювальних процесів в організмі дозволяє гомойотермним тваринам підтримувати свій тепловий баланс на фоні широких коливань температури зовнішнього середовища.

2.4. Вологість як екологічний фактор

Вологість – це кількість водяних парів, які містяться в одиниці об'єму повітря за даної температури. Але частіше в екології використовують поняття не «вологість», а «відносна вологість». **Відносна вологість** – це відношення

абсолютної вологості до тієї кількості водяних парів, які зможуть наситити даний простір за даної температури, або це відношення дійсної пружності водяних парів до пружності в стані насичення.

Вода – найважливіший екологічний фактор для всього живого на Землі. Живих організмів, які не містять у складі свого тіла воду, на нашій, планеті не виявлено. Усі процеси живлення, дихання, виділення, тобто увесь обмін речовин протікає лише з участю води. Необхідна організмам кількість води часто є обмежуючим фактором у життєдіяльності виду, що обумовлює його розселення і чисельність.

Загальний об'єм води на земній кулі становить близько 1500 млн. км². Він складається з рідкої (прісної та солоної), твердої та газоподібної води. Із загальної її кількості на океани і моря припадає близько 97%. Більша частина води зосереджена у південній півкулі. Три чверті з 3%, які залишилися, знаходяться у твердому стані у вигляді льодовиків і полярних льодових шапок.

У складі рослини – від 40 до 90% і більше води. Однак, оводненість рослин досить різна. Менш усього оводнені рослини пустель і сухих степів – від 30 до 65%, більше всього – рослини вологих місць існування (наприклад, види високотрав'я Камчатки) – від 71 до 94%. У рослинних організмах вода бере участь у регуляції фотосинтезу – мінеральні солі надходять у рослину з ґрунту лише у вигляді водних розчинів. Для великої групи рослин, які мешкають у водоймах, морях і океанах, вода є безпосереднім середовищем існування.

Дефіцит вологи – одна із найбільш суттєвих особливостей наземно-повітряного середовища життя. Режими вологості середовища на суші досить різноманітні – від повного і постійного насичення повітря водними парами (тропіки) до повної їх відсутності (пустелі). Спостерігається значне коливання вмісту пари води в атмосфері протягом доби, а також протягом пів року. Це привело до розвитку у наземних організмів великої кількості адаптацій до режиму водопостачання та збереження вологи в організмі.

Нижчі наземні рослини поглинають воду зануреними у неї частинами

талому. Серед вищих наземних рослин одні (мохи) поглинають воду з ґрунту за допомогою *ризоїдів*, а інші – за допомогою *коренів* спеціалізованих органів для всмоктування розчинів. Вичерпання запасів води у ґрунті поблизу кореневої системи зумовлює збільшення активної поверхні коренів шляхом росту. Кореневі системи досить пластичні і швидко реагують на зміну умов, у першу чергу зволоження. При нестачі вологи коренева система охоплює більший об'єм ґрунту, але слабо галузиться, При достатній кількості вологи коренева система охоплює невеликий об'єм ґрунту, але густо пронизує його численними сильно розгалуженими корінцями. У вищих рослин є також й інші способи надходження води в їх тіло. Мохи і лишайники поглинають воду *всією поверхнею*.

Найбільшу всмоктувальну силу мають *галофіти* і рослини (грец. «*hals*» – сіль і грец. «*phyton*» – рослина), пристосовані до життя на засолених ґрунтах (80-100 атм.), зокрема, солонець європейський (*Salicornia europaea*), кермек донецький (*Limonium donetzicum*). Вода, що надійшла в рослину, транспортується від клітини до клітини у всі органи, забезпечуючи таким чином усі життєво необхідні процеси.

Епіфіти дощового тропічного лісу поглинають вологу поверхнею тіла. У степових та пустельних рослин зустрічаються *ефемерні корені*, які швидко виростають у періоди зволоження, а з настанням посушливого періоду засихають. Рослини-епіфіти можуть поглинати водяну пару з повітря тонкими листками як папороть гіменофілум, повітряними коренями – орхідеї.

По типу розгалуження кореневі системи поділяються на екстенсивні та інтенсивні. *Екстенсивна* коренева системи охоплює великий об'єм ґрунту, слабо галузиться (саксаул, верблюжа колючка, сосна, береза). *Інтенсивна* коренева система охоплює невеликий об'єм ґрунту, але пронизує її сильно розгалуженими коренями (ковила, типчак, жито, пшениця).

Вода, яка надходить до рослинного організму транспортується від клітини до клітини і по ксилемі до всіх органів, де витрачається на процеси життєдіяльності. Через продиhi транспірується волога, яка випарувалась з

поверхні клітин всередині органів. Це головний шлях витрат води рослинами. *Кутикулярна* транспірація складає менше 10% від свобідного випаровування. *Перидермальна* транспірація (вторинна покривна тканина) проходить через сочевички – сукупність нещільних клітин перидерми. Інтенсивність транспірації підвищується із збільшенням освітленості, температури, сухості повітря, при вітрові.

По пристосуванню наземних рослин до змін водозабезпечення і випаровування розрізняють пойкилогідричні і гомойогідричні види.

Пойкілогідричні рослини мають непостійний вміст води, який значно залежить від вологості навколишнього середовища. Вони не здатні регулювати транспірацію, легко й швидко втрачають і поглинають воду. За відсутності води перебувають у стані анабіозу. Зустрічаються там, де короткі періоди зволоження чергуються з довготривалими періодами посухи. Це синьо-зелені водорості, всі відділи еукаріотичних водоростей (зелені, червоні, діатомові, бурі та ін.), більшість грибів, лишайники, мохи, деякі види вищих рослин, а також пилкові зерна і зародки в насінні рослин. У їх клітинах немає центральної великої вакуолі, і під час зневоджування вони рівномірно стискаються, не порушуючи структури мембран.

Гомойогідричні рослини здатні підтримувати відносну сталість кількості води в клітинах. Це більшість вищих наземних рослин. Вони мають велику центральну вакуоль, пагони, вкриті епідермісом з трихомами й кутикулою; транспірація регулюється продихами; мають добре розвинену кореневу систему.

2.4.1. Характеристика екологічних груп рослин за відношенням до вологи

Здатність гомойогідричних рослин регулювати свій водний обмін різна. Серед них виділяють різні екологічні групи за відношенням до вологи: **гідатофіти, гідрофіти, гігрофіти, мезофіти та ксерофіти**. Останні поділяються, в свою чергу, на сукуленти й склерофіти.:

1. Гідатофіти – це водні рослини цілком чи майже цілком занурені у воду. Серед них є квіткові, котрі вдруге перейшли до водного способу життя (елодея, рдесники, водяні жовтеці, валіснерія і ін.). Вийняті з води, ці рослини швидко висихають і гинуть. У них редуковані продихи і немає кутикули.

Листові пластинки в гідатофітів, як правило, тонкі, без диференціювання мезофілу, часто розсічені, що сприяє більш повному використанню ослабленого у воді сонячного світла і засвоєнню O_2 . Нерідко виражена різнолистість – *гетерофілія*; у багатьох видів є листки, що плавають. Підтримувані водою такі листки часто не мають механічних тканин, у них добре розвинута аеренхіма.

Коренева система квіткових гідатофітів сильно скорочена, іноді відсутня чи зовсім утратила свої основні функції (у рясок). Поглинання води і мінеральних солей відбувається всією поверхнею тіла. Цвітоносні пагони, як правило, виносять квітки над водою (рідше запилення відбувається у воді), а після запилення пагони знову можуть занурюватися, і дозрівання плодів відбувається під водою (валіснерія, елодея, рдести й ін.).

2. Гідрофіти – рослини наземно-водні, частково занурені у воду, що ростуть по берегах водойм, на мілководдях, на болотах. Зустрічаються в районах із різними кліматичними умовами. До них можна віднести очерет звичайний, вахту трилисту, калюжницю болотну й інші види. У них краще, ніж у гідатофітів, розвинуті провідні і механічні тканини. Добре виражена аеренхіма. У гідрофітів є епідерміс з продихами, інтенсивність транспірації дуже висока, і вони можуть рости тільки при постійному інтенсивному поглинанні води.

3. Гігрофіти – наземні рослини, що живуть в умовах підвищеної вологості повітря і часто на вологих ґрунтах. Серед них розрізняють *тіньові і світлові*.

Тіньові гігрофіти - це рослини нижніх ярусів сирих лісів у різних кліматичних зонах (недотрога, цирцея альпійська, будяк городній, багато тропічних трав і т. ін.). Через високу вологість повітря в них може бути

утруднена транспірація, тому для поліпшення водного обміну на листах розвиваються *гідатоди* або водяні продихи, що виділяють крапельно-рідку воду. Листки часто тонкі; зі слабо розвинутою кутикулою, містять багато вільної і малозв'язаної води. Вміст води у тканинах досягає 80% і більше. До *світлових гігрофітів* відносяться види відкритих місцезростань помірної широти, що ростуть на постійно вологих ґрунтах і у вологому повітрі (папірус, рис, сердечники, росичка й ін.).

4. Мезофіти можуть переносити нетривалу і не дуже сильну посуху. Це рослини, що виростають при середньому зволоженні, помірно теплому режимі і досить доброї забезпеченості мінеральним живленням. До мезофітів можна віднести вічнозелені дерева верхніх ярусів тропічних лісів, листопадні дерева саван, деревні породи вологих вічнозелених субтропічних лісів, листяні породи лісів помірного пояса, чагарники підліска, трав'янисті рослини дібров, рослини заливних і не занадто сухих суходільних лугов, пустельні ефемери і ефемероїди, багато бур'янистих і більшість культурних рослин.

5. Ксерофіти ростуть у місцях з недостатнім зволоженням і мають пристосування, що дозволяють добувати воду при її нестачі, обмежувати випаровування води чи запасати її на час посухи. Це рослини пустель, степів, піщаних дюн і сухих схилів, що сильно нагріваються. Ксерофіти підрозділяються на два основних типи: сукуленти і склерофіти.

А. Сукуленти – м'ясисті рослини із сильно розвинутою водозапасаючою паренхімою в різних органах. Розрізняють: стеблові сукуленти – кактуси, стапелії, кактусоподібні молочаї; листові сукуленти – алое, агави, молодило, очитки; кореневі сукуленти – аспарагус, кислиця.

Листки, а у випадку редукції стебла сукулентів мають товсту кутикулу, часто товстий восковий наліт чи густе опушення. Продихи занурені, відкриваються в щілину, де затримуються водяні пари. Удень вони закриті. Це допомагає сукулентам зберігати накопичену вологу, але зате погіршує газообмін, утруднює надходження O_2 усередину рослини.

Осмотичний тиск клітинного соку сукулентів малий – всього $3 \cdot 10^5 - 8 \cdot 10^5$

Па (3-8 атм), вони розвивають невелику сисну силу і здатні усмоктувати воду лише атмосферних опадів з верхніх ґрунтових шарів. Коренева система їх неглибока, але сильно розгалужена, що особливо характерно для кактусів.

Б. Склерофіти – це рослини, навпаки, сухі на вигляд, часто з вузькими і дрібними листами, іноді згорнутими в трубочку. Листи можуть бути також розсіченими, покритими волосками чи восковим нальотом. Добре розвинена склеренхіма, тому рослини можуть утрачати до 25% вологи. Сисна сила коренів до декількох десятків атмосфер, що дозволяє успішно добувати воду з ґрунту. При нестачі води різко знижують транспірацію. Склерофіти поділяють на 2 групи: еуксерофіти і стипаксерофіти.

До **еуксерофітів** відносяться степові рослини з розетковими та напіврозетковими, сильно опушеними пагонами, напівчагарнички, деякі злаки, полин кам'яний, едельвейс альпійський (*Leontopodium alpinum*) і ін. Найбільшу біомасу ці рослини створюють у період, сприятливий для вегетації, а в жару рівень обмінних процесів у них дуже низький.

Стипаксерофіти – це група вузьколистих дернових злаків (ковила, тонконогі, типчак і ін.). Характеризуються низькою транспірацією в посушливий період і можуть переносити особливо сильне зневоднювання тканин. Згорнуті в трубочку листи мають усередині вологу камеру. Транспірація йде через занурені в борозенки продихи усередину цієї камери, що знижує втрату вологи.

2.4.2. Шляхи надходження й витрат вологи у тварин

Тварини одержують воду трьома основними шляхами: через питво, разом із соковитою їжею й у результаті метаболізму, тобто за рахунок окислювання і розщеплення жирів, білків і вуглеводів.

Утрати води у тварин відбуваються через випаровування покривами чи зі слизових оболонок дихальних шляхів, шляхом виведення з тіла сечі і неперетравлених залишків їжі.

Хоча тварини можуть витримувати короточасні утрати води, але в

цілому витрата її повинна відшкодовуватися приходом. Утрати води приводять до загибелі скоріше, ніж голодування.

Види, що одержують воду в основному через питво, сильно залежать від наявності водопоїв. Це особливо характерно для великих ссавців. У сухих аридних районах такі тварини роблять іноді значні міграції до водойм і не можуть існувати занадто далеко від них. В африканських саванах слони, антилопи, леви, гієни регулярно відвідують водопої.

Питна вода необхідна і птахам. Ластівки і стрижі п'ють на лету, пролітаючи над поверхнею водойми. У той же час багато тварин можуть обходитися зовсім без питної води, одержуючи вологу іншими способами.

Вологість повітря також дуже важлива для тварин, тому що від її залежить величина випаровування поверхні тіла. Утрати води через випаровування обумовлені також будовою покривів. Деякі види не можуть жити в сухому повітрі і мають потребу в повному насиченні його водяними парами. Інші без шкоди для себе населяють самі посушливі райони.

Серед ряду груп тварин можна виділити **гігрофілів і ксерофілів**, тобто вологолюбні і сухолюбні види. Проміжну групу складають **мезофіли**. Серед комах, наприклад, гігрофільні кровосисні комарі, що активні переважно у вечірню і ранкову годинну, або в похмуру погоду, або тільки в тіні, під пологом лісу, тобто при підвищеній вологості повітря. Ксерофільні жуки-скакуни, пустельні жуки-чорнотілки, пустельна сарана й ін.

Способи регуляції водного балансу у тварин різноманітніші, ніж у рослин. Їх можна розділити на *поведінкові, морфологічні і фізіологічні*.

До числа *поведінкових* пристосувань відносяться пошуки водопоїв, вибір місць проживання, риття нір і т.п. У норах вологість повітря наближається до 100%, навіть коли на поверхні дуже сухо. Це знижує необхідність випаровування через покриви, заощаджує вологу в організмі.

До *морфологічних* способів підтримки нормального водного балансу відносяться утворення, що сприяють затримці води в тілі: раковини наземних равликів, що ороговіли покриви рептилій, розвиток епікутикули в комах і т.п.

Фізіологічні пристосування до регуляції водного обмін – це здатність до утворення метаболічної вологи, економії води при виділенні сечі, розвиток витривалості до зневоднювання організму, величина потовиділення і віддачі води зі слизових. Витривалість до зневоднювання, як правило, вище у тварин, що піддаються тепловим перевантаженням. Для людини утрата води, що перевищує 10% маси тіла, смертельна. Верблюди переносять утрати води до 27%, вівці до 23%, собаки до 17%.

Для економії води, виведеної через нирки, потрібна перебудова азотного обміну. При розпаді білків у більшості водних організмів утворюється аміак, що токсичний для цитоплазми навіть у малих концентраціях. На процес його утворення і виведення витрачається багато води. У наземних тварин аміак присутній серед продуктів обміну тільки в тих форм, що живуть в умовах достатнього забезпечення водою, наприклад у попелиць, що безупинно харчуються соком рослин. Основний компонент сечі в наземних ссавців – сечовина. Це менш токсичний продукт обміну, що може накопичуватися в плазмі і порожнинних рідинах і виводитися в більш концентрованих розчинах, що заощаджує воду. Із сечею виводяться також різні солі. Загальна концентрація сечі в порівнянні з плазмою може служити показником здатності до економії води при виділенні. У людини сеча більш концентрована порівняно з плазмою в 4,2 рази, в овець – у 7,6 рази, у верблюда – у 8 разів, в тушканчиків – у 14 разів.

Лускаті плазуни і сухопутні черепахи-групи, що освоїли найбільш аридні райони – виділяють малорозчинну сечову кислоту. Це ж характерно для птахів і вищих комах. Павукоподібні виділяють гуанін. При утворенні гуаніну і сечової кислоти затрачається мінімальна кількість води. Майже винятково на сухому кормі живуть такі пустельні види, як тушканчики, африканська пісчанка та ін.

2.5. Наземно-повітряне середовище життя. Повітря як екологічний фактор

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 скелету (*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. Анемохорне насіння і плоди рослин також мають або дуже малі розміри, або різноманітні крилоподібні та парашутоподібні придатки, які збільшують їх здатність до планування.

Повітря – це фізична суміш газів різної хімічної природи, які мають для живих істот першочергове значення. З біологічної точки зору повітря – це не тільки газова оболонка Землі, але й газовий компонент ґрунту, розчинні гази природних вод і тканинних рідин організмів. Повітря є матеріальним середовищем, з яким тісно пов'язана життєдіяльність практично всіх організмів.

Мала густина повітря обумовлює порівняно низький атмосферний тиск на суші. Нормальний атмосферний тиск становить 760 мм. рт. ст. Низький атмосферний тиск у горах обмежує поширення там видів. Це пояснюється зменшенням забезпечення киснем, зневоднення тварин за рахунок збільшення частоти дихання. Всі наземні організми більш стенобатні ніж водні.

Склад повітря, позбавлений вологи і твердих домішок, практично однаковий у всіх місцях земної кулі і характеризується такими значеннями (на висоті над рівнем моря): кисень – 20,95%, азот – 78,01%, вуглекислий газ – 0,03%, аргон – 0,93%.

Поряд із вказаними компонентами повітря містить незначні кількості водню, озону, ксенону, сірчаного ангідриду, оксиду вуглецю (II), аміаку та ін. У повітрі є також водяна пара, кількість якої залежить від температури, ефірні олії та ін.

Газовий склад повітря відрізняється відносно великою сталістю як на протязі доби, так і в різні пори року.

Для абсолютної більшості живих організмів *кисень* є життєво необхідним. У безкисневому середовищі можуть розвиватися лише анаеробні бактерії. У біосфері кисень знаходиться у вигляді молекулярного O_2 , атомарного кисню O , і озону O_3 . Останній на висоті 25-30 км утворює озоновий екран, що не пропускає промені з довжиною хвилі менше 295 нм, які знищують все живе. Вільний кисень підтримує життя, але й сам є продуктом життєдіяльності. Майже весь кисень атмосфери має біологічне походження. У атмосфері планети він з'явився лише завдяки зеленим автотрофним рослинам, тобто у результаті фотосинтезу. Високий вміст кисню сприяв підвищенню обміну

речовин у наземних організмів, що призвело до утворення гомойотермним тварин.

Біосфера є складною сумішшю сполук *вуглецю*, які безпосередньо виникають, змінюються, розкладаються. Вміст CO_2 у приземному шарі атмосфери може суттєво змінюватись, що пов'язано з ритмом фотосинтезу рослин, інтенсивністю дихання тварин у різні пори року. У природі основне джерело вуглекислоти – так зване ґрунтове дихання. Ґрунтові мікроорганізми та тварини дихають дуже інтенсивно. Вуглекислий газ дифундує з ґрунту до атмосфери, особливо активно під час дощу. Багато його виділяють ґрунти помірно вологі, такі, що добре прогриваються, багаті органічними залишками. Наприклад, ґрунт букового лісу виділяє CO_2 від 15 до 22 кг/га за годину, а збіднений піщаний – лише 2 кг/га за годину.

Вуглекислий газ поступає в атмосферу не тільки внаслідок природних процесів (виверження вулканів, діяльності ґрунтових організмів, дихання рослин і тварин), а й внаслідок спалювання горючих корисних копалин, як побічний продукт хімічної та мікробіологічної промисловості. Лише у результаті спалювання викопного палива щороку в атмосферу поступає 3×10^9 тон вуглекислого газу, а з врахуванням технологічних процесів не менше 10×10^9 тон.

В океані вуглекислого газу майже в 60 разів більше, ніж в атмосфері, внаслідок того, що цей газ краще розчиняється у холодній, а не в теплій воді. Світовий океан діє як гігантський насос, який поглинає CO_2 , переносить і віддає його в атмосферу тропіків.

Не дивлячись на те, що *азот* переважає над усіма іншими газами, його кількість в атмосфері складає лише 2% від запасів азоту на Землі. Вільний азот поступає в атмосферу з кори за рахунок вивітрювання та з надр Землі під час вулканічних вивержень, з розплавлених силікатних магм, з гарячих джерел, де його значно більше, ніж у атмосфері. Багато азоту і кисню в газах, які оточують органічні рештки. Азот у великій кількості знаходиться у вибуховому кам'яновугільному газі, досить багато його в повітрі торф'яних покладів (до

53,7%). Вільний азот постійно проникає з літосфери у нижні і більш високі шари атмосфери. Для більшості організмів, особливо тварин, він є нейтральним газом. Лише для незначної групи мікроорганізмів (бульбочкових бактерій, азотобактерій, синьо-зелених водоростей) азот повітря є фактором життєдіяльності. Засвоюючи молекулярний азот, названі мікроорганізми після відмирання і мінералізації забезпечують корені вищих рослин доступними формами цього елемента.

Важливу роль у житті рослин відіграє вітер. Вітер – це переміщення мас повітря вздовж поверхні Землі, під час якого вирівнюється концентрація окремих його частин, посилюється газообмін в атмосфері і ґрунті. Вітер посилює випаровування і приносить вологу.

Вітер здійснює на організми *пряму і опосередковану* дію. До прямого слід віднести обламування гілок та сучків, викривлення стебел, зривання листя та плодів. При сильних вітрах проходить вивертання з коренями (вітровал) особливо великих дерев. Від вітровалу більше всього страждають дерев'янисті породи з поверхневою кореневою системою, наприклад, ялина, а серед листяних порід. – береза і бук. Опосередкований вплив повітря здійснюється через вітри, які, крім того що змінюють характер таких важливих факторів як температура і вологість мають механічний та фізіологічний вплив на організм: прискорюють транспірацію, а разом з нею посилюють поглинання поживних речовин з ґрунту. Постійні односторонні вітри впливають на форму і положення дерев: можуть викликати різні деформації росту дерев: нахил стовбурів під тиском вітру, односторонність крони. Часто на узбережжі морів трапляються дерева з прапороподібною короною.

Але вітер відіграє в житті рослин і позитивну роль. Без нього не було б можливим існування великої групи вітрозапильних рослин (близько 10% усіх видів покритонасінних). До них належать багато деревних порід майже всі злаки, осокові, хміль, коноплі тощо. Вітрозапильних рослин багато в тих умовах, де комахи не чисельні (на високогір'ї біля снігів, в Арктиці).

У районах, де постійно дмуть сильні вітри, завжди збіднений склад

дрібних літаючих тварин, оскільки останні можуть бути легко знесені ними. Тварини, що мешкають у таких місцях, характеризуються густими покривами, які запобігають охолодженню тіла та втраті вологи. На океанічних островах з постійними сильними вітрами багато птахів і особливо, комахи втрачають крила і здатність до польоту.

Повітряні потоки виконують певну роль у розповсюдженні рослин і тварин. Плоди вітрозапильних рослин мають багато пристосувань, що збільшує їх парусність, і вони разносяться вітром на великі відстані. Далеко переносяться вітром спори мікроорганізмів та найпростіших. Павуки разносяться вітром на павутині, активно літаючі комахи – постійними потоками повітря на великих висотах. Відомі випадки зносу птахів сильними вітрами на значні віддалі від їх звичних місць існування. Вітри визначають напрям міграцій ряду тварин: луговий метелик, пустельна сарана, малярійні комарі.

Значно впливає на організми атмосферний тиск. Тварини сильно реагують на зміни тиску. Відомі факти, коли переміщення тварин на великі висоти призводило до безпліддя коней, свиней, курей, баранів. Однак багато ссавців, птахів. Комах добре переносять високий чи низький стабільний тиск. Так, представник зайцеподібних – пищуха трапляється в Гімалаях на висоті 6125 м. Під час міграції журавлі піднімаються на висоту 2500 м, голуби 2400 м.

2.6. Ґрунт як середовище існування організмів

Властивості земної поверхні, що здійснюють вплив на її мешканців, об'єднують назвою **едафічні чинники середовища** (від грецького «*едафон*» – основа, ґрунт).

Ґрунт – це складна трьохфазна система, в якій тверді частинки оточені водою та повітрям. У ньому сформовані такі умови, які сприятливі для різноманітних мікро- та макроорганізмів.

У 1883 р. Докучаєв вперше у своїй праці довів, що ґрунт є самостійне природне тіло, і його формування є складним процесом взаємодії 5 природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного та тваринного світу,

грунтоутворюючих порід та віку.

Щодо умов існування організмів у ґрунті, то у ньому згладжені температурні коливання порівняно з приземним шаром повітря, а наявність ґрунтових вод і опадів забезпечують режим вологості проміжний між водним і наземним середовищем. Ці визначають велику насиченість ґрунту життям.

Серед фізичних властивостей структура ґрунту має надзвичайно важливе значення для рослин і тварин. Вона характеризується гранулометричним складом. Структурними вважають ґрунти, що складаються з фракцій, діаметр яких становить понад 0,01 мм, а агрономічно цінними, коли структурні водотривкі агрегати мають розміри від 1 до 10 мм. Залежно від співвідношення піщаних і глинистих фракцій вирізняють піщані, супіщані, суглинисті й глинисті ґрунти. Щодо гранулометричного складу ґрунти поділяють на декілька груп: петрофіти (грец. *petros* – камінь, скеля), псамофіти (грец. *psammos* – пісок).

Серед фізичних властивостей важливе екологічне значення має капілярність (або пористість) ґрунту. Завдяки капілярності ґрунту поверхневі горизонти, висихаючи, звожуються вологою, що збереглася в нижчих шарах. Найліпша структура в чорноземних і лучних ґрунтів, найгірша – у підзолистих і дерново-підзолистих. Життєві процеси у ґрунті залежать, в першу чергу, від його вологості, однак не вся волога, яка є у ґрунті, доступна рослинам та іншим мешканцям ґрунтів.

Виділяють 4 форми стану ґрунтової води:

1. гігроскопічну;
2. капілярну неадсорбовану;
3. капілярну адсорбовану;
4. капілярну гравітаційну.

Гігроскопічна вода зароджується у водних парах, які огортають частинки ґрунту тонкою плівкою. Ця вода недоступна для рослин і тварин.

Капілярна неадсорбована вода заповнює пори з діаметром менше 0,2 мікрметра і міцно там утримується. Вона також не використовується живими

організмами. Ці два види води утворюють так звану мертву воду.

Активно поглинається рослинами **капілярна адсорбована** вода, яка знаходиться у капілярах з діаметром 0,2-0,8 мікрметра. Її ще називають підвішеною. Ця вода нагромаджується у період між дощами і підтримує вологість ґрунтового повітря.

Гравітаційна вода частково нагромаджується в крупних порах ґрунту. Ця вода під силою тяжіння стікає в нижні горизонти, вона доступна для рослин, якщо вони встигають її використати.

Складність ґрунтового середовища створила велику різноманітність умов для різноманітних організмів: аеробів і анаеробів, споживачів мінеральних та органічних речовин.

У ґрунті згладжені температурні коливання порівняно з приземним шаром повітря, а наявність ґрунтових вод і проникнення опадів створюють запаси вологи та забезпечують режим вологості, проміжний між водним і наземним середовищем. У ґрунті концентруються запаси органічних і мінеральних речовин, що постачаються відмираючою рослинністю та трупами тварин. Усе це визначає велику насиченість ґрунту життям.

2.6.1. Екологічні групи рослин по відношенню до кислотності ґрунту

Реакція ґрунтового розчину залежить від наявності кислот і карбонатів і визначається кліматом, рослинністю, материнською гірською породою, ґрунтовими водами, рельєфом місцевості. Активна ґрунтова кислотність суттєво впливає на проростання насіння, ріст сходів, біологічні процеси в ґрунті, процеси зв'язування атмосферного азоту, нітрифікацію та ін.

За відношенням до кислотності ґрунтового розчину виділяють такі екологічні групи рослин.

Ацидофіли (лат. *acidus* – кислий), рослини, які пристосувалися до ґрунтів з кислою реакцією ґрунтового розчину (рН 2,4-6,0). Прикладом *крайніх ацидофілів* (рН 2,4-5,0) є журавлина дрібноплідна (*Oxycoccus microcaipus*), *помірних* (рН 5,0-6,2) – біловус стиснутий (*Nardus stricta*), *слабких* (рН 6,3-6,7) -

суниці лісові (*Fragaria vesca*).

Нейтрофіли (лат. *neuter* – ні той, ні інший) – рослини, для яких оптимальною є нейтральна (рН 6.7-7,0) реакція ґрунтового розчину. До них належить конюшина біла (*Trifolium repens*), тимофіївка лучна (*Phleum pratense*), горох (*Pisum sativum*), соняшник (*Helianthus annuus*) та інші.

Базифіли (грец *basis* – основа) – рослини, приурочені до ґрунтів з лужною реакцією ґрунтового розчину (рН понад 7,0). Їх поділяють на слабких базифілів і власне базифілів. *Слабкі* базифіли посідають проміжне місце між нейтрофілами і власне базифілами. Найсприятливіші для них ґрунти з рН 7,0-8,0. Це такі представники, як люцерна жовта (*Medicago falcata*), лядвенець рогатий (*Lotus comiculatus*), бавовник трав'янистий (*Cossypium herbaceum*). *Власне базифіли* проростають на ґрунтах з рН 8,0-14,0. Однак для більшості власне базифілів найсприятливішими є ґрунти, рН яких не перевищує 8,0-9,0. Це петунія (*Petunia*), покісниця (*Pucinellia*), содник солончаковий (*Suaeda salsa*).

Індиферентні до кислотності ґрунту рослини (лат. *indifferens* – байдужий) не виявляють помітної диференційованості до ґрунтів з певною кислотністю, а ростуть як на кислих, так і на нейтральних та вилугуваних ґрунтах. Представниками цієї групи є конвалія, дуб звичайний, сосна звичайна, лишайники, а також птахи і ссавці.

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 (*бобові з бактеріями Rizobium*) дозволяє зв'язувати газоподібний азот повітря і переводити його у форму доступну для вищих рослин.

2.6.2. Екологічні групи рослин по відношенню до багатства ґрунту та сольового складу

Стосовно до багатства ґрунтів розрізняють:

- **оліготрофні рослини**, які задовольняються малою кількістю елементів (*сосна звичайна*, *верес звичайний*, *багно звичайне* (*Ledum palustre*);
- **евтрофні рослини** потребують великого їх вмісту (береза, бук, глід (*Crataegus*), ліщина звичайна (*Corylus avellana*), кропива жалка (*Urtica urens*) та ін.);

мезотрофним рослинам достатньо помірного вмісту хімічних елементів (ялина звичайна, більшість сільськогосподарських культур овес (*Avena sativa*), морква (*Daucus carota*), картопля (*Solanum tuberosum*), а також ялина (*Picea abies*), суниця лісова, чистотіл великий (*Chelidonium majus*).

Окрім того виділяють групи рослин за місцем зростання:

- **петрофітні рослини**, ростуть на кам'янистих ґрунтах (чебрець);
- **псамофіти рослини** заселяють сипучі піски (мешканці сипучих пісків).

Сольовий склад ґрунтів відіграє важливу роль у їхньому мінеральному живленні. Кожний вид рослин споживає певний набір катіонів і аніонів, необхідний для їхньої життєдіяльності. Зокрема, деякі групи рослин позитивно реагують на високий вміст кальцію (*кальцефіли*). До них належать бук, ясен (*Fraxinus excelsior*), анемона лісова (*Anemona silvestris*), зозулинні черевички (*Cypripedium*). Рослини, які уникають ґрунтів, багатих на солі кальцію, називають *кальцефобами*. Такими є сфагнум, верес, білоус, люпин багаторічний (*Lupinus perenne*). Байдужих до вмісту солей кальцію у ґрунтового розчині рослин називають *індиферентними*. До них належать буркун білий (*M. albus*), акація біла (*Robinia pseudoacacia*).

Азот вважають одним з основних біогенних елементів. Він належить до складу білків та нуклеїнових кислот, а тому є необхідним для всіх рослин. За наявністю потреби в азоті рослин поділяють на дві групи: *нітрофіли* і *нітрофоби*. До нітрофілів належать ті рослини, які потребують багато нітратного живлення. Представниками *нітрофілів* є тютюн (*Nicotiana tabacum*), бузина чорна (*Sambucus nigra*), щириця (*Amarantus*). Антиподами нітрофілів є *нітрофоби* – рослини, які уникають ґрунтів, багатих на сполуки азоту. До цієї

групи належить хвощ (*Equisetum*), перстач прямостоячий (*Potentilla erecta*), люпин.

В умовах надмірного засолення ґрунтів розвивається специфічна *галофільна* рослинність. Такі ґрунти поширені в умовах недостатнього зволоження – степах, приморських низовинах, аридних областях, де випадає мало опадів.

За рівнем засоленості й рослинністю, приуроченою до таких ґрунтів, їх поділяють на солончаки, солончакуваті ґрунти, солонці, солончакуваті солонці та солонцюваті ґрунти. На таких ґрунтах зростає обмежена кількість видів рослин. Зокрема, індикаторами *солончаків* є солонець звичайний (*Salicornia europaea*), курай содовий (*Salcola soda*), петросимонія (*Petrosimonia*), кермек каспійський (*Limonium caspium*); *солончакових ґрунтів* – солончакова айстра (*Tripolium vulgare*), вівсяниця східна (*Festuca orientalis*), конюшина повзуча (*Trifolium repens*), *солонців* – кермек замшевий (*L. alutaceum*), полин Босняка (*Artemisia santorica*), подорожник солончаковий (*Plantago salsa*); *солончакуватих солонців* – бульбокомиш (*Bolboschoenus maritimus*), лядвинець рогатий, полин солянкоподібний (*A. salsoloides*); *солонцюватих ґрунтів* – кульбаба бессарабська (*Taraxacum bessarabicum*), скорцонера (*Scorzonera*) та ін.

Індикаторами ґрунтів, у яких надмірна кількість *соди* (*содове засолення*), є хрінниця хрящувата (*Lepidium cartilagineum*), сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita*); *хлоридного* – свинорій пальчастий (*Cynodon dactylon*), тамарикс (*Tamarix*); *хлоридно-сульфатного* і *сульфатно-хлоридного* – лутига сива (*Atriplex cana*), содник (*Suaeda*), верблюжа колючка звичайна (*Alhagi camelorum*) та інші види, здатні витримувати до 16-17% сульфатів у фунтовому розчині.

На *карбонатно засолених ґрунтах* ростуть гісоп крейдяний (*Hyssopus scrtaceus*), жовтушник український (*Erysimum ucrainicum*), чебрець вапняковий (*Thymus calcareus*), юринея вапнякова (*Jurinea calcarea*), рододендрон жовтий (*Rhododendron luteum*). Крім цього, на деяких біотопах ростуть рослини-псевдогалофіти, які використовують воду з незасолених ґрунтових горизонтів

(очерет південний – *Phragmites australis*).

2.6.3. Мешканці ґрунту

Неоднорідність ґрунту призводить до того, що для організмів, різних за розмірами, він виступає як різне середовище. Виділяють наступні екологічні групи ґрунтових організмів (ґрунтової біоти).

1. Мікрофауна – дрібні ґрунтові організми (найпростіші, коловертки, тихоходи, нематоди ін.). Вони живуть у ґрунтових порах, заповнених гравітаційною або капілярною водою, а частину життя можуть, як і мікроорганізми, знаходитись в адсорбованому вигляді на поверхні часток у тонких прошарках плівкової вологи (рис. 4).

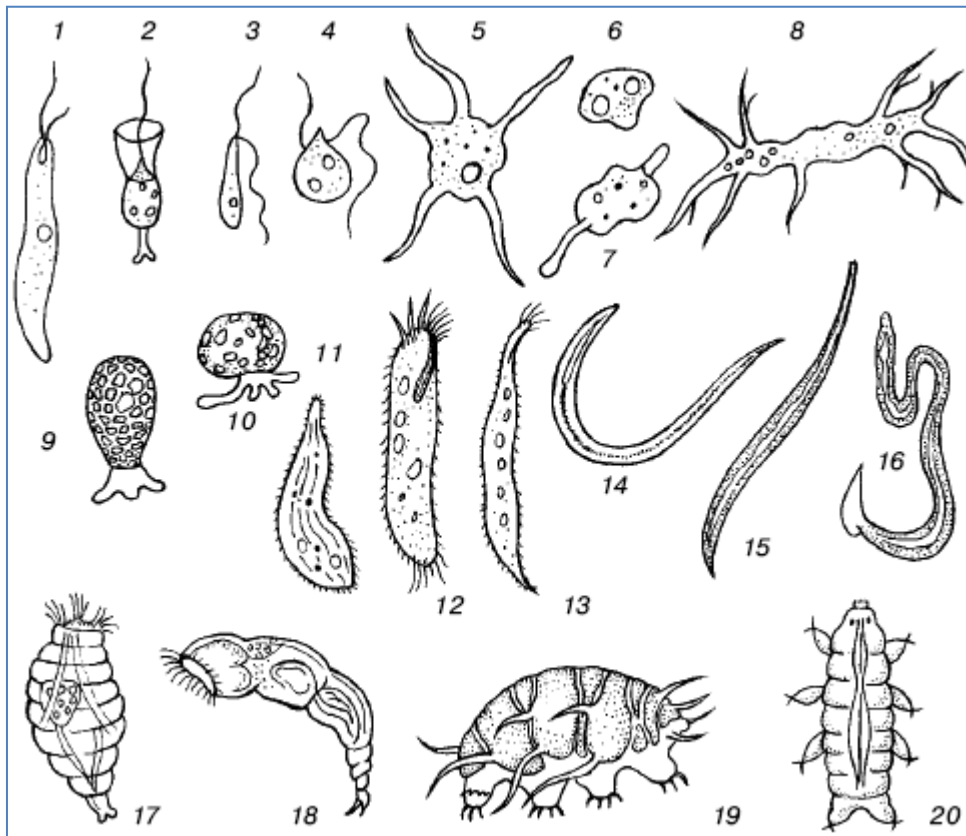


Рис. 4. Мікрофауна ґрунту (за W. Dunger, 1974):

1-4 – джгутикові, 5-8 – голі амеби, 9-10 – черепашкові амеби, 11-13 – інфузорії, 14-16 – круглі черви, 17-18 – коловертки, 19-20 – тихоходи

2. Мезофауна – дещо більші за розмірами тварини. Це організми, які дихають повітрям, їх розміри 2-3 мм. До мезофауни відносяться: членистоногі: численні групи кліщів, первиннобезкрилі комахи (колемболи, протури,

двохвістки), дрібні види крилатих комах, багатоніжки симфіли тощо (рис. 5).

У них немає спеціальних пристосувань до риття, вони повзають по стінках ґрунтових порожнин за допомогою кінцівок або червоподібно звиваючись. Насичене водяною парою ґрунтове повітря дозволяє цим тваринам дихати через покриви тіла. Такі тварини чутливі до висихання, а основний засіб порятунку від коливання вологості повітря для них – пересування у глиб ґрунтового профілю.

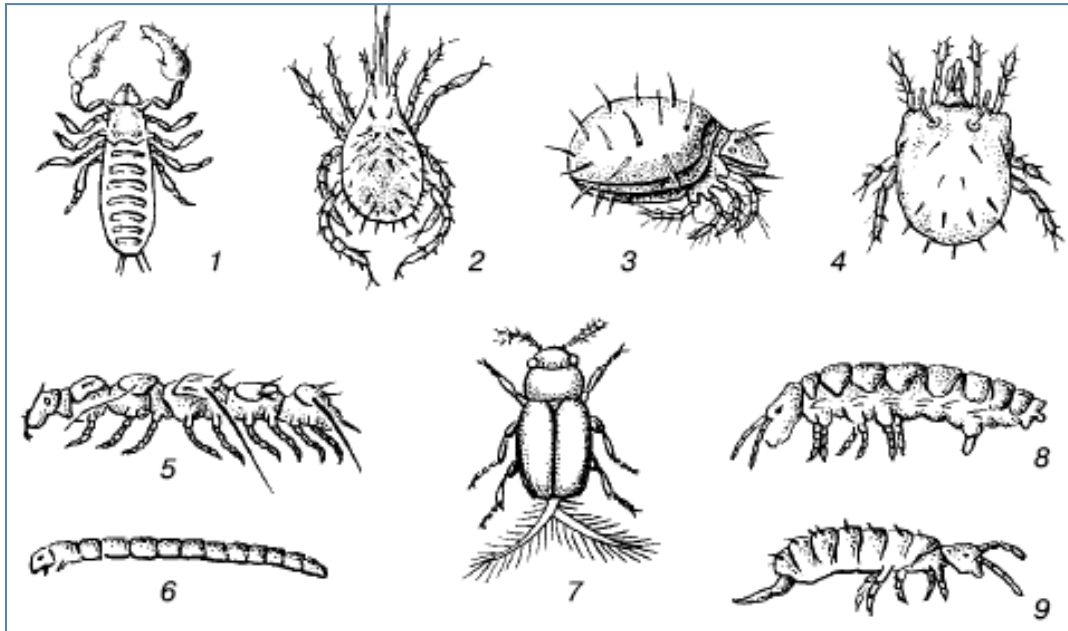


Рис. 5. Мезофауна ґрунту (за W. Dunger, 1974):

1 – псевдоскорпіон, 2 – гамазовий кліщ, 3-4 – панцирні кліщі, 5 – багатоніжка, 6 – личинка комара-хірономіди, 7 – жук із родини Ptiliidae, 8-9 – колемболи

3. Макрофауна – тварини відносно великих розмірів тіла – від 2 до 50 мм. Це личинки комах, багатоніжки, енхетреїди, дощові черви тощо. Для них ґрунт – щільне середовище, що чинить значний механічний опір під час руху (рис. 6). Ці відносно великі форми пересуваються у ґрунті або розширюючи природні порожнини шляхом розсування ґрунтових часток, або риючи нові ходи.

Для існування у ґрунті у цих тварин є спеціальні пристосування, які забезпечують їх переміщення у ґрунті. Можливість рухатися по тонких порожнинах, майже не вдаючись до риття, властива тільки видам, які мають тіло з малим поперечним перетином, що здатне сильно згинатися у звивистих

ходах (багатоніжки-кістянки та геофіли). Розсовуючи частки ґрунту за рахунок тиску стінок тіла, пересуваються дощові черви, личинки комарів-довгоніжок та інші.

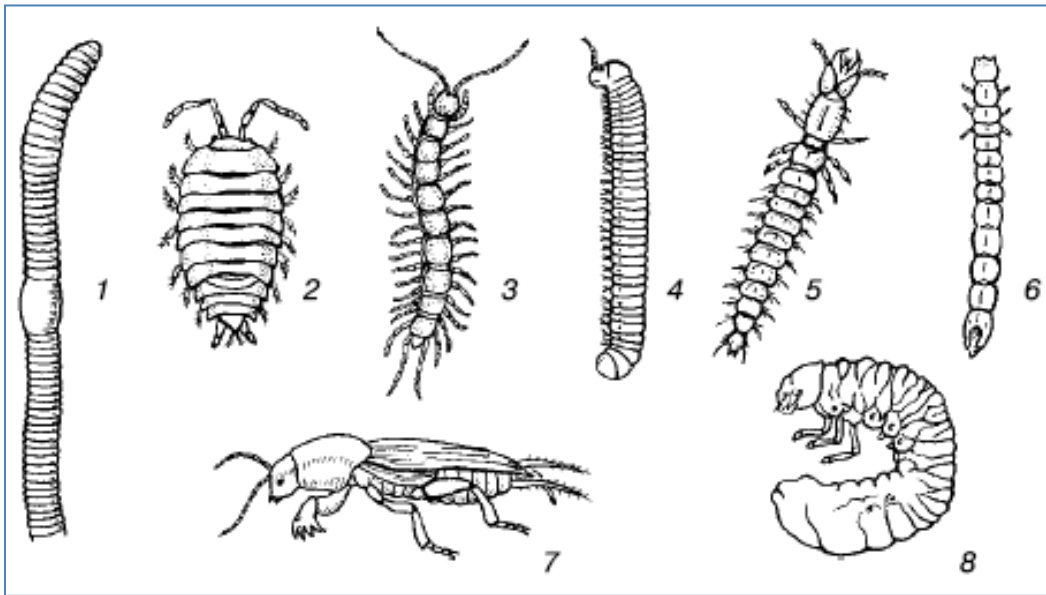


Рис. 6. Макрофауна ґрунту (за W. Dunger, 1974):

1 – дощовий черв'як, 2 – мокриця, 3 – губонога багатоніжка, 4 – двопарнонога багатоніжка, 5 – личинка туруна, 6 – личинка жука-ковалика, 7 – вовчок, 8 – личинка пластинчатовусого жука

4. Мегафауна ґрунтів – великі землерії, в основному із групи ссавців.

Ряд видів проводить у ґрунті все життя (сліпаки, сліпачки, цокори, кроти Євразії, золотокроти Африки, сумчасті кроти Австралії). Вони прокладають у ґрунті цілі системи ходів і нір. Зовнішній вигляд і анатомічні особливості цих тварин відображають їх пристосованість до рийного підземного способу життя. У них недорозвинені очі, компактне, валькувате тіло з короткою шиєю, коротке густе хутро, сильні копальні кінцівки з міцними кігтями. Сліпаки та сліпачки розпушують землю різцями. До мегафауни ґрунту слід віднести також великих олігохет, особливо представників родини Megascolecidae, що мешкають у тропіках Південної півкулі. Найбільший із них австралійський *Megascolides australis* досягає в довжину 2,5 і навіть 3 м.

Крім постійних мешканців ґрунту, серед великих тварин можна виділити екологічну групу *мешканців нір* (ховрахи, байбаки, тушканчики, кролі, борсуки тощо). Вони живляться на поверхні, але розмножуються, зимують,

відпочивають, рятуються від небезпеки у ґрунті.

Отже, за цілою низкою екологічних особливостей ґрунт – середовище, проміжне між водним і наземним. Із водним середовищем ґрунт зближують його температурний режим, знижений уміст кисню у ґрунтовому повітрі, насиченість його водяною парою та наявність води в інших формах, присутність солей і органічних речовин у ґрунтових розчинах, можливість рухатися в ньому у трьох вимірах. Із повітряним середовищем ґрунт зближують наявність ґрунтового повітря, загроза висушування у верхніх горизонтах, досить різкі зміни температурного режиму поверхневих шарів.

2.7. Вода як середовище існування організмів

Вода як середовище існування має ряд специфічних властивостей, таких як:

1. велика густина;
2. сильні перепади тиску;
3. відносно малий вміст кисню;
4. сильне поглинання сонячного проміння.

Мешканці водного середовища називаються **гідробіонтами**. Вони заселяють Світовий океан, континентальні водойми і підземні води.

Екологічні зони Світового океану. В океані разом з морями, які входять до його складу розрізняють 2 екологічні області: товщу води – **пелагіаль**, і дно – **бенталь** (рис. 7). Залежно від глибини бенталь поділяється на:

1) *субралітораль* – це частина берега вище рівня припливів, яка зволожується бризками прибою. Мешканці субліторалі 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).

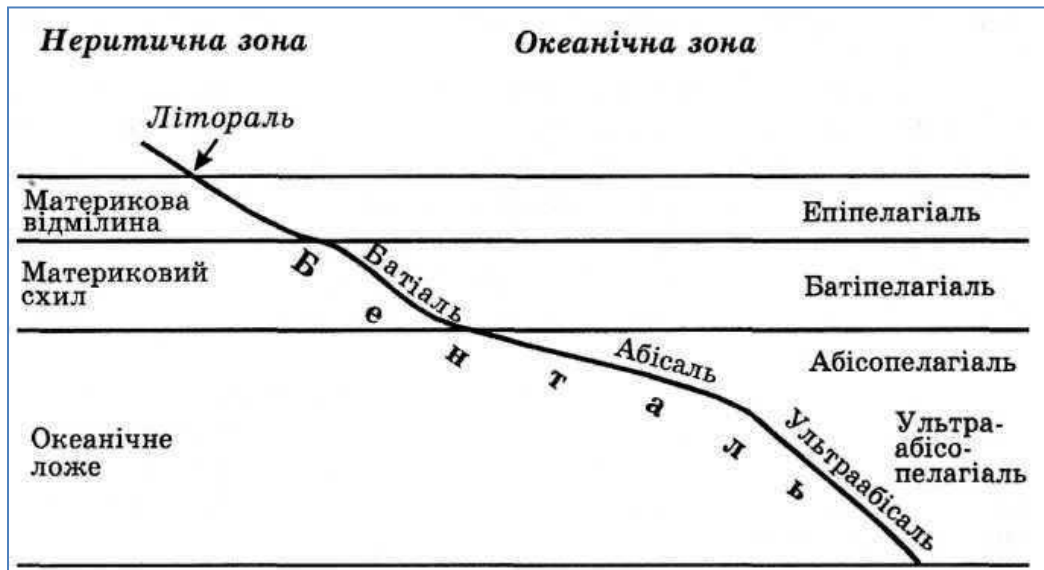


Рис. 7. Екологічні зони Світового океану

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.

Основні властивості води. Густина води – фактор, який визначає умови для пересування водних організмів і тиску на різних глибинах. Середня солоність води – близько 35 г/л., густина 1,35 г/см³. Тиск зростає з глибиною приблизно на 1 атм. (10⁵ Па) на кожні 10 м. Тому мешканці нижніх шарів товщі океанів і дна можуть витримувати тиск до 400-500 атм. По відношенню до тиску більшість морських організмів є еврибатними. Стенобатність частіше всього властива мілководним та глибоководним видам.

Екологічні групи гідробіонтів. 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, рослини 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, син фора «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 прикріпленій спосіб життя.

- зообентос (наприклад, риби, губки, кишковопорожнинні, черви,

плечоногі молюски, асцидії, та ін.);

- фітобентос: (наприклад, на мілководді: діатомові, зелені, бурі, червоні водорості, бактерії; а глибини, де немає світла, фітобентос відсутній).

До кожного з абіотичних екологічних чинників гідробіонти виробляють специфічні адаптації.

Адаптації до густини води. Густина води забезпечує паріння у воді. Завислі у воді організми об'єднують в екологічну групу гідро біонтів – планктон (одноклітинні водорості, медузи, молюски, ікра, мальок риби і ін.). Адаптації планктону до плавучості забезпечуються збільшенням загальної поверхні тіла за рахунок зменшення розмірів, розвитку численних виростів, що збільшує тертя відносно води. Зменшення щільності тіла за рахунок редукції скелету, накопичення в тілі жиру, пухирців газу.

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. У насиченій киснем воді вміст його не перевищує 10 мл/л, тобто у 21 рази нижчий, ніж в атмосфері. Тому умови дихання гідробіонтів значно ускладнені. Кисень надходить у воду за рахунок фотосинтезу водоростей і 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, голянь, 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.

По відношенню до потреб кисню гідробіонти поділяються на *евриоксифіоти* (прісноводні олігохети, черевоногі молюски, карась, лин) та *стенооксифіоти* – можуть існувати лише при достатньо високому насиченню води киснем (форель, війчастий черв *Planaria alpina*). Деякі види здатні впадати

в неактивний стан – *аноксибіоз*, т.ч. переживати несприятливий період. Дихання гідробіонтів у воді здійснюється всією поверхнею тіла або за допомогою спеціалізованих органів – зябер, легенів, трахей.

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).

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).

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. 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 хв. «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).

Зневодненню організму запобігають непроникні для води покриви гомойоосматичних організмів – ссавців, риб, вищих раків, водних комах і їх

личинок.

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 $+88^{\circ}\text{C}$, синьо-зелені водорості – $+80^{\circ}\text{C}$). Діапазон значень температури води в Світовому океані знаходиться в межах від -2 до $+36^{\circ}\text{C}$, у прісних водоймах – від $-0,9$ до $+25^{\circ}\text{C}$. 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 $+3^{\circ}\text{C}$ (у Заполяр'ї близька до 0°C). 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.

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. 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).

Біолюмінесценція – 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.

Специфічні пристосування гідробіонтів пов'язані з існуванням в умовах постійних сутінок: орієнтація на звук, в тому числі і на *ультразвук*, *ехолокація* – сприйняття відбитих звукових хвиль (китоподібні).

Найбільш розвинений спосіб орієнтації гідробіонтів – це *сприйняття хімізму середовища*. Хеморецептори у водних організмів характеризуються надзвичайною чутливістю. У дослідах вугри реагували на етиловий спирт в концентрації 1 г на 6 тис. км³.

2.8. Біотичні фактори

Біотичні чинники середовища (коакції) – це сукупність впливів

життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших.

Розрізняють 2 види коакцій: а) гомотипові реакції – це взаємодія між організмами одного виду, б) гетеротипові реакції, де взаємодіють організми різних видів.

Гомотипові реакції.

До гомотипових реакцій відносять реакції таких типів: групового ефекту, масового ефекту, внутрішньовидової конкуренції.

1. Груповий ефект – 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.*

2. Термін «масовий ефект» запропонував італ. зоолог Б.Г. Грассі. Масовий ефект 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. У борошні накопичуються екскременти, токсичні виділення. Збільшується термін личинкової стадії. Може з'явитись канібалізм. Це і є прояв масового*

ефекту. Р. Чепман (США) назвав його ефектом самообмеження. Постійне накопичення екскрементів, шкурок від леньок 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.*). 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 – 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 – (від грец. *симбіозис* – співжиття) у ширшому науковому розумінні є будь-якою формою взаємодії між організмами різних видів. Ряд вчених дають таке визначення симбіозу: 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*). Генріх Антон де Барі – німецький ботанік, мікробіолог, ввів поняття симбіоз і мутуалізм (на прикладі лишайників).

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. Актинія (тип Кишковопорожнинні, клас Коралові) поселяється на поверхні панциру ракоподібних (рак-самітник), маскуючи їх та захищаючи своїми кропивними клітинами, а сама живиться залишками їжі рачків та переміщуються за їх допомоги. Або червонодзьобий шпак їсть кліщів на хутрі імпали. Риби-лоцмани часто супроводжують акул. Причиною цього є те, що вони харчуються залишками їжі акул, а також акулячим послідом і паразитами, які живуть на їх шкірі.

Прокооперація – це форма симбіотичних відносин, коли взаємодія

партнерів взаємовигідна, але носить тимчасовий характер та не обов'язкова для їхнього існування. *Риби-чистильники, які живляться паразитами на поверхні тіла гідробіонта – мурени. Друзями слонів, носорогів, буйволів та великих парнокопитних тварин є єгипетські і білі чаплі. Часто їх можна бачити на спинах цих тварин, де вони відшукують і поїдають кліщів та інших паразитів.*

Коменсалізм – вид симбіотичної взаємодії між двома живими організмами, коли один з них – коменсал – отримує від другого їжу чи іншу користь, не зашкоджуючи йому, але й не надаючи ніяких переваг. Як й інші екологічні взаємодії, коменсалізм варіюється залежно від близькості та тривалості стосунків від щільних симбіозів, які тривають все життя, до короточасних слабких взаємодій через посередників. Коменсальні відносини базуються на використанні простору, їжі, субстрату, морфологічних особливостей партнерів тощо.

Різновидами коменсалізму є:

- **квартирантство** – це співжиття двох видів, коли особини одного виду використовують інший (тіло особин або їхнє житло) для проживання і при цьому не приносять господарю ні користі, ні шкоди. *Наприклад, тропічні рибки, які ховаються між щупальцями актиній від хижаків; на жуках-мертвоїдах і жуках-гноювиках зустрічаються личинки гамазових кліщів, які таким чином розселяються.*

Квартиранство поділяють на кілька типів:

синойкія – тип співжиття, за якого один вид проживає у житлі, *наприклад норі, гнізді, мурашнику, іншого;*

епіойкія – взаємодія при якій квартирант живе на поверхні тіла господаря, *наприклад тварини, що гніздяться на деревах, вусоногі раки, що поселяються на китах та акулах. Епіфіти – рослини, що ростуть на гілках високих дерев (досить часто орхідеї), але живляться самотійно;*

ендойкія – квартиранство всередині тіла господаря, *наприклад у кишківнику коней може проживати нематода, що живиться інфузоріями.*

- **нахлібництво** – це споживання залишків їжі іншого виду. *Наприклад, падальники (гієни, 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;*

- **інквілінізм** (від лат. *inquilinus* – пришелець, орендатор, жилець) – один з різновидів коменсалізму, коли один вид тварин відкладає яйця або личинки у помешкання інших. Як наслідок, личинки, зазвичай, знищують організм хазяїна.

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

- **форезія** – пересування одного організму на іншому, деякі види кліщів на гнойових жуках.

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. Горіх чорний виділяє через корені хімічні речовини, які*

пригнічують ріст інших рослин. Через алелопатію в казуариновому лісі, попри добру освітленість і наявність вологи, не ростуть інші види рослин.

Кожна рослина виділяє у довкілля – через листя, коріння, квіти – складну суміш найрізноманітніших сполук. Для деяких рослин-сусідів ці сполуки є ворожими, оскільки гальмують ріст і розвиток рослин. *Наприклад, капуста, редька або кущі лавру пригнічують ріст виноградної лози, а деякі сорти винограду навіть гинуть; липа гальмує ріст бузини та білої акації; насіння фіалки в суміші з житом взагалі не проростає. Рідко які рослини здатні вижити поруч з полином, який виділяє ефірну олію, котра сильно діє на рослини-сусіди. Пригнічує ріст сусідніх рослин хімічна «газова атака» – з листя волоського горіха. Біла акація позбавляється конкурентів, виділяючи отруйні речовини в ґрунт. Пірій позбавляє сусідні злакові рослини (хлібні культури) світла, поживних речовин і своєю «хімічною зброєю» гальмує їх ріст. Жито, в свою чергу, пригнічує розвиток вівсюга.*

Виноград добре росте поруч з фіалками. Овес та люпин, кукурудза та горох або квасоля добре ростуть поруч. Яблуня поруч з чорними тополями або кленами краще росте й стає стійкішою до морозів. Для горобини корисне сусідство з липою, для жовтої акації – з бузиною, для фіалки – з пшеницею.

Не треба додавати конвалію в букет до інших квітів, оскільки ті швидко зів'януть. Квіти незабудки не терплять сусідства тюльпанів, «не вживаються» в одній вазі бузок та фіалки. Троянди і гвоздики погано зберігаються в присутності будь-яких інших квітів у букеті. Сусіди по букету в'януть від резеди або нарцисів.

Хижацтво – тип відносин між біологічними популяціями, при яких *хижак* живиться іншими організмами, *жертвою*. Хижаки не обов'язково вбивають жертву, коли живляться нею. Подібними до хижаків організмами є детритофаги, споживачі мертвого органічного матеріалу (детриту), часто таку поведінку важко відрізнити від хижацтва, наприклад, коли паразит живе на тілі хазяїна, а потім пожирає його тіло після смерті. Головною характеристикою хижацтва, проте, є прямиий контакт з популяцією жертви, тоді як детритофаги

лише пожирають наявний матеріал, часто не впливаючи на популяцію «донорських» організмів. *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.

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. Паразитизм трапляється серед різних груп організмів: тварин (найпростіші, плоскі, круглі, кільчасті черви, молюски, членистоногі), бактерій, грибів (борошнисто-росяні, трутовики, ріжки, сажки) і навіть у квіткових рослин (повитиця).

Типи паразитизму:

- ендопаразити
- ектопаразити
- епіпаразити (або надпаразити – це паразити, що паразитують на інших паразитах).

Розрізняють види паразитів:

- паразити-нектотрофи;
- паразити-біотрофи;
- соціальні паразити;
- клептопаразитизм.

Паразити-некротрофи використовують хазяїна, призводячи до його смерті від нестачі поживних речовин або побічних ефектів від життєдіяльності паразита (*наприклад, таким паразитом для людини є бактерія – збудник чуми*).

Паразитів-некротрофів у випадку, коли вони можуть виживати після

смерті хазяїна, називають паразитоїдами.

Паразити-біотрофи звичайно не призводять до смерті хазяїна і не можуть вижити у випадку його смерті. *Такими паразитами, зокрема, є численні віруси.*

Соціальні паразити отримують вигоди від взаємодії з угрупованнями соціальних тварин (*наприклад, мурах або термітів*), використовуючи особливості їхньої суспільної організації (*такими є, наприклад, кілька видів жуків, що живуть в мурашниках, живлячись на «складах» продуктів всередині них, та отримуючи від мурах захист від ворогів*).

Клептопаразитизм виявляється в крадіжці їжі, матеріалів для гнізд, тощо, одними видами у інших. Клептопаразитами є, *наприклад, тропічні птахи фрегати, які самі майже не можуть добувати рибу, але відбирають її в інших птахів.*

Специфічний гніздовий паразитизм характерний для багатьох видів зозуль: *в цьому випадку птахи-паразити підкладають свої яйця в гнізда інших птахів, котрі потім вигодовують чужих пташенят.*

Хижак і паразити можуть існувати за рахунок або декількох видів, а тому за характером споживання виділяють такі види організмів:

– монофаги – види, які живляться лише певними видами (яблунева плодожерка, грушевий цвітоїд, цибулева муха).

– олігофаги – види, які живуть за рахунок групи близьких видів (горіхотворки галові, пильщики, попелиця та інші);

– поліфаги – споживають велику кількість різних видів (ссавці та комахи).

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.

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 (*взаємне затінення рослин, боротьба за самку*).

Міжвидова конкуренція – тим сильніша, чим види ближчі між собою.

Принцип конкурентного витіснення (принцип Гаузе): два види з однаковими потребами не можуть існувати разом, один з них обов'язково буде витіснений.

ТЕМА 3. ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ (ДЕМЕКОЛОГІЯ)

3.1. Основні особливості популяції як біологічної системи

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

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

Популяція – це фундаментальне поняття в біології. Слово популяція походить від латинського «*populus*» – народ, назва, яка використовувалась у XVIII ст.

В екології *популяцією* називають сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь, тривалий час займають певну територію та характеризуються спільністю генофонду.

Особлива увага популяціям приділена генетиками (Ф.Г. Добржанський, Д. Гакслі (Julian Sorell Huxley), І.І. Шмальгаузен, М.І. Вавілов, М.К. Кольцов, М.В. Тимофєєв-Ресовський та інші), які переконливо довели, що елементарною еволюційною одиницею є популяція, яка забезпечує розвиток, успадкування ознак особинами та мінливість виду.

Початок екологічних досліджень популяцій зробив Р. Чепман (Chapman, 1928), який вивчав вплив трофічних ресурсів на чисельність особин мучного хруща (*Tribolium*). Значний внесок у розвиток популяційної екології зробили математичні праці А. Лотка (Lotka, 1925) та В. Вольтера (Voltera, 1926), в яких за допомогою диференційних рівнянь проаналізовано міжвидову конкуренцію, хижацтво та паразитизм (відоме рівняння Лотка-Вольтера). Не менш важливий вплив на розвиток популяційної екології мали експерименти Г. Гаузе (1934-1935) щодо конкурентного виключення особин різних видів, які мають подібні екологічні ніші.

Згідно з цим визначенням популяційної екології предметом її дослідження є онтогенез особин, структура популяцій (вікова, статева, просторова, віталітетна, етологічна), їх динаміка (народжуваність, смертність), здатність протистояти впливу різних чинників (стійкість), стабільність (здатність існувати в мінливих умовах природного середовища), стратегія, життєздатність, механізми самовідновлення.

Об'єктом дослідження популяційної екології повинна стати група особин, яка:

- складається з особин одного виду та займає певну територію;
- має специфічну генетичну структуру;

- неоднорідна генетично;
- здатна до еволюції внаслідок перебудови генетичної структури;
- здатна до самостійного існування та підтримання чисельності протягом більш-менш тривалого періоду завдяки чергуванню поколінь, які замінюють одне одного;
- має зв'язки ймовірно-статистичного типу.

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

Головні екологічні характеристики популяції – її ареал, чисельність, щільність, вікова, просторова, статева, віталітетна та етологічна структури, а також динаміка.

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

Статева структура популяції. Генетичний механізм забезпечує первинне співвідношення статей – 1:1 при заплідненні. Залежно від типу розмноження існують такі популяції організмів:

1. Клональні популяції – це вегетативне потомство однієї особини, ідентична копія материнської особини. Такі популяції генетично збіднені.
2. Панмектичні популяції – утворюються внаслідок вільного схрещування різностатевих особин з різними генотипами.

У тварин співвідношення статей відіграє значну роль. Співвідношення чоловічих і жіночих особин 1:1 називають сім'єю, один до декількох (1:д) – прайдом, декількох до багатьох (д:б) стадом, багатьох до багатьох (б:б) – колонією. Самці відповідають за якість потомства, а самки – за кількість. Пошук самцем партнера для парування сприяє мутаціям і мінливості ознак. Статева структура популяції – стійка видова ознака, яка сильно впливає на взаємовідношення між організмами, їх поведінку.

Вікова структура популяцій. Під віковою структурою популяцій розглядають співвідношення чисельності різних вікових груп в популяціях.

1. Латентний (l) – насіння, плоди та інші зачатки, які ще не почали

проростати, і можуть роками перебувати в такому стані.

2. Проростки (р).

3. Ювенільний (j) – від сім'ядолі до перших фотосинтезуючих листочків.

4. Іматурний (im) – перехід до молодої рослини.

5. Вергінільний (v) – вегетативно молоді особини.

6. Генеративний (g) – стадія утворення плодів.

7. Сенільний (ss – субсинільні, s – синільні, sc – відмираючі). – старі рослини, які усихають.

Розподіл особин за віковим складом називається *віковим спектром*.

Серед тварин в популяції виділяють такі вікові групи:

1. новонароджені (до моменту прозрівання);

2. молоді (підростаючі особини, які не досягли статевої зрілості);

3. напівдорослі (близькі до статевої зрілості);

4. дорослі (статевозрілі особини);

5. старі (особини, які втратили здатність до розмноження).

Німецький еколог М. Боденхеймер (Max Isidor Bodenheimer) виділив 3 екологічні вікові групи у популяції: *передрепродуктивний, репродуктивний, пострепродуктивний*. Вивчення вікової структури популяції допомагає прогнозувати чисельність протягом життя ряду найближчих поколінь.

Популяцію, яка представлена всіма віковими групами, називають *повночленною*, без якоїсь групи – *неповночленною*. Якщо в популяції переважають особини прегенеративних вікових стадій без особин генеративної та постгенеративної, такі популяції називають *інвазійними*, якщо наявні особини лише постгенеративних стадій – популяції *регресивні*, а якщо є всі вікові групи особин, то популяції *нормальні*. Неповночленність вікових спектрів властива також і нормальним популяціям. Нормальна популяція, відповідно, може бути молодою, зрілою і старою. У молодій нормальній популяції переважають молоді (прегенеративні) особини, у зрілій – генеративні, а у старій – постгенеративні.

У екології використовують таке поняття, як піраміда віку. Розрізняють

три типи пірамід віку.

1. Піраміда з широкою основою – високий відсоток молодих особин. Така піраміда характерна для популяцій зі швидким ростом.

2. Піраміда з середньою основою – середній відсоток молодих особин.

3. Піраміда з вузькою основою – старі особини чисельно переважають над молодняком. Характерна для популяцій, чисельність яких зменшується.

Просторова структура популяції – це характер зв'язку популяції з територією. Популяції відрізняються одна від другої за типом розподілу особин на території. За Л.Т. Швертфегером розподіл особин у популяції на зайнятій території може бути:

1. випадковим (коди організми не намагаються об'єднуватися в групи);
2. рівномірним (у морських сидячих олігохет);
3. груповий або нерівномірний (різко виражена мозаїчність і незайнятий простір між окремими скупченнями особин).

За типом використання території всі рухомі тварини розподіляються на осілі та кочові.

Осілий спосіб життя. За такого способу життя тварини довгий час займають свою ділянку. В них добре розвинуте почуття «хомінгу». Позитивне значення осілого способу життя:

- добра орієнтація тварин на території;
- здатність утворювати укриття, систему запасів.

На чужій території особини осілого способу життя стають метушливими, частіше гинуть від ворогів. Негативним моментом є швидке виснаження ресурсів біоценозу. Закріплення окремої ділянки за особинами досягається різними засобами, а саме: охороною межі (пряма агресія спостерігається рідко); ритуальною поведінкою (демонстрація загрози та інше).

Кочовий спосіб життя – це спосіб життя, який не залежить від запасу їжі. За таких умов збільшується ймовірність загибелі від хижаків, тому кочує не одна особина, а декілька (деякі риби, птахи, копитні). Іноді спостерігається тимчасовий перехід до осілого способу життя (взагалі північні олені можуть

мігрувати, але окремі особини залишаються на одному місці).

Етологічна структура популяції – це закономірності поведінки тварин, система взаємовідносин між членами однієї популяції. Форми сумісного існування особин у популяції різноманітні.

Поодинокий спосіб життя, при якому особини популяції незалежні і відокремлені одна від одної, але лише на певних стадіях життєвого циклу. Повністю поодиноке існування організмів у природі не зустрічається, оскільки, за такої умови неможливе розмноження.

Подальше ускладнення відносин всередині популяції здійснюється за двома напрямками:

- посилення зв'язків між статевими партнерами;
- виникнення контактів між батьківськими і дочірніми формами.

На цій основі в популяціях формуються сім'ї, які різноманітні за складом і тривалістю існування. Батьківські пари можуть створюватись як на короткий, так і на тривалий термін, або ж на все життя. Наприклад, серед птахів полігамні тетерева та глухарі паруються з багатьма самками, не утворюючи стійких пар. У більшості горобиних самець і самка тримаються разом на протязі усього періоду гніздування. Сімейні пари лебедів, лелек, голубів зберігаються на довгі роки.

При **сімейному способі життя** посилюються також зв'язки між батьками та їх потомством. Найпростіший вид такого зв'язку – турбота про потомство (одного чи обох батьків) при відкладанні яєць: охорона кладки, інкубація, додаткове аерування тощо.

Більш крупними об'єднаннями тварин є *зграї, стада, колонії*. В основі їх формування лежить подальше ускладнення поведінкових зв'язків у популяціях.

Колонії – це групові поселення осілих тварин. Вони можуть існувати довготривало чи виникати лише на період розмноження, наприклад, у багатьох птахів: граків, чайок, гагар, тупиків тощо.

Найбільш складні колонії у гуртових комах – термітів, мурашок, бджіл. Вони виникають на основі сім'ї, яка розростається. У таких колоніях-сім'ях

комахи спільно виконують більшість основних функцій: розмноження, захист, забезпечення кормом себе та потомства, будівництво тощо. При цьому існує обов'язковий розподіл праці і спеціалізація окремих особин чи вікових груп на виконанні окремих операцій.

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

Зграї – це тимчасові об'єднання тварин, які виявляють біологічно корисну організованість дій. Зграї полегшують виконання будь-яких функцій у житті виду: захисту від ворогів, добування їжі, міграції. Найбільш широко зграйність розповсюджена серед птахів, риб та ссавців (багатьох собачих). У зграях сильно розвинені імітаційні реакції і орієнтація на сусідів.

Стадо – це найбільш тривалі і постійні об'єднання тварин. У стадних групах, як правило, здійснюються всі основні функції життя виду: добування їжі, захист від ворогів, міграції, розмноження, виховання молодих особин тощо. Основу групової поведінки тварин у стаді складають взаємовідносини домінування, які базуються на індивідуальних особливостях особин.

Один із варіантів організації стад – це групи з тимчасовими або постійними лідерами – особинами, на яких концентрується увага інших, і які своєю поведінкою визначають напрям переміщення, місця харчування, реакцію на хижаків та інші реакції стада в цілому. Стадо, таким чином, діє як єдине ціле, імітуючи лідера. Діяльність лідера не спрямована безпосередньо на підлеглість інших особин. Лідером, як правило, стає найбільш досвідчений член стада. Біологічне значення лідерства полягає у тому, що індивідуальний досвід окремої особини може бути використаний всією групою.

Віталітетна структура. Цей тип структури популяції в Україні інтенсивно розробляють Ю.А. Злобін та Г.Г. Жиляєв. Ними встановлено, що в кожній віковій групі популяції можна виділити особини, які різняться біометричними показниками (масою, висотою, кількістю листків, товщиною стебел тощо). Причина цих відмінностей криється в генетичній спадковості, варіюванні умов росту (проживання), діяльності фітофагів, хижаків, паразитів,

конкуренції. Встановлено, що відмінності між особинами одного вікового стану з часом посилюються. Для оцінки віталітетної структури популяцій застосовують віталітетний аналіз, який дозволяє встановити «індекс якості» популяцій, що порівнюються. Доведено, що особини різного віталітету відрізняються низкою індивідуальних показників (темпами розвитку, продуктивністю) та реакцією на дію екологічних факторів.

Віталітетна структура популяції забезпечує її існування в мінливих умовах середовища та під впливом антропогенних чинників і є однією з основних умов життєздатності.

Тривалість життя особин в популяції формує криві виживання (рис. 8).

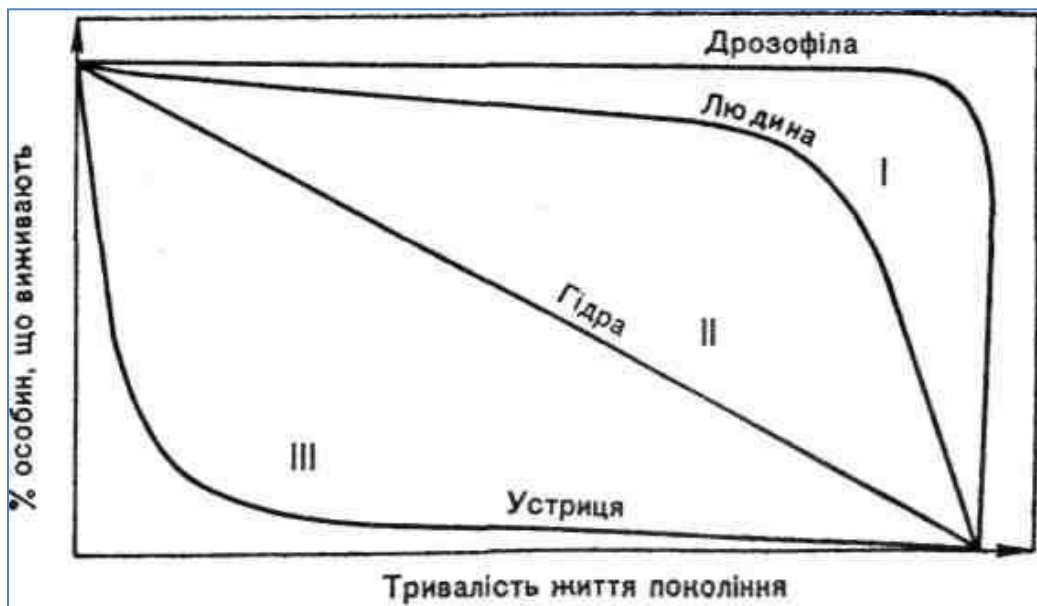


Рис. 8. Різні типи кривих виживання

1. Крива виживання типу I відображає ситуацію, за якої смертність до певного віку дуже низька, а потім швидко зростає (характерна для більшості ссавців, людини). У напівлогарифмічному масштабі має вигляд дуже випуклої кривої.

2. Крива виживання типу II характеризується відносно постійною для різного віку імовірністю смертності за одиницю часу. Наприклад, у прісноводної гідри коефіцієнт смертності залишається протягом усього життя постійним. Крива представлена у вигляді прямої лінії, або діагоналі (залежно від шкали).

3. Крива виживання типу III характеризує збільшення смертності в ранньому віці. Така крива характерна для організмів з великою плодючістю й відсутністю турботи про нащадків (рослини, риби, безхребетні).

Таблиці виживання не постійні та змінюються залежно від умов існування. Практичне значення кривих виживання полягає в тому, що вони характеризують вікову вразливість виду й можуть використовуватись під час створення мисливських господарств.

3.2. 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). Розрізняють неперіодичні коливання чисельності популяції (такі, що рідко спостерігаються), і періодичні (постійні) зміни.

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.

Щільність – середня кількість особин популяції на одиницю площі чи об'єму, які займає популяція у просторі; щільність популяції можна виражати через масу членів популяції на одиницю простору. Розрізняють середню та екологічну щільність популяції. *Середня щільність* – це кількість особин (або біомаса) на одиницю всього простору. *Екологічна щільність* – це кількість особин (або біомаса) на одиницю заселеності простору (тобто доступної площі чи об'єму, які можуть бути зайняті популяцією).

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

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 регулюючи 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).

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.

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 або здатність популяції до омолодження та збільшення чисельності. Розрізняють народжуваність:

- *фізіологічна (максимальна)* – це максимально реалізована можливість народження за відсутності лімітуючих чинників;
- *екологічна (реалізована)* – дійсна народжуваність за конкурентних умов.

Народжуваність залежить від кількості особин, що народилися за певний проміжок часу, її позначають ΔN_n (кількість особин за проміжок часу Δt). Ще розрізняють, **питому народжуваність b** як співвідношення

$$(\Delta N_n / N \cdot \Delta t) \cdot 100,$$

де N – загальна кількість особин у популяції.

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

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

- *реалізована (реалізована)* – (відображає загибель особин за реальних умов середовища та залежить від типу популяції (стара, зріла)).

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 риби – 1-2 %, у комах – менше 0,5%);

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

Питома смертність d – це $\Delta Nm/N\Delta t$,

де ΔNm – кількість відмерлих особин за певний проміжок часу.

Різниця між питомою народжуваністю та питомою смертністю означає виживання (r), яке виражають формулою: $r = b - d$.

Теоретичний максимум нащадків від однієї пари або однієї особини за одиницю часу називають *біотичним потенціалом*. Це поняття було введено в екологію Р. Чепменом у 1928 р. Найчастіше його виражають коефіцієнтом r і обчислюють як максимально можливий приріст популяції ΔN за відрізок часу Δt , віднесений до однієї особини, за початкової чисельності популяції N_0 .

$$r = \Delta N / N_0 \Delta t,$$

де ΔN – максимально можливий приріст популяції;

N_0 – початкове число особин в популяції;

Δt – відрізок часу;

r – біотичний потенціал.

Величина біотичного потенціалу в різних особин різна. У природі біотичний потенціал ніколи повністю не реалізується, оскільки він залежить від народжуваності, смертності, міграції, відношення статей, віку, частоти генерації, від числа періодів розмноження в житті (моноциклічні – лососеві,

поліциклічні – багато хребетних).

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).

За коливанням чисельності популяції розрізняють наступні типи організмів:

r-стратегі – 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-стратегі – 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.

На чисельність популяції впливають також розселювальна дисперсія, міграції, нашествия. **Міграції** – переміщення тварин на значну відстань. Наприклад: птахи розмножуються на арктичному узбережжі Канади, а потім

відлітають на північ Патагонії, що складає 40 000 км в обидва кінці. Серед риб міграції на великі відстані спостерігають у лососевих, вугрів.

Нашестя – нерегулярне, спорадичне переміщення за рахунок молодих особин у роки спалаху чисельності або недостатньої кількості їжі.

Розселювальна дисперсія – регулярне розселення молодняку, що призводить до поповнення сусідніх і створення нових популяцій.

ТЕМА 4. БІОЦЕНОЗИ (СИНЕКОЛОГІЯ)

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

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

Засновником вчення про угруповання рослин вважаються І.К. Пачоський (1896) та П.М. Крилов (1898). Вперше визначення рослинного угруповання – фітоценозу було дане І.К. Пачоським у 1915 році.

Біоценоз – сукупність рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів, що спільно населяють ділянку земної поверхні й характеризуються визначеними відносинами як між собою, так із сукупністю абіотичних чинників.

Термін «біоценоз» запропонований нім. зоологом К. Мебіусом в 1877 році.

Угруповання можна назвати біоценозом лише тоді, коли воно відповідає таким критеріям:

1. Має характерний видовий склад. Існує дві характерні групи видів:

а) **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).

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'єм 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**, сукупність грибів – **мікоценоз**.

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 трав'яних, 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 місцеві ґрунти з підвищеною вологістю, сприятливі для багатьох видів.

3. Характеризується певною тривалістю у часі. Біоценоз з його видовим складом є системою стійкою і довговічною, не дивлячись на те. Що його мешканці мають різну тривалість життя. *Наприклад, у мікробів вона триває хвилини, у дрібних безхребетних – дні, у великих – роки, а лісові дерева живуть сотні років.*

4. Має свою територію та межі. Простір, на якому функціонує окремий біоценоз, вирізняється однорідністю й особливістю умов біотопу.

Фітоценоз продукує первинну продукцію, в основному фіксує світлову енергію, використовує прості неорганічні речовини і синтезує складні органічні речовини. Зооценоз і мікробіоценоз являють собою гетеротрофний блок, який забезпечує утилізацію, перебудову і розклад складних органічних речовин.

Ділянка поверхні території (суші або водойми) з однотипними абіотичними умовами (рельєфом, кліматом, ґрунтами, характером зволоження та ін.), яку займає той чи інший біоценоз, називається **біотопом** (від грец. *topos* – місце). Біотоп, з яким пов'язані організми, що тут живуть, зазнає змін під впливом біоценозу.

Абіотичне середовище з яким взаємодіє біоценоз поділяють на блоки. Однорідність кліматичних умов біоценозу визначає *кліматоп*, ґрунтових – *едафотоп*, зволоження – *гідротоп*.

4.1. Структура біоценозу

Біоценоз характеризується певною структурою, а саме: видовою, просторовою, екологічною.

Видова структура біоценозу – це набір рослин, тварин, мікроорганізмів, який є у даному біоценозі та співвідношення їх чисельності та біомаси. Видовий склад біоценозу залежить від тривалості його існування, історії біоценозу та особливостей природних умов біотопу. Розрізняють багаті і бідні

видами біоценози.

Молоді угруповання, що формуються включають менший набір видів, ніж дорослі. Біоценози утворені людиною – **агроценози** (поля, сади, городи), мають меншу кількість видів, ніж подібні до них природні системи. Відносно бідний видовий скла мають біоценози полярних арктичних пустель, північної тундри або безводних жарких пустель, де екологічні фактори середовища сильно відхиляються від оптимальних значень.

Видову структуру біоценозу можна схарактеризувати такими показниками, як індекс видового різноманіття, видове насичення та частота зустрічі виду.

Індекс видового різноманіття. Для оцінки кількісного співвідношення видів у біоценозах використовують індекс різноманіття Шеннона:

$$H = \sum p_i \log_2 p_i$$

де Σ – знак суми;

p_i – частка кожного виду в біоценозі;

$\log_2 p_i$ – двійковий логарифм;

H – індекс різноманіття.

Це рівняння може розглядатися як цифрове вираження закону співвідношення між числом особин і числом видів.

Видове насичення (видове багатство) – кількість видів на одиницю площі або об'єму. Наприклад, кількість птахів, які гніздяться на 1 км² степової ділянки.

Частота трапляння характеризує рівномірність або нерівномірність розподілу виду в біоценозі. Вона обчислюється як процентне відношення кількості проб чи облікових площ, де зустрічається вид, до загальної кількості проб чи площ. Чисельність і частота зустрічей виду не пов'язані прямою залежністю. Вид може бути кількісно великим, але зустрічається рідко, і навпаки.

Співвідношення видового складу можна схарактеризувати за шкалою Друде. Найчастіше ця шкала використовується в геоботаніці (вид може бути

представлений дуже рідко, рідко, часто, дуже часто).

Ступінь домінування – показник, що відображає відношення кількості особин даного виду до загальної кількості всіх особин у біоценозі. Наприклад, якщо з 200 птахів на якійсь території 80 становлять зяблики, то ступінь домінування цього виду серед пташиного населення дорівнює 40%.

Залежно від ролі виду в біоценозі розрізняють:

1. **Домінанти** – види, які переважають за чисельністю в біоценозі. Ступінь домінування визначають за групами організмів (серед рослин, хребетних, безхребетних тварин, комах, птахів тощо). Наприклад, в ялинових лісах серед дерев домінує ялина, у трав'яному покриві – квасениця, серед птахів – корольок, берестянка, серед гризунів – руда й червоно-сіра полівка тощо.

2. **Едифікатори** – види, які своєю життєдіяльністю найбільшою мірою створюють середовище для всього угруповання й без яких існування більшості інших видів неможливе. Вилучення виду-едифікатора з біоценозу викликає, як правило, зміну фізичного середовища (біотопу), насамперед мікроклімату.

Основними едифікаторами наземних біоценозів виступають певні види рослин: в ялинових лісах – ялина, в соснових – сосна, в степах – дернові злаки (ковила, типчак та ін.). У деяких випадках едифікаторами можуть бути й тварини. Наприклад, у степах – копитні. Ховрахи тут можуть також до певної міри визначати умови життя рослин. Роль, яку відіграють едифікатори, відносна.

Просторова структура біоценозу – закономірне розміщення структурних елементів угруповання по відношенню один до одного. Організми угруповання розміщуються у просторі у відповідності до кількості сонячної енергії, яка їм необхідна для повноцінного функціонування.

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

Виділяють вертикальну та горизонтальну структуру біоценозу. **Ярусом** називають частину шару рослинного угруповання в якій розміщені асимілюючі

органи рослин – листя, стебла, а також запасуючі підземні органи (коріння, кореневища, цибулини).

1. Вертикальна ярусність (стратифікація). Коли різні за висотою рослини існують разом, фітоценоз набуває чіткої *вертикальної ярусності*: асимілюючі наземні органи рослин і їх підземні частини розташовані у декілька шарів.

Наприклад, лісові фітоценози вертикально структуровані за ярусністю:

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

Підземна ярусність біоценозу відбиває вертикальний розподіл корневих систем фітоценозу. Так, у степах виділяють 3 підземних яруси: верхній – із коренями однолітніх рослин, бульбами та цибулинами, середній – із коренями злаків, глибокий – із стриж некорневими системами рослин. Наявність підземної ярусності фітоценозу забезпечує продуктивніше використання ґрунтової вологи: у тому самому місці ростуть рослини різноманітних екологічних груп – від ксерофітів до гігрофітів.

Тваринний світ також поділяють на яруси життя: зооедафон (види, які живуть у ґрунті), і наземні тварини.

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.

Горизонтальна структура (зональність) обумовлена 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 (рис. 9).

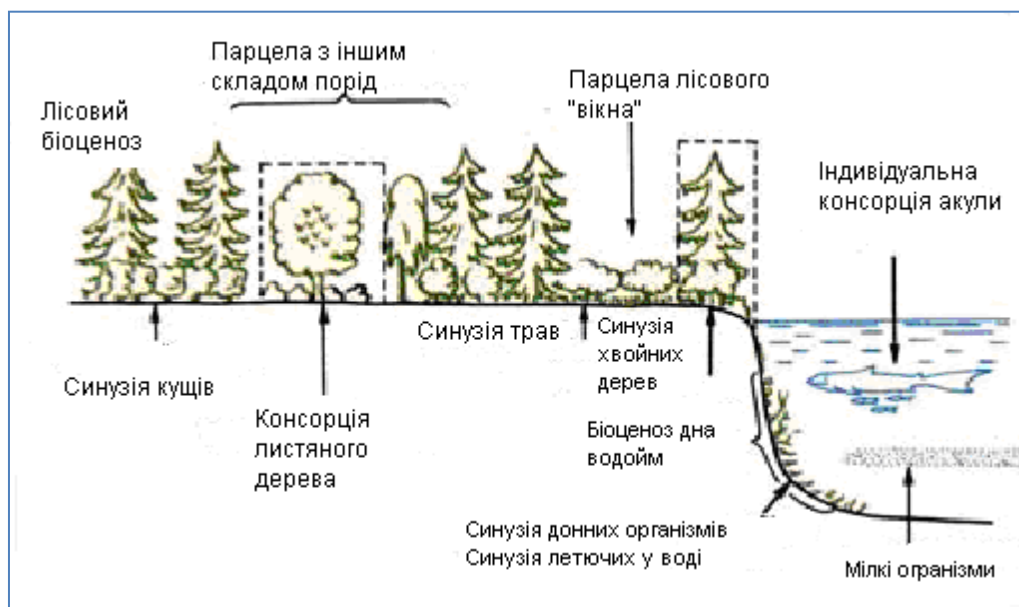


Рис. 9. Просторова структура біоценозу Н.О. Волошина, 2015)

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.*

Якщо ярус – поняття морфологічне, то синузія – екологічне. Вона може збігатись з ярусом загалом або ж тільки з його частиною. Синузія часто відображає різноманітність екологічних чинників, які формують біоценоз. Едафічні, орографічні та гідрокліматичні чинники «розподіляють» біотопи, а також і синузії біоценозів.

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

4.2. Краєвий ефект. Поняття про екотон

Перехід від одного біоценозу до іншого може бути різним: поступовим або більш-менш різким. Але завжди існує перехідна зона, зона контакту або напруження, яка може займати декілька кілометрів. *Наприклад, перехід між природними зонами лісом і степом – лісостеп; між тундрою й лісом – лісотундра.* У розглянутому прикладі проміжні зони – лісостеп, лісотундра – є перехідними зонами. Такі зони називаються **екотоном**. Найчастіше видовий склад, чисельність видів у перехідній зоні більші, ніж у біоценозах по обидва боки від неї. Тенденція до збільшення біорізноманіття та щільності організмів на межі біоценозів називається **краєвим ефектом**. Прояв краєвого ефекту властивий і узлісся.

4.3. Екологічна структура біоценозу

Екологічна структура біоценозу відображає співвідношення різних екологічних груп організмів. Між компонентами біоценозу існують різні типи зв'язків:

1. Трофічні зв'язки виникають, коли один вид живиться другим, або живими особами, або їх мертвими залишками чи продуктами їх життєдіяльності:

- **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.*

2. Топічні зв'язки характеризують будь-яку фізичну або хімічну зміну умов існування одного виду в результаті життєдіяльності іншого. Ці зв'язки проявляються в утворенні одним видом середовища для іншого (*наприклад, паразитизм, коменсалізм або взаємодія між деревом та комахами, птахами,*

ссавцями, що живуть на ньому). В формуванні субстрату, в насиченості середовища продуктами виділення та ін. Трофічні та топічні зв'язки мають найбільше значення в біоценозі, складають основу його існування.

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

4. Фабричні зв'язки, за яких особини одного виду використовують для своїх споруд (гнізд, схованок) продукти виділення, рештки або навіть організми іншого виду. *Наприклад, птахи використовують для спорудження своїх гнізд гілки дерев, траву, пір'я інших тварин.*

4.4. Трофічна структура біоценозу

Трофічні зв'язки в угрупованнях – це механізм передачі енергії від одного організму до іншого, тому вони в угрупованнях переплітаються у складну сітку, яка називається **кормовою мережею** і являє собою схему усіх трофічних зв'язків між видами, що входять до складу цього угруповання. Такі ряди, в яких можна прослідкувати шляхи витрати первинної дози енергії, називають *ланцюгами живлення*. Ланцюг живлення (трофічний ланцюг) – взаємовідносини між організмами під час переносу енергії їжі від її джерела (зеленої рослини) через ряд організмів (шляхом поїдання) на більш високі трофічні рівні (рис 10). Кормова мережа об'єднує усі організми біоценозу в єдиний комплекс.

Кожна з ланок ланцюга живлення може використати лише 5-15 % енергії харчів для побудови речовини свого тіла. Внаслідок неминучої втрати енергії кількість утвореної органічної речовини в кожній наступній ланці зменшується. Таким чином, кожен ланцюг споживання містить, як правило, не більше 4-6 ланок, тому що внаслідок втрати енергії загальна біомаса кожної наступної ланки приблизно в 10 разів менша за попередню. Ця закономірність називається **правилом екологічної піраміди**.

Трофічний рівень – сукупність організмів, що займають певне

положення в загальному ланцюгу живлення.

Перший трофічний рівень представлений продуцентами або автотрофними організмами (рослини). Це найважливіша частина біоценозу, тому що решта організмів прямо чи опосередковано залежить від енергії, яка накопичена рослинами.

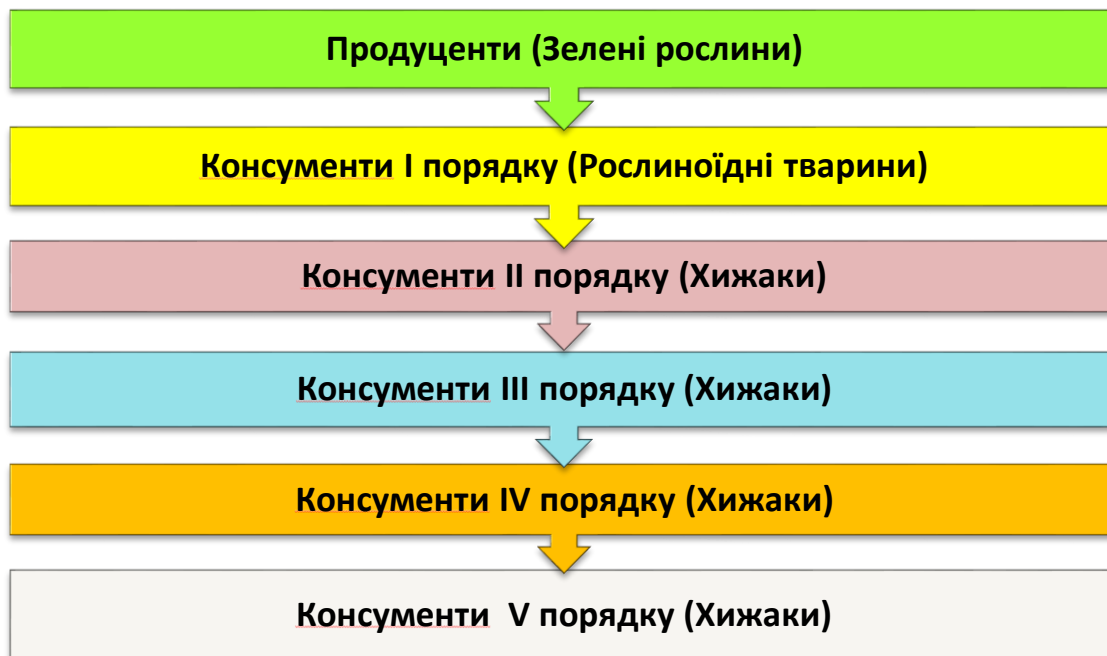


Рис. 10. Схема ланцюга живлення

Другий трофічний рівень утворюють травоїдні тварини, яких ще називають **первинними консументами**.

На **третьому трофічному рівні** знаходяться м'ясоїдні тварини, які живляться травоїдними, їх ще називають **вторинними консументами**, або первинними хижаками.

Хижаки, які живляться первинними хижаками, становлять **четвертий трофічний рівень** і називаються **третинними консументами** і т.д.

Кінцеву ланку кормового ланцюга утворюють деструктори, мікроорганізми, які розкладають органічні речовини.

Розрізняють ланцюги живлення 2 різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. У **ланцюгах виїдання** початковою ланкою в кормових ланцюгах є рослини: рослини → попелиці → дрібні комахоїдні птахи → хижі

птахи або рослини → зайці → лисиці → вовки. Ланцюги розкладання (детритні) починаються з мертвої органічної речовини, ідуть до мікроорганізмів, якою вони живляться, а далі – до детритофагів, їх хижаків: коров'ячий послід → личинки мух → комахоїдні птахи → хижаки (рис. 11).

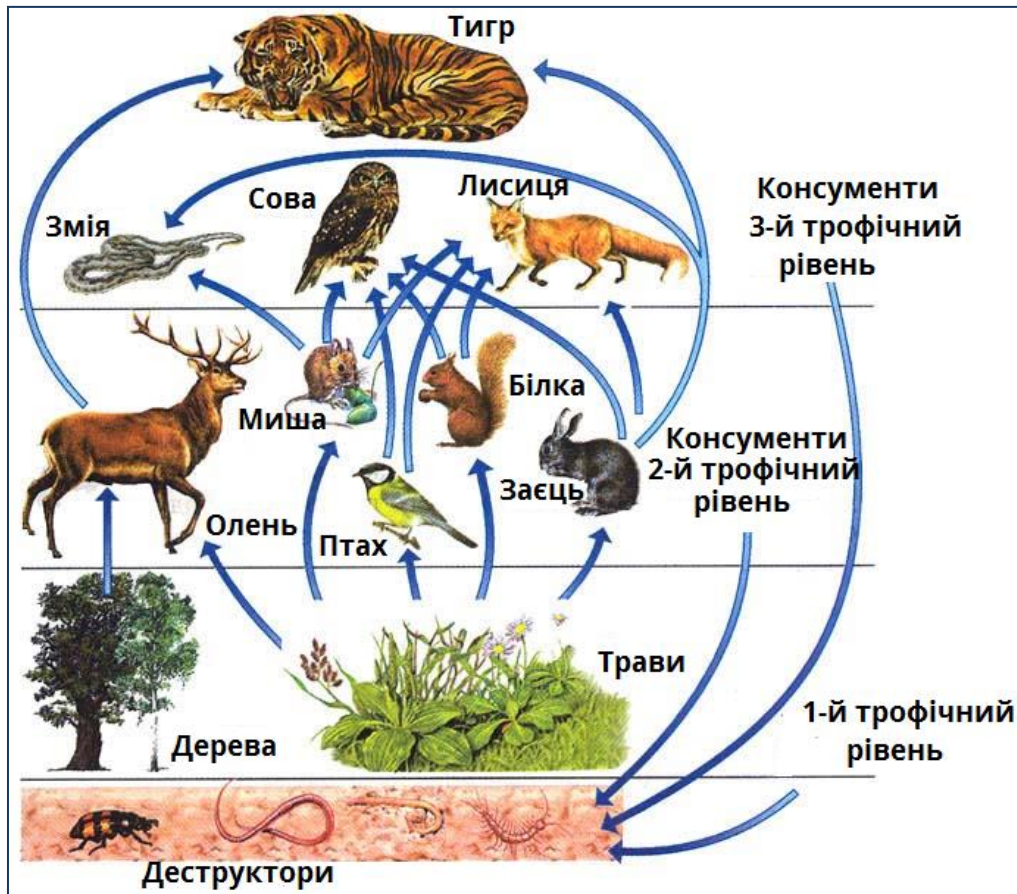


Рис. 11. Трофічна мережа наземної екосистеми

4.5. Поняття екологічної ніші

Бувають випадки, коли принцип Г. Ф. Гаузе не діє. При цьому конкуруючі види можуть співіснувати, але вони по-різному використовують середовище існування, Баклан великий і баклан хохлатий мешкають на одній водній поверхні. Це відбувається тому, що один живиться придонною рибою, а другий (баклан великий) використовує в їжу 80% оселедцеподібних (планктонна риба).

Це пояснюється тим, що кожний з видів в процесі еволюції пристосувався до своєї екологічної ніші.

Термін «*екологічна ніша*» був вперше вжитий американського вченим

Дж. Гріннелом у 1917 р при характеристиці місце зростання пташки пересмішника – мешканця заростей чагарнику чаппаралі.

У 1957 р. американський учений Хатчинсон (Hutchinson G. E.) створює концепцію екологічної ніші. увівши поняття фундаментальної й реалізованої екологічних ніш. Фундаментальна екологічна ніша – це вся сукупність необхідних для виду умов існування за відсутності будь-якого тиску з боку іншого виду. Реалізована ніша – більш вузька, вона включає конкурентів, хижаків.

Таким чином, **екологічна ніша** – це фізичний простір з властивими йому екологічними умовами, що визначають існування будь-якого організму, місце виду в природі (становище в просторі, функціональна роль у біоценозі, ставлення до абіотичних факторів середовища). Екологічна ніша характеризує ступінь біологічної спеціалізації виду (Кучерявий, 2000). За образним висловлюванням Ю. Одума, місцезростання – це адреса мешкання виду, а екологічна ніша – це система занять в тій системі видів, його «професія».

ТЕМА 5. ЕКОСИСТЕМИ ТА БІОГЕОЦЕНОЗИ

На межі XIX та XX ст. біологи почали серйозно розглядати ідею єдності природи незалежно від того, яке середовище (вода, суша) служить об'єктом їх вивчення.

Екосистеми взагалі, а біогеоценози зокрема (як окремий ступінь організації екосистем) вивчає **екосистемологія**, об'єктом досліджень якої є екосистеми всіх розмірів і ступенів складності – від консортивних до біосферної, тобто живі системи, в яких сукупність живих істот і абіотичного середовища їх існування творять функціональну єдність (Голубець М.А., 2000).

Екосистема – «сукупність комплексів організмів із комплексом фізичних чинників, які їх оточують, тобто чинників місцеперебування у широкому сенсі» (А. Тенслі). Розвиваючи підхід А. Тенслі, можна сказати, що екосистема – сукупність живих організмів і місця їх існування, в рамках якого здійснюється кругообіг речовин і перетворення потоку енергії. Екосистема складається з

біоценозу та місця його існування (біотопу, неживої частини) (Бобильов Ю.П., 2014).

Поняття «біогеоценоз» уведене видатним ботаніком, екологом і лісівником В.М. Сукачовим. «**Біогеоценоз** – сукупність на певному просторі однорідних природних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу та світу мікроорганізмів, ґрунту та гідрологічних умов), що має свою особливу специфіку взаємодії цих компонентів, певний тип обміну речовинами й енергією між собою та іншими явищами природи» (Сукачев В.М., 1964).

Структурно біогеоценоз складається із *біоценозу та екотопу*. Біоценоз, за Сукачовим В.М., *складається з фітоценозу, зооценозу та мікробоценозу*. Екотоп включає *едафотоп* (компоненти, пов'язані із ґрунтом і підстилаючими породами) *та кліматоп* (компоненти, пов'язані з атмосферою та гідросферою).

Більшість вчених вважають, що поняття екосистеми більш загальним, позамасштабним, а біогеоценозом називати екосистеми, у яких основу формує автотрофний блок (а саме фітоценоз) і які завдяки цьому мають визначені межі. Отже, межі біогеоценозів слід проводити по межах фітоценозів. «Біогеоценоз – екосистема, обмежена фітоценозом» (Лавренко Є.М., Диліс М.В., 1968).

Отже: біогеоценоз = (фітоценоз + зооценоз + мікробоценоз) + (едафотоп + кліматоп).

Ббіогеоценологія виходить з геоботаніки і спрямована на вивчення функціонування екосистем в конкретних умовах ландшафту в залежності від властивостей ґрунту, рельєфу, характеру оточення біогеоценозу і складових його первинних компонентів гірських порід, рослин, мікроорганізмів.

Біогеоценологія розглядає поверхню Землі як сітку біогеоценозів, які пов'язані між собою через міграцію речовин, але у певній мірі автономних і специфічних за своїми кругообігами. Біогеоценоз є не що інше як екосистема в межах фітоценозу.

Екосистемами є ставок і луки, поле, ліс, болото, пустеля, парк, скелі, море, океан тощо. Живі організми та середовище їх існування в усіх

екосистемах знаходяться у тісній функціональній взаємозалежності.

Важливою характеристикою екосистем є розмаїття видового складу.

1. Чим різноманітніші умови біотопів у межах екосистеми, тим більше видів містить відповідний біоценоз (тропічні ліси, де живе більшість існуючих видів тварин і рослин).

2. Чим більше видів містить екосистема, тим менше особин нараховують відповідні видові популяції.

3. Чим більша розмаїтсья біоценозу, тим більша екологічна стійкість екосистеми. Експлуатовані людиною системи, що представлені одним видом або дуже малим їх числом (агроценози з землеробськими монокультурами) нестійкі за своєю природою і не можуть самопідтримуватись.

4. Жодна частина екосистеми не може існувати без іншої.

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.

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.

Динаміка екосистеми.

Динамізм екосистеми полягає у взаємодії біотичного та абіотичного блоків, через які протікають речовина та енергія, утворюючи біохімічні колообіги і енергетику екосистем.

Енергетика екосистеми – це забезпечення екосистеми енергією та її використання. Вона включає такі процеси:

1. одержання енергії від двох основних джерел – сонячної радіації (фотосинтез) і реакції окислення неорганічних речовин (хемосинтез);
2. транспортування енергії трофічними рівнями;
3. використання енергії організмами для продукування біомаси і життя.

Виділяють такі *види енергії*: променисту, теплову, хімічну, механічну та ін.

Промениста енергія Сонця зумовлює кліматичні умови середовища. У водних і наземних екосистемах значна частина сонячної радіації витрачається на випаровування води і лише 5% фіксується в процесі фотосинтезу.

В приземному, зайнятому організмами шарі землі енергія електромагнітного випромінювання Сонця і атмосфери перетворюється, в основному, в *теплову* енергію, невелика частина (1% сумарної радіації) за рахунок фотосинтезу перетворюється у *хімічну* енергію, ще менше – в *механічну* (процеси вивітрювання мінералів гірських порід) і *електричну* (встановлення електричного потенціалу рослин).

5.1. Біологічна продуктивність екосистем

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.

Усі живі організми створюють біомасу. **Біомаса** – це виражена в одиницях маси чи енергії кількість живої речовини (популяцій, видів, біотичних угруповань), яка припадає на дану площу чи об'єм. Для зіставлення параметрів біомаси її виражають в одиницях сухої речовини.

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.*

Біомасу, а також енергію, яку утворюють рослини за одиницю часу на одиниці площі, називають **первинною продукцією угруповання**. Продукцію виражають кількісно у масі рослин (в г на 1м² за рік) або в енергетичних одиницях – еквівалентному числі джоулів.

Первинна валова продукція – 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 (рис. 12).

Чиста первинна продукція – 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.



Рис. 12. Біологічна продукція екосистеми

Чиста продукція – та, яку можна зважити у процесі збору.

Оцінка ефективності чистої продукції коливається в межах 30-85% і залежить від місцезростання.

Вторинна продукція – це органічна речовина, що синтезується на рівні консументів за одиницю часу на одиницю площі або об'єму, для кожного трофічного рівня визначається окремо. Одержана за рахунок сільськогосподарських тварин вторинна продукція не менш важлива, тому що біомаса містить тваринні білки необхідні для збалансованого харчування людини.

Ефективність чистої продукції у тварин обернено пропорційна їхній активності: у птахів <1%, у свійських тварин $\approx 11\%$.

Усім без виключення біоценози властиві певні кількісні співвідношення первинної та вторинної продукції, яке отримало назву **правила пірамід продукції**: на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси, що утворилася за одиницю часу, більше ніж на наступному. Трофічну структуру можна зобразити графічно у вигляді екологічних пірамід, основою яких

служить перший рівень продуцентів, а наступні рівні утворюють сходинки і вершину піраміди.

Екологічна піраміда – це графічне відображення співвідношення між продуцентами і консументами різних порядків, виражене у одиницях біомаси, чисельності або енергії. Ці закономірності встановив Чарльз Елтон.

Розрізняють три типи екологічних пірамід: піраміда біомас, піраміда чисел та піраміда енергії. Екологічні піраміди виражають у вигляді прямокутників рівної висоти, які звужуються до верху. Їх довжина відповідає масштабам продукції на трофічних рівнях і відображають закони витрати енергії у ланцюгах живлення.

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.*

2. Піраміда біомас (урожай на корені) – це кількісне співвідношення органічної речовини, за якого сумарна маса рослин виявляється більшою, ніж біомаса всіх трав'янистих організмів, маса яких, у свою чергу, перевищує масу всіх хижаків.

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.

<p>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).</p>
--

У більшості наземних біоценозів діє правило піраміди біомас, тобто сумарна маса рослин більша, ніж біомаса усіх фітофагів або рослиноїдних організмів, а маса тих, у свою чергу, перевищує масу усіх хижаків.

У тих трофічних ланцюгах, де перенесення енергії здійснюється, в основному, через зв'язки хижак-жертва, часто витримується правило піраміди чисел: загальне число особин, що приймають участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшується.

Для океану правило пірамід не дійсне, піраміда має перевернутий вигляд. На вищих трофічних рівнях переважає тенденція до накопичення біомаси, так як тривалість життя великих хижаків велика, швидкість оборту їх генерацій мала і в їх тілах затримується значна частина речовини, яка надходить по ланцюгах живлення.

5.2. Зміни в екосистемах

Будь-яка екосистема є динамічною, в ній постійно відбуваються зміни у стані і життєдіяльності її членів і співвідношенні популяцій. Все різноманіття змін, які відбуваються в угрупованнях, можна віднести до двох основних типів: циклічні і поступові.

Циклічні зміни. Циклічні зміни угруповань відображають добову, сезонну і багаторічну періодичність зовнішніх умов і прояв ендогенних ритмів організмів.

Добові ритми характерні для екосистем усіх зон. Їх прояв виражається тим сильніше, чим більше різниця значень факторів середовища в день і ніч.

Сезонні зміни екосистем проявляються не тільки в змінах стану і активності, але і в кількісному співвідношенні окремих видів в залежності від циклів їх розмноження, сезонних міграцій, відмирання окремих генерацій протягом року. Сезонні ритми угруповань найбільш чітко проявляються в кліматичних зонах і областях з контрастними умовами влітку і взимку.

Поступові зміни. В екосистемах відбуваються зміни 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 англ. *succession* – послідовність). *Наприклад, послідовне освоєння упалого дерева грибами, бактеріями, безхребетними.*

Наприкінці ХІХ ст. динаміку угруповань вперше описав Е. Вармінг. Найповніше розробили теорію сукцесії амер. Ботаніки Р. Коулес і Ф. Клементс. Основними положеннями даної теорії є те, що динаміка угруповання, її зміна в часі – це природна властивість екологічних систем.

Першопричиною зміни фітоценозів Клементс вважав зміну окремих кліматичних чинників або їхнього комплексу. У відповідь на ці зміни, угруповання послідовно змінюють один одного, адаптуючись до нових умов середовища. Завершується цей процес формуванням угруповання, пристосованого до комплексу даних кліматичних умов. Таке угруповання Клементс назвав **клімаксом**.

В основі сукцесій лежить неповнота біологічного кругообігу в даній екосистемі. Кожний живий організм внаслідок життєдіяльності змінює середовище навколо себе, виводячи із нього частину речовини і насичуючи його продуктами метаболізму. При більш або менш довгому існуванні популяцій вони змінюють своє оточення в несприятливу сторону і внаслідок цього витісняються популяціями інших видів, для яких ці перетворення середовища є екологічно більш вигідними.

У процесі сукцесії спостерігається цілий ряд змін одного біоценозу іншим аж поки не буде сформоване більш стійке при даних умовах угруповання. Такий послідовний закономірний ряд заміни одного біоценозу іншим називають сукцесійною серією, або **сукцесійним рядом**. В сукцесійних рядах є початкові, проміжні і кінцеві (клімаксові) стадії. Кожна з них за час свого існування створює умови для появи наступної стадії. Зміни, що відбуваються в сукцесійному ряду, приводять до того, що на клімаксовій (кінцевій) стадії територія буває заселена видами, які найбільш відповідають умовам життя на ній.

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 «Куришська 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.

Сукцесії можуть бути *прогресивні* та *регресивні*, якщо вони ведуть до збіднення або спрощення угруповань.

Розрізняють сукцесії первинні і вторинні. Розвиток біоценозу на вільних від ґрунті землях називають **первинною сукцесією** (на вулканічних туфових і лавових полях, сипучих пісках, кам'янистих розсипах, на породах, що відкрилися внаслідок обвалів, зсувів і т.д.). Отже первинна сукцесія – це поступове заселення організмами незайманої суші, що з'явилася, материнської породи.

Етапи первинних сукцесій:

- виникнення ділянок земної поверхні, незайнятої рослинністю;
- заселення цієї ділянки певними видами рослин;
- загострення конкурентних взаємозв'язків між різними видами, внаслідок чого одні витискають інші;
- перетворення організмами середовища існування, зростання видового різноманіття, поступова стабілізація його умов і міжвидових взаємозв'язків.

Вторинні сукцесії відбуваються на місці зруйнованих або сильнопорушених угруповань, де збереглися ґрунти та деякі живі організми й частіше всього носять відновлювальний (після суцільної вирубки лісу, після пожежі) (рис. 13). Вторинні сукцесії спрямовані на відновлення властивого

даній місцевості угруповання після завданих ушкоджень. Не завжди вторинна сукцесія приводить екосистему до початкового клімаксного стану.

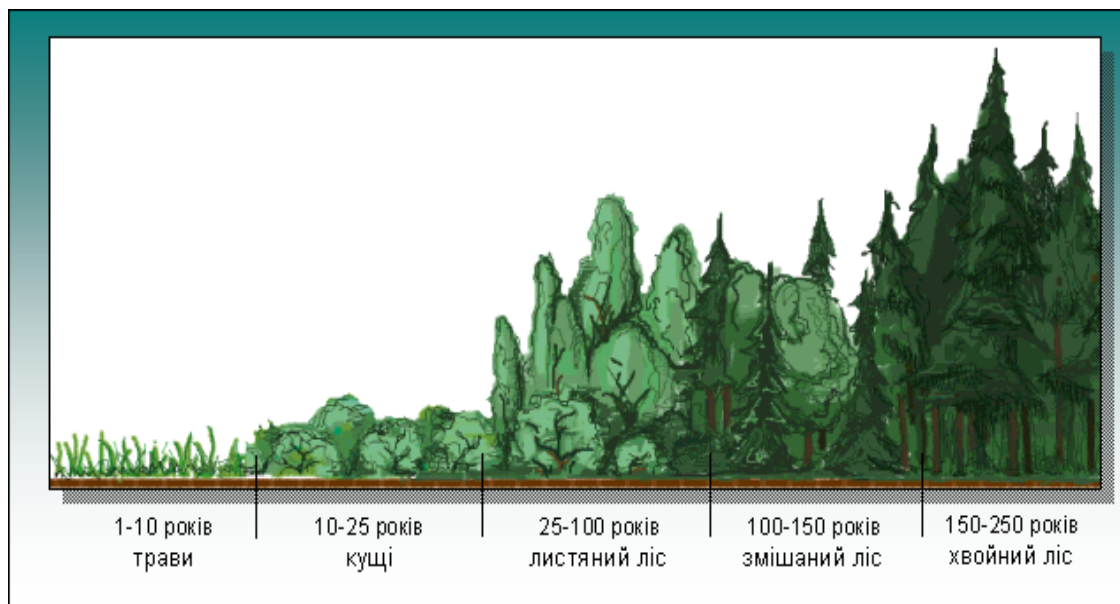


Рис. 13. Вторинна сукцесія у помірному кліматі

Клементс визначав наступні **фази сукцесії**:

- фаза оголення – поява незаселеного простору;
- фаза міграції – поява перших, піонерних форм життя;
- фаза ецезису – заселення живими організмами порожнього простору і пристосування їх до конкретних умов середовища проживання;
- фаза змагання – конкуренція з витісненням деяких первинних поселенців;
- фаза реакції – зворотний вплив угруповання на біотоп і умови існування;
- фаза стабілізації – остання стадія сукцесії, у результаті якої формується клімаксний біоценоз.

Порушені біоценози, що повертаються до вихідного стану, називають корінними.

Сукцесії бувають ендодинамічні, екзодинамічні, антроподинамічні.

Ендодинамічні сукцесії (внутрішні) пов'язані з розвитком біоценозу, в межах якого одні види вимирають, інші виникають. Наприклад, низове болото (осоки та злаки) наростає торф, меншає мінеральної поживи, починають рости

мохи – спочатку зелені потім сфагнові, на них оселяється сосна – утворилася сфагново-соснова асоціація.

Екзодинамічні сукцесії (зовнішні) бувають пірогенні, гідрогенні, галогенні, зоогенні.

Антроподинамічні сукцесії (діяльність людини) лісова дигресія, дигресія лук у процесі скошування трав, пере випас (виснажуються ґрунти, формуються зсуви, селі). Прикладом регресивної великомасштабної сукцесії є сучасний стан Аральського моря.

ТЕМА 6. БІОСФЕРА ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА

Перші ідеї про взаємозв'язок між живою і неживою природою зустрічаються у працях таких вчених як Ж. Бюффон, А. Лавуазьє, О. фон Гумбольт, М. Ломоносов. Перші уявлення про біосферу як «зону життя» сформулював Ж.Б. Ламарк (1802). Він підкреслював, що всі речовини, що знаходяться на поверхні земної кулі і утворюють його кору, сформувалися завдяки діяльності живих організмів.

Термін «біосфера» запропонував австрійський вчений Е. Зюсс у 1975 р. і визначав дану оболонку як обмежену у часі і просторі сукупність організмів на поверхні Землі.

Сучасне вчення про біосферу було розроблено В.І. Вернадським (1863-1945) та Тейяр де Шарденем. Вони обґрунтували високу хімічну та геологічну активність живої речовини біосфери, підкреслюючи, що розвиток життя на планеті забезпечується особливими фізичними властивостями біосфери. Незалежно від них свою власну концепцію біосфери створив інший вчений П.А. Тутковський.

Біосферою В.І. Вернадський назвав ту область нашої планети, в якій існує або будь-коли існувало життя і котра постійно піддається, або піддавалася впливу живих організмів. В. І. Вернадський довів, що живі організми відіграють дуже важливу роль у формуванні вигляду Землі. Хімічний склад атмосфери, гідросфери і літосфери зумовлений життєдіяльністю організмів.

Біосфера (у сучасному розумінні) – своєрідна оболонка Землі, що містить всю сукупність живих організмів і ту частину речовини планети, що знаходиться в безперервному обміні з цими організмами.

В.І. Вернадський виділяв основні структурні компоненти біосфери, кожна з цих складових характеризується специфічною, динамічною структурою та організацією.

1. Усю сукупність організмів на планеті В.І. Вернадський назвав **«живою речовиною»**, що забезпечує безперервний зв'язок різноманітних геологічних та біологічних процесів.

2. **Біогенна речовина** – орґано-мінеральні та орґанічні продукти, створені організмами (всі форми дендриту, кам'яне вугілля, нафта, газ, горючі сланці тощо).

3. **Біокосна речовина**, за В.І. Вернадським, – речовина, яка виникла внаслідок спільної діяльності живих організмів та абіотичних процесів. Це джерело дуже потужної потенціальної енергії (ґрунт, вода, кора вивітрювання, атмосфера, бітуми, крейда, кисень, створений зеленими рослинами, вапняки).

4. **Косна речовина** – речовини неорґанічного походження, в утворенні якої живі організми участі не брали (гірські вивержені породи, мінерали, опади).

5. **Радіоактивні речовини**, які входять до складу земної кори з моменту її зародження.

6. **Речовини космічного походження** (метеорити).

Загальна біомаса біосфери складає понад 85-100 млрд. тонн сухої орґанічної речовини, в тому числі у Світовому океані – 30 млрд. тонн сухої орґанічної речовини або $4,2 \cdot 10^{21}$ Дж на рік.

Зону найбільшої концентрації організмів у біосфері, В.І. Вернадський називав *«пластом живої речовини»*. Цей пласт живої речовини охоплює нижній шар тропосфери (10-30 км) над рослинним покривом, освітлений шар води у водоймах (до 400 м у Світовому океані), верхні шари ґрунту з коріннями рослин, мікроорґанізмами та і ґрунтовою біотою.

Розподіл життя в біосфері характеризується значною нерівномірністю. Воно слабо розвинене в пустелях, надрах землі, глибинах океану, високо в горах, тоді як в інших ділянках біосфери надзвичайно багате й різноманітне. Найвища концентрація живої речовини спостерігається на межах поділу основних середовищ – у ґрунті, в поверхневих шарах океану, на дні водоймищ і особливо – на літоралі, в мішаних лісах та естуаріях річок, де всі три середовища – ґрунт, вода й повітря – близькі один до одного. Усі місця найбільшої концентрації життя В. І. Вернадський називав «плівками життя».

Сьогодні відомо, що 99,9% маси живих організмів припадає на 14 елементів (Н, О, С, N, Са, К, Si, Mg, P, S, Al, Na, Fe, Cl), котрі переважають і в земній корі, становлячи в ній 98,9%, тільки в інших співвідношеннях.

У організмах виявлено майже всі елементи таблиці Д.І. Менделєєва, тобто вони характеризуються тією ж хімічною будовою, що й нежива природа. В.І. Вернадський вважав, що жива речовина є найактивнішою формою матерії у Всесвіті. Вона здійснює велетенську геохімічну роботу в біосфері.

Межі біосфери як глобальної екосистеми (верхня та нижня) визначаються наявністю сприятливих для організмів абіотичних факторів: температури, води, складу газів, елементів мінерального живлення. **Верхню межу** біосфери В.І. Вернадський назвав *променевою*, яка обмежена інтенсивною концентрацією ультрафіолетової радіації, а фізичною межею поширення життя в атмосфері є озоновий екран, який поглинає більшу частину ультрафіолетового випромінювання Сонця. Отже, верхню межу біосфери проводять на висоті приблизно 20-25 км від поверхні Землі.

Нижню межу біосфери називають *термічною*, оскільки вона зумовлена наявністю високих температур. Її проводять на суші у середньому на глибині 3-3,5 км від земної поверхні, тобто там, де температура підземних вод та гірських порід у літосфері перевищує 100 °С.

У гідросфері нижня межа існування активного життя обмежується дном Світового океану – понад 11 км, де температура становить близько 0°C (рис. 14). Більше поширення живих організмів (за наведені межі) обмежено

лімітуючими чинниками: проникненню вгору перешкоджає космічне випромінювання, а проникненню углиб – висока температура земних надр.

На суші межа між ними проходить поверхнею Землі.

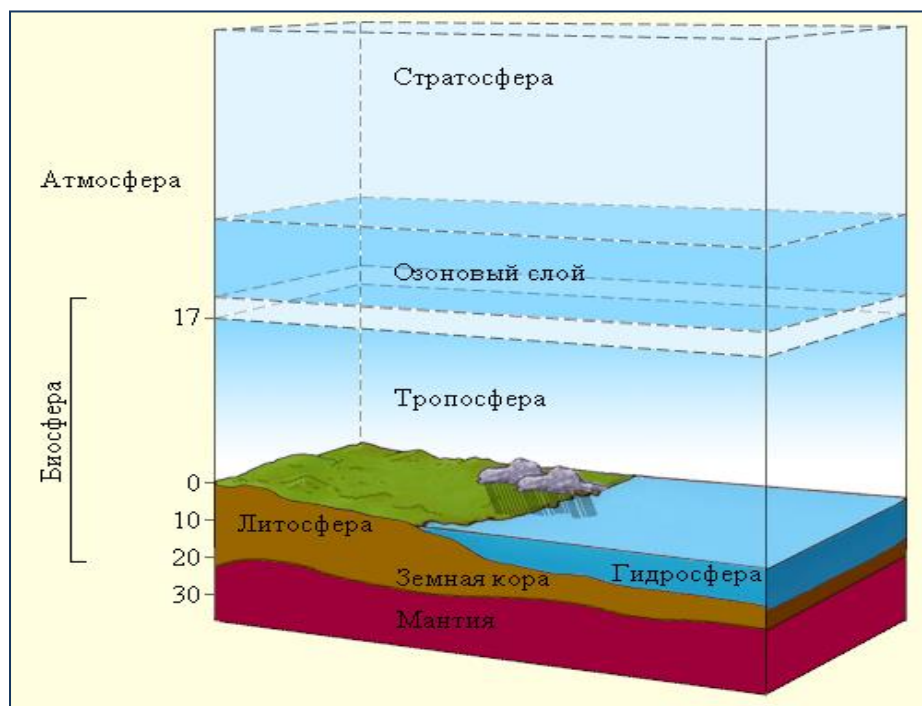


Рис. 14. Структура біосфери

Створюючи вчення про біосферу В.І. Вернадський висловлював ідею про те, що саме живій речовині належить провідна роль у формуванні навколишнього середовища. Це положення підтверджується глобальними (біосферними) функціями живої речовини, творчо розвинутими послідовниками В. І. Вернадського (табл. 2).

Рушійною силою всіх речовин в біогеохімічних циклах є потік сонячної енергії або частково енергії геологічних процесів Землі.

Кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний час

За цей час живий світ Землі морфологічно змінився невпізнанно, але ці зміни не впливали ні на загальну кількість живої речовини, ні на її валовий склад.

Вернадський В.І. розробляв також вчення й про ноосферу. Сам термін «ноосфера» (*noos* – розум, *sphaira* – куля, тобто сфера, в якій діє розум) був

запропонований двома французькими вченими С. Леруа і Тейяром де Шарденом у 1927 р. Вони трактували ноосферу як «мислячу» оболонку, що формується людською свідомістю.

Таблиця 2

Основні функції живої речовини

Глобальна функція	Характеристика
Енергетична	Поглинання і запасання сонячної енергії у процесі фотосинтезу, а хімічної енергії – шляхом розкладу речовин, насичених енергією, а також передача цієї енергії харчовими ланцюгами
Середовищевірна	Перетворення фізико-хімічних параметрів середовища для забезпечення стабільності сприятливих екологічних умов на Землі
Концентраційна	Вибіркове вилучення і накопичення організмами у процесі життєдіяльності певних біогенних речовин для залучення їх у біотичний кругообіг та для побудови свого тіла
Деструктивна	Розкладання і мінералізація мертвої органіки і залучення утворених мінералів у біотичний кругообіг
Окисно-відновна	Хімічне перетворення речовин та їх сполук за допомогою живих організмів. Утворення нових речовин як результату окисно-відновних реакцій
Інформаційна	Накопичення, збереження і передача живими організмами молекулярної та сигнальної інформації, необхідної для підтримки рівноваги в екосистемах
Транспортна	Перенесення речовини та енергії у результаті активної форми руху організмів

У своїй книзі «Декілька слів про ноосферу» В.І. Вернадський у 1944 році визначив декілька загальних умов, необхідних для створення або переходу до ноосфери:

1. Суспільство повинно бути єдиним в інформаційному й економічному відношеннях.
2. Ноосфера – явище всепланетне, тобто суспільство повинно прийти до рівності рас і народів.
3. Ноосфера не може бути створена доти, поки не припиняться війни між народами.

Ноосфера – це етап розвитку біосфери, на якому людина, свідомо використовуючи свої знання, буде підтримувати існування біосфери та сприяти її розвитку. Ноосферу В.І. Вернадський розумів як природне тіло, компонентами якого будуть літосфера, атмосфера, гідросфера та органічний світ, перетворений розумовою діяльністю людини.

Серед складових частин ноосфери виділяють **антропосферу** (сукупність людей як організмів), **техносферу** (сукупність штучних об'єктів, створених людиною, **природних об'єктів**, змінених в результаті діяльності людства) та **соціосферу** (сукупність соціальних факторів, характерних для даного етапу розвитку суспільства і його взаємодії з природою).

Після В. І. Вернадського накопичився величезний матеріал про біосферу, виробничу діяльність людського суспільства. У своїх головних проявах ноосфера характеризується такими ознаками:

1. Збільшення видобутку корисних копалин.
2. Масові споживання органічної речовини, утворено фотосинтезом у минулі геологічні епохи, що призводить до неминучого збільшення вмісту вуглекислого газу у біосфері і зменшення вмісту кисню.
3. Появою нових трансуранових хімічних елементів у зв'язку з розвитком ядерних технологій і ядерної енергетики.
4. Масовим створенням у ноосфері речовин, які не є характерними для неї.
5. Розсіюванням енергії в ноосфері, а не її накопиченням, як це було до появи людства.

6.1. Біогеохімічні цикли

За рахунок процесів міграції хімічних елементів усі геосфери Землі зв'язані єдиним циклом кругообігу цих елементів. Такий кругообіг, рушійною силою якого є тектонічні процеси та сонячна енергія, отримав назву *великого (геологічного) кругообігу*. Цей кругообіг має абіотичний характер. Тривалість його існування приблизно 4 млрд. років. Потужність великого кругообігу

речовин в атмосфері, гідросфері і літосфері оцінюється в $2 \cdot 10^{16}$ т в рік.

Виникнення життя на Землі спричинило появу нової форми міграції хімічних елементів – біогенної. *Малим, або біологічним, кругообігом* речовин називають обмін хімічними елементами між живими організмами та неживими компонентами біосфери – атмосферою, гідросферою і літосферою. Головним джерелом енергії цього колообігу є сонячна радіація, яка забезпечує фотосинтез. У малому біологічному кругообігу переміщуються в основному вуглець (10^{11} т у рік), кисень ($2 \cdot 10^{11}$ т у рік), азот ($2 \cdot 10^{11}$ т у рік), фосфор (10^8 т у рік).

Інтенсивність біологічного колообігу залежить від температури довкілля та кількості води (*наприклад, в тропічних лісах біогеохімічний колообіг інтенсивніший ніж в тундрі*).

Обидва колообіги протікають одночасно та тісно зв'язані між собою. Живі організми в біосфері ініціюють кругообіг речовин та призводять до виникнення *біогеохімічних циклів* – як циклічні, поетапні перетворення речовин та зміна потоків енергії, які здійснюються за рахунок сумісної дії біотичної та абіотичної трансформації речовин. Біогеохімічні цикли становлять собою циклічні переміщення біогенних елементів: С, О, Н, N, S, P, Са, К та інших від одного компоненту біосфери до інших. На певних етапах цього кругообігу вони входять до складу живої речовини.

ТЕМА 7. АНТРОПОГЕННІ ФАКТОРИ

Антропогенні чинники з часу свого виникнення у біосфері значно поступаються природним чинникам. Проте, вони вже давно мають глибокий вплив на живу природу і середовище проживання.

За А. Шенниковим, основні типи впливу людини на рослинність – це:

– прямий вплив (у тому числі, який зв'язаний з трудовою діяльністю): збір рослин, витоптування, скошування і ін.;

– непрямий вплив. Він здійснюється через зміну середовища проживання.

До прямого впливу людини на живі організми необхідно віднести завезення багатьох видів рослин і тварин з одного материка на інший. Особливо багато нових видів було завезено в Америку, Австралію, острови Нової Зеландії. Фауна і флора багатьох островів стала дуже подібною завдяки розселенню там супутників людей. Так, завезення на Нову Зеландію ссавців, у тому числі домашніх свиней, привело майже до повного зникнення древнього плазуна – гатерії і до різкого скорочення чисельності безкрилих птахів – страуса, совиного папуги і інших. В Новій Зеландії проживає 31 новий вид птахів і 34 види ссавців, завезених з Європи, Азії, Америки.

Опосередкований вплив людини проявляється у зміні середовища існування рослин і тварин за рахунок винищення або різкої зміни тих угруповань, в яких ці рослини чи тварини існують. Так, вирубка лісу докорінно змінює можливості існування тіньлюбних рослин нижніх ярусів. Заодно зникає ряд видів птахів, пов'язаних з кронами дерев, які були місцями гніздування і добування їжі. В результаті склад флори і фауни даних регіонів стає більш одноманітним.

Усі сторонні речовини, що надходять у навколишнє середовище внаслідок людської діяльності за пропозицією Р. Парсона називають *антропогенним забрудненням*, а в результаті природних процесів – *природним забрудненням*.

Різноманітність форм людської діяльності, які змінюють біотичні й абіотичні елементи природи, багато вчених об'єднують під загальною назвою антропогенні впливи, або *антропогенні фактори*.

Розрізняють такі види антропогенного забруднення навколишнього середовища:

- 1) **хімічне**, яке зводиться до надходження в навколишнє середовище різноманітних ксенобіотиків;
- 2) **фізичне**, до якого відносять знищення територій, шумові перешкоди

та електромагнітне випромінювання;

3) **термічне (теплове)**, яке спостерігається при скидах у водойми нагрітої води з промислових підприємств і в першу чергу з ТЕЦ;

4) **радіоактивне**, яке пов'язане з надходженням в природне середовище штучних радіоізотопів;

5) **засмічення**, що проявляється в надходженні до навколишнього середовища різного роду твердих відходів;

б) **біологічне**, при якому в природних та антропогенних екосистемах з'являються невластиві їм організми. Особливим випадком такого виду забруднення є мікробіологічне, пов'язане з розвитком у навколишньому середовищі паразитичної мікрофлори.

До антропогенних факторів належать усі види створюваних технікою і безпосередньо людиною впливів, які пригнічують природу:

– забруднення (внесення в середовище нехарактерних для нього нових фізичних, хімічних чи біологічних агентів або перевищення наявного природного рівня цих агентів);

– повне знищення природних екосистем заради власних потреб, наприклад, вирубування лісів для вирощування сільгосппродукції і будівництва житла;

– вичерпання природних ресурсів (корисні копалини, вода, повітря та ін.);

– глобальні кліматичні впливи (зміна клімату в зв'язку з діяльністю людини);

– естетичні впливи (зміна природних форм, несприятливих для візуального та іншого сприймання).

Вплив людини на природу може бути як свідомим, так і стихійним, випадковим. Користуючись знанням законів розвитку природи, людина свідомо виводить нові високопродуктивні сорти рослин і породи тварин, усуває шкідливі види, творить нові біоценози. Проте нерідко вплив людини на природу має небажаний характер. Це, наприклад, непродумане розселення

рослин і тварин у нові райони, хижацьке винищення окремих видів, а також розорювання перелогових земель, внаслідок чого зникають стійкі високоорганізовані біоценози, зменшується видовий склад рослин і тварин.

До випадкових належать впливи, які є наслідком діяльності людини, але не були наперед передбачені або заплановані: випадкове завезення насіння бур'янів і тварин (завезення з Північної Америки колорадського жука в Європу та кролів в Австралію). Сюди слід віднести випас худоби, розорювання земель, рекреаційні деградації тощо.

Особливої шкоди природі завдають урбогенні та техногенні процеси, які часто діють сумісно. Великі міста, як правило, мають промислові зони, транспортні магістралі, щільну забудову і, таким чином, творять великі площі мертвої підстилаючої поверхні, яка акумулює додаткове тепло. Над містами здійснюються «гарячі острови» з пилу та сажі, газові викиди, які погіршують якість життєвого середовища, роблячи його шкідливим для здоров'я людей.

Антропогенні едафічні і кліматичні фактори витісняють природну рослинність, збіднюють тваринний світ, обмежують діяльність мікроорганізмів-деструкторів. Тому екосистеми великих міст та індустріальних центрів є енергетично субсидовані, їх діяльність часто повністю залежить від втручання людини (газони, квітники, сади, сквери, захисні смуги, агрокультури).

Основними урбогенними негативними факторами є теплові, хімічні, радіаційні, електромагнітні, світлові, звукові, вібраційні тощо. Часто в містах вони діють одночасно, особливо це стосується транспортних магістралей із високою інтенсивністю руху. Однак не лише у великих містах діє цей комплекс антропогенних факторів. Якщо звернути увагу на лісові Карпати, то побачимо, що і в цьому віддаленому регіоні транспортні, електро- і нафтогазові магістралі, потужні трактори й автомобілі на трелюванні лісу і лісовивезенні завдають непоправної шкоди лісовим екосистемам. Зникають окремі види рослин і тварин, руйнується ґрунт, порушується екологічна рівновага.

Однак не можна всю антропогенну діяльність вважати негативною: впливи, які оптимізують екосистеми, є позитивними. Інтродукція,

фітомеліорація, біологічні методи боротьби зі шкідниками рослин і тварин – це позитивна антропогенна діяльність.

ТЕМА 8. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АТМОСФЕРИ

Атмосфера – одна з найважливіших складових частин біосфери. Вона надійно захищає живі організми від космічного й ультрафіолетового випромінювання, визначає загальний тепловий режим поверхні Землі, впливає на кліматичні умови, а через них на режими річок, ґрунтово-рослинний покрив та процеси формування рельєфу. Саме атмосфера регулює кількість сонячної енергії, необхідної для життя. Якщо не було б атмосфери, вдень Сонце розігрівало б земну поверхню до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а вночі до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ її охолоджував би космос. Діапазон коливань добових температур у межах $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ перевищує можливості виживання переважної більшості живих організмів.

Забруднення атмосферного повітря – це будь-яка зміна складу і властивостей повітря, що негативно впливає на здоров'я людей і тварин, стан рослинного покриву та екосистеми.

Забруднення атмосфери може бути природним і штучним. До природних забруднювачів повітря належать вулканічна діяльність, вивітрювання гірських порід, вітрова ерозія, пилок квіткових рослин, дим від лісових і степових пожеж. Домішками, які надходять із природних джерел, є пил вулканічного, космічного, рослинного походження; продукти ерозії ґрунту; тумани; гази вулканічного походження; дим і гази від лісових і степових пожеж.

Штучне забруднення пов'язане із викидами різних забруднюючих речовин у процесі діяльності людини.

Антропогенні джерела забруднення атмосфери поділяються на групи:

- промислові підприємства;
- транспорт;
- побутове і комунальне господарство.

За агрегатним складом викиди шкідливих речовин в атмосферу поділяються на *газоподібні* (оксид сірки SO_2 , вуглекислий газ CO_2 , озон O_3 ,

оксид азоту NO), *рідкі* (кислоти, луги, розчини солей та ін.) і *тверді* (канцерогенні речовини, свинець і його сполуки, ртуть, кадмій, органічний і неорганічний пил, сажа, смолянисті речовини тощо) (табл. 3).

На сьогодні основними забруднювачами атмосферного повітря є різні галузі промисловості, а саме: теплоенергетика, підприємства металургійного комплексу, нафтовидобувна промисловість, нафтохімічна промисловість, автотранспорт, виробництво будівельних матеріалів.

Таблиця 3

Джерела забруднення атмосфери

Природне забруднення	Штучне забруднення
<ol style="list-style-type: none"> 1. Вулканічна діяльність 2. Вивітрювання гірських порід 3. Вітрова ерозія 4. Пилок квіткових рослин 5. Дим від лісових і степових пожеж 6. Домішки, які надходять з природних джерел: <ul style="list-style-type: none"> – пил космічного, вулканічного та рослинного походження – продукти ерозії ґрунту – тумани – гази вулканічного походження 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Газоподібні: <ul style="list-style-type: none"> – оксид сірки SO₂ – оксид вуглецю CO₂ – озон O₃ – оксид азоту NO 2. Рідкі: <ul style="list-style-type: none"> – кислоти – луги – розчини солей 3. Тверді: <ul style="list-style-type: none"> – канцерогенні речовини – свинець і його сполуки – ртуть – кадмій – органічний і неорганічний пил – смолянисті речовини

Теплоенергетика включає теплові й атомні електростанції, промислові та міські котельні. Близько 70-80% світової електроенергії виробляється, на теплових електростанціях. У процесі спалювання вугілля, нафти, природного газу, торфу в атмосферу виділяється дим, що містить продукти повного (вуглекислий газ і пари води) і неповного згорання (оксиди вуглецю, сірки, азоту, вуглеводні та ін.).

При спалюванні 20 тис. т вугілля на теплоелектростанції потужністю 2,4 млн. кВт за добу в атмосферу викидається 680 т SO₂ і SO₃, 200 т – NO_x, 120-140 т – твердих частинок (попіл, пил, сажа).

Атомні електростанції є джерелом забруднення повітря радіоактивним йодом, радіоактивними інертними газами та аерозолями.

Підприємства металургійного комплексу посідають друге місце за загальною кількістю викидів в атмосферу серед галузей промисловості (після теплоенергетики). Переважно викиди цих підприємств складаються з оксидів вуглецю, твердих речовин, діоксиду сірки, оксидів азоту. Основними джерелами викидів у чорній металургії є агломераційне виробництво, виплавка чавуну і сталі. У кольоровій металургії джерелами утворення викидів є виробництво глинозему, алюмінію, міді, свинцю, олова, цинку, нікелю та дорогоцінних металів.

Нафтовидобувна і нафтохімічна промисловість утворює за обсягом відносно небагато викидів. Проте вони характеризуються високою токсичністю, значною різноманітністю і концентрованою, тому становлять загрозу для всіх живих організмів. На різноманітних виробництвах атмосферне повітря забруднюється оксидами сірки, сполуками фтору, аміаком, сумішами оксидів азоту, хлористими сполуками, сірководнем, неорганічним пилом тощо.

Викиди автотранспорту. Викидні гази двигунів внутрішнього згорання містять велику кількість токсичних сполук – бенз(а)пірен, альдегіди, оксиди азоту і вуглецю і особливо небезпечні сполуки свинцю.

Виробництво будівельних матеріалів. Інтенсивне забруднення атмосферного повітря відбувається при видобутку і переробці мінеральної сировини, при викидах пилу і газів із підземних гірських виробіток тощо.

Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації, перенесення повітряних мас, взаємодіє з гідросферою й літосферою та діяльності мікроорганізмів атмосферне повітря позбавляється від забруднюючих речовин. Проте в результаті антропогенної діяльності утворюється така велика кількість забруднюючих речовин, що атмосфера вже не здатна самоочищуватися і відбувається значне накопичення забруднюючих речовин в повітрі.

В зв'язку з цим в світі виникли такі глобальні екологічні проблеми:

– смог;

- кислотні дощі;
- озонові діри;
- глобальні зміни клімату;
- захворювання людей, пов'язані з загальним забрудненням атмосфери;
- зменшення кількості окремих видів рослин та тварин, а також їх повне зникнення.

Хімічні реакції, які відбуваються в повітрі, призводять до виникнення димних туманів – *смогів*. Смоги виникають за таких умов: по-перше, великої кількості пилу і газів, які міста викидають у повітря, по-друге, довгого існування антициклонів, коли забруднювачі нагромаджуються в приземному шарі атмосфери.

Смоги бувають декількох типів.

Вологий (Лондонський) смог характерний для країн з морським кліматом, де дуже часто спостерігаються тумани і висока вологість повітря. Так, за чотири дні Лондонського смогу в 1952 році загинуло понад 4 тис. чоловік.

Фотохімічний, або Лос-анджелеського типу смог відрізняється від вологого смогу своїми властивостями. Клімат в Лос-Анджелесі (США) сухий, тому смог тут утворює не туман, а синювату імлу.

Дослідження вчених свідчать, що смог виникає в результаті складних фотохімічних реакцій у повітрі, забрудненому вуглеводнями, пилом, сажею і оксидами азоту під впливом сонячного світла, підвищеної температури нижніх шарів повітря й великої кількості озону (озон виділяється в результаті розпаду діоксиду азоту під дією олефінів). У сухому, загазованому й теплому повітрі внаслідок впливу сонячного проміння виникає синюватий прозорий туман, який складається з озону (понад 3 мг/м³) й інших речовин, що значно більш токсичні за первинні забруднювачі повітря. Туман неприємно пахне, подразнює очі, горло, спричинює задуху, бронхіальну астму, емфізему легенів. Листя починає в'янути, стає плямистим, набуває сріблястого або бронзового кольору. Набагато прискорюється корозія металу, руйнування мармуру, вапняку, фарби, гуми, синтетичних виробів, швидко псується одяг, взуття, порушується рух

транспорту. У фотохімічних реакціях беруть участь альдегіди, пероксиацетилнітрати (ПАН) та інші речовини. Самі вони сильно подразнюють оболонки очей, носоглотки, впливають на органи кровообігу навіть у зовсім малих концентраціях.

Крижаний (алаяскінський) смог утворюється у містах північних широт за антициклонів, температури $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, при повному штилі та наявності потужних джерел забруднення атмосфери. Краплі водяної пари перетворюються в кристалики льоду, на яких адсорбуються молекули пилових викидів і аерозолів й зависають в повітрі у вигляді густого білого туману.

Смоги характерні для таких міст, які розташовані в гірських котловинах, де застоюється повітря, наприклад, в Лос-Анджелесі, Нью-Йорку, Чикаго, Токію, Мілані.

Парниковий ефект і глобальне потепління клімату. На теперішній час спостерігається зміна клімату, яка виражається у поступовому підвищенні середньорічної температури, починаючи з другої половини ХХ століття. Більшість учених пов'язує це з накопиченням в атмосфері так званих парникових газів. Основним парниковим газом атмосфери є водяна пара, що затримує 60% теплового випромінювання Землі. Приблизно 40% теплового випромінювання Землі затримується іншими парниковим газами, у тому числі понад 20% вуглекислим газом (CO_2). Крім нього до парникових газів відносяться метан (CH_4), хлорфторвуглеводні (ХФВ), озон (O_3), оксиди нітрогену (NO_x) (рис. 15).

Ще в 1827 р. французький фізик Жозеф Фур'є припустив, що атмосфера Землі виконує функцію скла в теплиці: повітря пропускає сонячне тепло, не даючи йому при цьому випаровуватися назад у космос. Цей ефект досягається завдяки деяким атмосферним газам другорядного значення, якими є, наприклад, водяні випари і вуглекислий газ. Вони пропускають більшу частину сонячного випромінювання, але поглинають «далеке» інфрачервоне випромінювання.

На думку Міжурядової комісії зі зміни клімату, «збільшення концентрації

парникових газів призведе до розігріву нижніх шарів атмосфери і поверхні землі... і порушить стійкі типи циркуляції та погоди».

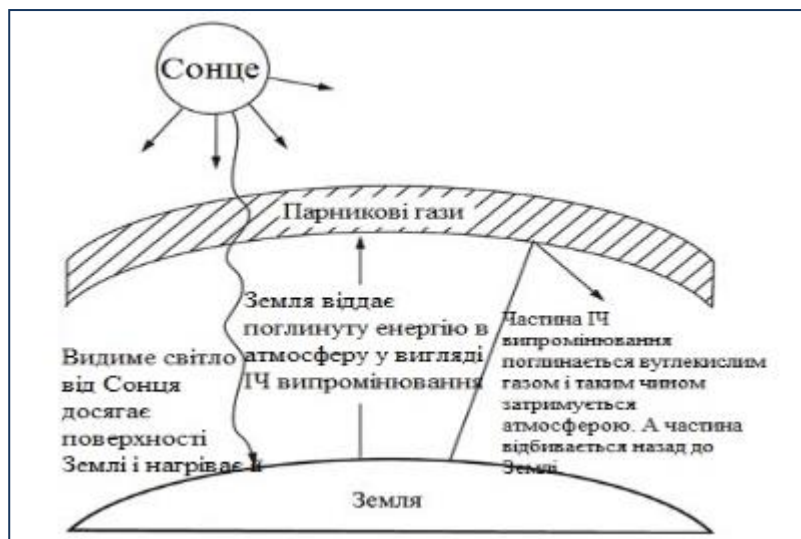


Рис. 15. Схема прояву парникового ефекту

Найбільш катастрофічними для людства є два наслідки глобального потепління клімату. Перший – значне збільшення посушливості в середніх широтах, тобто в основних зернових районах (Україна, «зернові» штати США). Клімат тут стане напівпустельним, і врожаї зерна різко скоротяться.

Другий – це підйом рівня Світового океану на 2-3 м за рахунок танення полярних льодових шапок. Це викличе затоплення багатьох прибережних ділянок, де живуть мільйони людей, міст, портів тощо.

Кліматичні зміни можуть відбуватися не лише завдяки впливу людства на склад атмосфери, а й внаслідок зміни ним типу поверхні Землі. Заміна лісів культурними плантаціями призводить до зниження випаровування й збільшення прямої тепловіддачі. Зменшується жорсткість поверхні, що впливає на циркуляцію шарів атмосфери.

Крім того, людство ще й безпосередньо підігриває атмосферу Землі за рахунок спалювання великої кількості нафти, вугілля, торфу тощо, а також роботи АЕС. Промисловість світу нині виділяє в атмосферу понад $3 \cdot 10^{14}$ МДж тепла щорічно. Ця кількість поки що становить лише 0,01 % енергії Сонця, що досягає атмосфери Землі. Проте в деяких промислових районах концентрація теплової енергії за рахунок промисловості збільшилася вже в сотні разів.

З'явилися теплі ореоли над містами й промисловими центрами, де теплові аномалії вже на кілька градусів перевищують норму. Такі теплі плями добре помітні з Космосу під час теплової зйомки.

Глобальне потепління зовсім не означає потепління скрізь і в будь-який час. Зокрема, в будь-якій місцевості може збільшитися середня температура літа і зменшитися середня температура зими, тобто клімат стане більш континентальним. Згідно з однією з гіпотез, глобальне потепління призведе до зупинки або серйозного ослаблення Гольфстріму. Це викличе істотне падіння середньої температури в Європі (при цьому температура в інших регіонах підвищиться, але не обов'язково у всіх), так як Гольфстрім прогріває континент за рахунок перенесення теплої води з тропіків.

Киотський протокол 1997 року Рамкової Конвенції ООН – міжнародна угода про обмеження викидів в атмосферу парникових газів. Головна мета угоди стабілізувати рівень концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Киотський протокол почав діяти з 16 лютого 2005 року.

На сьогоднішній день підписала та ратифікувала протокол 191 країна, в тому числі більшість промислово розвинутих країн, крім США, які підписали, але не ратифікували угоду.

Кислотні опади. Одна з важливих екологічних проблем, обумовлена закисненням природного середовища – *кислотні дощі*. Терміном «кислотні опади» називають усі види метеорологічних опадів – дощ, сніг, град, туман, дощ зі снігом, рН яких менший, ніж середнє значення рН дощової води (середній рН для дощової води дорівнює 5,6). Кислотний дощ утворюється в результаті реакції між водою і такими забруднюючими речовинами, як оксид сірки (SO_2) і різними оксидами азоту (NO_x). Вступаючи в реакцію з водою атмосфери, вони перетворюються в розчини кислот – сульфатної, сірчистої, нітрогеністої і нітрогенної. Потім, разом зі снігом чи дощем, вони випадають на землю, що й знижує рН дощової води.

Уперше термін «кислотні дощі» був введений у 1812 р. англійським

інженером Робертом Смітом. Кислотні дощі є однією з причин загибелі життя у водоймах, зникненні водоплавних птахів і тварин, засиханні лісів (особливо шпилькових), Через кислотні дощі знижується врожайність більшості сільськогосподарських культур. Вступаючи в реакції з кальцієм та магнієм, які входять до складу будівельних матеріалів, кислотні дощі руйнують пам'ятки архітектури, споруди, особливо ті, що побудовані з вапняку, оздоблені мармуром, трубопроводи, приводять у непридатний стан автомобілі. Кислотні опади дуже негативно впливають на ґрунти. При $pH < 5,0$ починається процес прогресуючого зниження родючості, а при $pH \leq 3$ ґрунти стають практично неродючими.

Яскравим прикладом негативного впливу кислотних опадів на природні екосистеми є закиснення озер (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив рН (кислотності середовища) на гідробіонти

рН	Вплив на організм
7-9,2	Найкращий розвиток організмів
6	Гинуть прісноводні креветки
5,5	Гинуть донні бактерії
5	Гине фітопланктон
4,5	Гине вся риба, більшість жаб і комах

З нагромадженням органічних речовин на дні водойм із них починають вилугуватися токсичні метали. Підвищена кислотність води сприяє високій розчинності таких небезпечних металів, як алюміній, кадмій, ртуть і свинець, з донних відкладень і ґрунтів.

Кислотний дощ завдає шкоди не тільки водній флорі й фауні. Він також знищує рослинність на суходолі. Вплив кислотних дощів знижує стійкість лісів до засухи, хвороб, природних забруднень, що зумовлює ще більш виражену їхню деградацію як природних екосистем.

У багатьох країнах кислотні дощі завдають значних збитків. Так, у Швейцарії від кислотних дощів гине третина лісів, у Великій Британії

висихають 69 % букових і тисових лісів. Від кислотних опадів особливо потерпають закриті водойми – озера й ставки. У Швеції в 4 тис. озер риба повністю зникла. В Україні за останні 35 років площа кислих ґрунтів зросла на 33 %. Кислі ґрунти потребують вапнування, що підвищує собівартість сільськогосподарської продукції.

Руйнування озонового шару атмосфери. Озоновий шар – це повітряний прошарок у верхніх шарах атмосфери (стратосфері), що складається з особливої форми кисню – озону. Молекула озону складається з трьох атомів кисню (O_3). Озоновий шар починається на висотах близько 8 км над полюсами (та 17 км над екватором) і сягає висоти приблизно 35 км. Однак щільність озону дуже низька, і якщо стиснути його до щільності, яку має повітря біля поверхні Землі, то товщина озонового шару не перевищить 3,5 мм. Озон утворюється, коли сонячне ультрафіолетове випромінювання бомбардує молекули кисню. Озоновий шар відкрили у 1913 р. вчені Шарль Фарбі та Андрі Буїсон.

Оскільки озоновий шар поглинає ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвиль менше за 290 нм, то його руйнування призведе до більш високих рівнів ультрафіолетового випромінювання на поверхні Землі. При проникненні цієї радіації до земної поверхні вона пригнічує фотосинтез у рослин, спричиняє опіки шкіри, руйнує ДНК, сприяє росту злоякісних пухлин, особливо раку шкіри. Іншим наслідком підвищеного рівня ультрафіолетового випромінювання стане розігрівання поверхні Землі, а отже, зміна температурного режиму, режиму вітрів і дощів та підвищення рівня моря.

У 1985 р. британські науковці повідомили результати спостереження за атмосферою, згідно з якими за попередні вісім років весняний вміст озону над Північним і Південним полюсами зменшився на 40% – це явище отримало назву «озонових дір». «Озонова дірка» – це локальне зниження концентрації озону в стратосфері на 10-40%. Існують різні причини цього феномену:

- 1) руйнування озонового шару оксидами нітрогену, що надходять із двигунів надзвукових транспортних літаків і ракет;
- 2) особливості циркуляції атмосфери – повітряні потоки з нижніх шарів

атмосфери під час руху вгору розштовхують озон;

3) руйнування озону в атмосфері озоноруйнівними речовинами (ОРР) – хлорфторвуглеводнями.

Цей небажаний і небезпечний процес інтенсивно відбувається під дією деяких хімічних речовин – хлор- і бромпохідних вуглецю (фреони), тетрахлориду вуглецю, метилхлороформу та ін. Особливо небезпечними є фреони (CFCl_3 – фреон 11, C_2FCl – фреон 12, CP_2ClBr – галон 1211), які широко застосовують у техніці й побуті як холодоагенти, розпорошувачі в аерозольних упаковках тощо. Світове виробництво фреонів на початку 90-х років ХХ ст. перевищило 1,4 млн. т за рік. Під дією ультрафіолетового випромінювання фреони розкладаються з виділенням атомарного хлору, який є ефективним каталізатором розщеплення озону на кисень. Так, один атом хлору призводить до розкладання 100 тис. атомів озону. Руйнування озонового шару спричинюють також космічна і ракетна техніка та сучасні надзвукові літаки. Викиди продуктів згоряння палива з їхніх двигунів розкладають озон до кисню та інших сполук.

Внаслідок руйнування озонового шару концентрація озону почала зменшуватися, а в деяких місцях, зокрема над Антарктидою, в ньому часто виникає «пульсуюча діра». Вміст озону в ній менший від звичайного на 40-50%. Ця «діра» чітко виявляється із серпня по жовтень (антарктична весна), а нині вона не зтягується і влітку і має надзвичайно велику площу, що дорівнює площі Антарктиди. Внаслідок цього в країнах південної півкулі Землі спостерігається підвищений ультрафіолетовий фон. Це спричинює збільшення кількості захворювань людей на рак шкіри та катаракту. «Озонову діру» виявлено і в північній півкулі над Антарктикою (Шпіцберген). За оцінками НАСА (США), з 1978 по 1990 рік кількість озону в озоновому шарі зменшилася на 45 %.

З метою запобігання руйнуванню озонового шару атмосфери уряди багатьох країн підписали в 1985 р. у Відні Конвенцію про охорону

атмосферного озону і скорочення виробництва фреонів та інших речовин, що руйнують озон.

У вересні 1987 р. представники 24 країн зустрілися у Монреалі і підписали угоду, за якою зобов'язалися скоротити вдвічі використання озоноруйнівних ХФВ до 1999 р. Однак у зв'язку із ситуацією, що погіршується, у 1990 р. в Лондоні було прийнято поправки до Монреальського протоколу. Відповідно до Лондонських поправок у список регульованих ХФВ увійшло ще десять речовин, і було прийнято рішення припинити використання ХФВ, галогенів і чотирихлористого вуглецю до 2000 р., а метилхлороформу – до 2005 р.

ТЕМА 9. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

У результаті інтенсивного використання людством водних ресурсів відбуваються значні кількісні й якісні зміни в гідросфері. Кількісні зміни полягають у тому, що в певних районах змінюються кількість води, придатної для господарських потреб, водний баланс, режим рік тощо. Якісні зміни зумовлені тим, що більшість річок і озер є не лише джерелом водопостачання, а й тими басейнами, куди скидають промислові, сільськогосподарські й господарсько-побутові стоки.

Основними джерелами забруднення гідросфери є:

- стічні води промислових і комунальних підприємств, води копалень, шахт, нафтопромислових підприємств;
- забруднення радіоактивними відходами, що становлять потенційну небезпеку;
- викиди водного, залізничного та автомобільного транспорту;
- змивання міндобрив і отрутохімікатів із сільськогосподарських угідь, стоки з тваринницьких ферм тощо.

Розрізняють первинне та вторинне забруднення водойм. Первинне пов'язане з надходженням до акваторії відходів господарської діяльності

людини. Вторинним називають забруднення, що розвивається внаслідок біохімічних порушень у життєдіяльності живих організмів морів та прісних вод і веде до втрати природних зв'язків між організмами з різними типами живлення.

Забруднення гідросфери поділяють на:

- хімічне,
- фізичне,
- теплове,
- біологічне.

Найбільш небезпечне **хімічне забруднення** водою різноманітними токсичними речовинами. Хімічне забруднення являє собою зміну природних хімічних властивостей води за рахунок збільшення вмісту в ній шкідливих домішок як неорганічної (мінеральні солі, кислоти, луги, глинисті частинки), так і органічної природи (нафта й нафтопродукти, органічні залишки, поверхнево-активні речовини, пестициди).

Неорганічне забруднення. Основними неорганічними (мінеральними) забруднювачами прісних і морських вод стали різноманітні хімічні сполуки, токсичні для мешканців водного середовища. Це сполуки миш'яку, свинцю, ртуті, хрому, міді, фтору. Більшість із них опиняється у воді внаслідок людської діяльності. Важкі метали поглинаються фітопланктоном, а потім передаються через харчові ланцюги більш високоорганізованим організмам.

До небезпечних забруднювачів водного середовища можна зарахувати неорганічні кислоти й основи, що обумовлюють широкий діапазон рН промислових стоків (1,0-11,0) і здатні змінювати рН водного середовища до значень 5,0 або вище 8,0, тоді як риба в прісній і морській воді може існувати тільки в інтервалі рН 5,0-8,5. До основних джерел забруднення гідросфери мінеральними речовинами і біогенними елементами слід віднести підприємства харчової промисловості й сільське господарство. Зі зрошуваних земель щорічно вимивається близько 6 млн. т солей. Відходи, що містять ртуть, свинець, мідь, зібрані в окремих районах біля берегів, однак певна їх частина виноситься

далеко за межі територіальних вод. Забруднення ртуттю істотно впливає на первинну продукцію морських екосистем, стримуючи розвиток фітопланктону. Відходи, що містять ртуть, звичайно зосереджуються в донних відкладеннях заток або естуаріях рік. Подальша їх міграція супроводжується нагромадженням метилової ртуті і її включенням у трофічні ланцюги водних організмів.

Органічне забруднення. Серед розчинних речовин, що потрапляють в океан із суші, велике значення для мешканців водного середовища мають не тільки мінеральні, біогенні елементи, але й органічні залишки. Винесення в океан органічної речовини оцінюється в 300-380 млн. т/рік. Стічні води, які містять суспензії органічного походження або розчинену органічну речовину, згубно впливають на стан водойм. Осідаючи, суспензії заливають дно і затримують розвиток або зовсім припиняють життєдіяльність мікроорганізмів, які беруть участь у процесі самоочищення вод. При гнитті цих осадів можуть утворюватися шкідливі сполуки й отруйні речовини, такі як сірководень, що призводять до забруднення усієї води в річках. Наявність суспензій ускладнює також проникнення світла крізь товщу води і сповільнює процес фотосинтезу.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) – жири, олії, мастильні матеріали – утворюють на поверхні води плівку, яка перешкоджає газообміну між водою й атмосферою, що знижує ступінь насиченості води киснем. Значний обсяг органічних речовин, більшість з яких не властива природним водам, скидається в ріки разом із промисловими й побутовими стоками. Розкладаючись у водному середовищі, органічні відходи можуть стати середовищем для патогенних організмів. Вода, забруднена органічними відходами, стає практично непридатною для пиття й інших потреб. Побутові відходи небезпечні не тільки тим, що є джерелом деяких хвороб людини (черевний тиф, дизентерія, холера), але й тим, що вимагають для свого розкладання багато кисню. Якщо побутові стічні води надходять у водойми в дуже великих кількостях, то вміст розчинного кисню може впасти нижче рівня, необхідного для життя морських і прісноводних організмів.

Фізичне забруднення води пов'язане із зміною її фізичних властивостей: прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивних речовин і температури. Суспензії (пісок, намул, глинисті частки) потрапляють у водойми головним чином за рахунок поверхневого змиву дощовими водами з сільськогосподарських полів, особливо тоді, коли розорюються водозахисні смуги вздовж річок і орні ділянки наближаються до самого урізу води. Багато суспензій потрапляє у водотоки з діючих підприємств гірничорудної промисловості, таких, як промивні установки, драги тощо. Пил надходить у водойми також з сильними вітрами, особливо в суху погоду. Тверді частки різко знижують прозорість води, пригнічуючи процеси фотосинтезу водних рослин, забивають зябра риб й інших водних тварин, погіршують смакові якості води. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що потрапляють у водойми завдяки викидам АЕС (особливо під час аварій), з частками золи від працюючих ТЕС тощо.

Теплове забруднення водойм є особливим видом забруднення гідросфери. Воно спричинене спуском у водойми теплих вод від різних енергетичних установок. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами в ріки й озера, істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Серед теплових забруднювачів гідросфери перше місце посідають АЕС.

У ріках, які розташовані нижче від діючих ТЕС і АЕС, порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються хворобами й паразитами.

Біологічне забруднення водного середовища полягає у надходженні до водойм із стічними водами різних видів мікроорганізмів, рослин і тварин (віруси, бактерії, грибки, найпростіші, черви), яких раніше тут не було. Багато з них є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Серед біологічних забруднювачів перше місце посідають комунально-побутові стоки, особливо коли вони надходять у водойми без очищення. Проте навіть за наявності очисних споруд деяка кількість вірусів, бактерій тощо все ж не затримується фільтрами й потрапляє у водойми.

Промисловими біологічними забруднювачами є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи. Особливої гостроти біологічне забруднення водойм набуває в місцях масового відпочинку людей (рекреаційні й курортні зони узбережжя морів і озер).

Евтрофікація водойм

Стічні води з сільськогосподарських полів і тваринницьких ферм та деякі промислові містять у своєму складі багато біогенних речовин – органічних сполук нітрогену та фосфору. Багато азоту і фосфору міститься в побутових стічних водах. Зростання вмісту біогенних елементів, особливо фосфатів, у ріках, озерах та інших водоймах спричинює інтенсивний розвиток синьо-зелених та деяких інших водоростей «цвітіння» водойм». Це супроводжується різким зниженням вмісту у воді кисню. Вода стає непридатною для життя, гинуть риба та інші водяні тварини. У водоймах починають переважати анаеробні процеси. Цей процес називають евтрофікацією.

Евтрофікація вод – накопичення у водоймах органічних речовин під впливом антропогенних факторів (забруднення стічними водами) або з природних причин. Підвищення біологічної продуктивності екосистеми відбувається внаслідок збагачення її поживними речовинами (фосфором, азотом та ін.). Ефективними засобами боротьби з евтрофікацією вод є припинення надходження біогенних елементів у водойми, очищення стічних вод, агротехнічні й лісогосподарські заходи, що зменшують винесення біогенних речовин з площі водозабору, і збагачення киснем води.

Забруднення Світового океану.

Світовий океан є безвідмовним приймачем усякого роду відходів. Скид у нього надто великої кількості шкідливих речовин – перетворило океан на загальну стічну яму. Близько 70% забруднення морського середовища пов'язане з наземними джерелами. Забруднення виникає також в результаті судноплавства і скиду відходів у море.

Основні джерела забруднення морських вод:

– скиди промислових і господарських вод безпосередньо у море або з

річковим стоком;

– надходження з суші різних речовин, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах;

– навмисне поховання забруднюючих речовин в морі;

– втрати різних речовин у процесі суднових операцій;

– аварійні викиди з суден або підводних трубопроводів;

– розробка корисних копалин на морському дні;

– перенесення забруднюючих речовин крізь атмосферу.

У моря виносяться величезні кількості речовин як у результаті природних, так і антропогенних процесів. Лише внаслідок природних процесів до Світового океану щороку надходять приблизно 25 млн. тонн заліза, 300-400 тонн марганцю, по 180 тис. тонн міді і цинку.

Нафта й нафтопродукти. Нафта являє собою в'язку маслянисту рідину темно-коричневого кольору. Основні компоненти нафти – вуглеводні (до 98%).

Нафта й нафтопродукти є найбільш розповсюдженими забруднюючими речовинами у Світовому океані. До початку 80-х років в океан щорічно надходило близько 6 млн. т нафти, що складало 0,23% світового видобутку. Найбільші втрати нафти пов'язані з її транспортуванням із районів видобутку. Аварійні ситуації, зливання за борт танкерами промивних і баластних залишків нафти – усе це стало причиною наявності постійних полів забруднення на трасах морських шляхів. Великі маси нафти надходять у моря з річок, з побутовими й зливовими стоками. Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді плівки, утворюючи шари різної міцності.

Нафтова плівка видозмінює спектральний склад й інтенсивність проникнення світла у воді. Плівка завтовшки 30-40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання. Поверхневі нафтові плівки порушують газообмін між атмосферою й океаном. Змінюються процеси розчинення і виділення кисню, вуглекислого газу, теплообміну, міняється відбивна здатність (альbedo) морської води. Від 2 до 4% водної поверхні Тихого й Атлантичного океанів постійно покрито нафтовою плівкою.

Пестициди – це група штучно створених речовин, що використовуються для боротьби зі шкідниками й хворобами рослин. Пестициди поділяються на такі групи: інсектициди – для боротьби зі шкідливими комахами, фунгіциди й бактерициди – для боротьби з бактеріальними хворобами рослин, гербіциди – для боротьби з бур'янами. На сьогодні більш 5 млн. т пестицидів потрапляє на світовий ринок. Близько 1,5 млн. т цих речовин уже ввійшло до складу наземних і морських екосистем повітряним і водним шляхом. Промислове виробництво пестицидів супроводжується виникненням великої кількості побічних продуктів, що забруднюють стічні води. У водному середовищі частіше за інші зустрічаються представники інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів. Синтезовані інсектициди поділяються на три основні групи: хлорорганічні, фосфорорганічні та карбамати. До хлорорганічних пестицидів належать ДДТ і його похідні, що мають період піврозпаду до декількох десятків років і дуже стійкі до біодеградації.

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР). Детергенти (СПАР) належать до великої групи речовин, що знижують поверхневе натягання води. Вони є складовими синтетичних миючих засобів (СМЗ), що широко застосовуються у побуті й промисловості. Разом зі стічними водами СПАР потрапляють у материкові води і морське середовище. Присутність СПАР у стічних водах промисловості пов'язана з використанням їх у таких процесах, як флотаційне збагачення руд, поділ продуктів хімічних технологій, отримання полімерів, поліпшення умов буріння нафтових і газових свердловин, боротьба з корозією устаткування. У сільському господарстві СПАР застосовується в складі пестицидів. Вони утворюють на поверхні води плівку, стійку до біоруйнування. У воді, забрудненій ПАР, спостерігається пригнічення розвитку всіх живих організмів.

Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як) належать до числа розповсюджених і високо токсичних забруднюючих речовин. Вони широко застосовуються в різних промислових виробництвах, тому, незважаючи на очисні заходи, вміст сполук важких металів у промислових стічних водах

досить високий. Значна кількість цих сполук надходять в океан через атмосферу. Для морських біоценозів найбільш небезпечними є ртуть, свинець і кадмій. Ртуть переноситься в океан із материковим стоком і через атмосферу. Близько половини річного промислового виробництва цього металу (910 тис. т/рік) різними шляхами потрапляє в океан. У районах, що забруднюються промисловими водами, концентрація ртуті в розчині й суспензіях сильно збільшується. При цьому деякі бактерії переводять хлориди у високотоксичну метилртуть. Зараження морепродуктів неодноразово призводило до ртутного отруєння прибережного населення. До 1977 р. нараховувалося 2800 жертв хвороби Мінамата, причиною стали відходи підприємства з виробництва хлорвінілу й ацетальдегіду, на яких як каталізатор використовувалася хлориста ртуть. Недостатньо очищені стічні води підприємств надходили в затоку Мінамата.

Свинець – типовий розсіяний елемент, що міститься у всіх компонентах навколишнього середовища: у гірських породах, ґрунтах, природних водах, атмосфері, живих організмах. Свинець активно розсіюється в навколишньому середовищі в процесі господарської діяльності людини. Це викиди з промисловими і побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, із вихлопними газами двигунів внутрішнього згорання. Міграційний потік свинцю з континенту в океан йде не тільки з річковими стоками, але і через атмосферу.

Скидання відходів у море з метою поховання (дампінг). Чимало країн, що мають вихід до моря, проводять морське поховання різних матеріалів і речовин, зокрема, бурового шлаку, відходів промисловості, будівельного сміття, твердих відходів, вибухових і хімічних речовин, радіоактивних відходів. Обсяг поховань склав близько 10% від усієї маси забруднюючих речовин, що потрапляють у Світовий океан. Підставою для дампінгу в море є можливість морського середовища переробляти велику кількість органічних і неорганічних речовин без особливої шкоди для води. Однак ця здатність не може бути безмежною. Тому дампінг розглядається як вимушений захід. Під час скидання

й проходження матеріалу крізь товщу води частина забруднюючих речовин переходить у розчин, змінюючи якість води, інша сорбується частинками суспензії і переходить у донні відкладення. Скидання матеріалів дампінгу на дно і тривала підвищена мутність придонної води призводить до загибелі від ядухи малорухомих форм бентосу. У риб, молюсків і ракоподібних, що вижили, скорочується швидкість росту за рахунок погіршення умов живлення й дихання. Нерідко змінюється видовий склад цього угруповання. Дампінг радіоактивних відходів призвів до підвищення радіоактивності деяких районів (Ірландське море, Японське море, північно-східна частина Атлантики, тихоокеанське узбережжя США та ін.).

Особливим видом забруднення акваторії є **засмічення твердими відходами**, які звичайно називають уламками. Це різні предмети (або їх залишки) з пластику, скла, картону, дерева та інших матеріалів. Особливо небезпечні пластикові уламки, оскільки вони не розкладаються надто тривалий час. Обсяги засмічення Світового океану зростають катастрофічними темпами. твердих відходів нагромадилося вже понад 20 млн. тонн. Засмічення завдає великих збитків водяній флорі та фауні. Велика кількість плаваючого сміття врешті-решт потрапляє до берегів та пляжів.

Забруднення морських вод відбувається нерівномірно. Особливо піддаються забрудненню прибережні та шельфові області, міжматерикові та внутрішньоматерикові моря, куди виносяться потік стічних вод річками; цьому сприяє також розташування у прибережних районах суші значної частини промислових підприємств, а на низькодолах – землеробських угідь. Для районів шельфу найбільш характерне нафтове забруднення. Здатність морських вод до самоочищення від нафтового забруднення залежать від географічної широти, температури води, розміру хвилювання на поверхні моря і т.д. Так, при низьких температурах розкладення нафтопродуктів, які потрапили у морську воду, відбувається повільніше, що веде до їх накопичення і шкідливого впливу.

Забруднення Світового океану призводить до поступового зниження первинної біологічної продукції. За оцінками вчених, вона скоротилася на

10%. Відповідно до цього знижується і щорічний приріст інших мешканців моря.

Особливості екосистеми і антропогенного забруднення Чорного моря.

Чорне море відноситься до внутрішніх морів, які в тій або іншій мірі оточені сушею; за мірою ізолюваності від Світового океану воно поступається тільки Азовському морю. Площа акваторії Чорного моря – 423 тис. км², максимальна глибина – 2112 м.

Солоність моря в центральних частинах біля поверхні складає близько 18 г/кг. Особливістю біотопу є сірководневе зараження; біля 87% об'єму вод позбавлені O² і забруднені H₂S міститься на глибинах від 150-200 м і до дна моря.

Екологічна обстановка в Чорному морі стала помітно гіршати в 60-70 роках ХХ століття. До основних джерел і видів антропогенного впливу на екосистеми Чорного моря відносяться:

- ріки (скорочення прісноводного стоку, внесення в море різних ЗР);
- сільське господарство (внесення в море добрив, пестицидів, часток ґрунту);
- промисловість (внесення в море важких металів, детергентів, нафтопродуктів);
- населені пункти (внесення в море неочищених або недостатньо очищених стоків, патогенних мікроорганізмів, детергентів, нафтопродуктів);
- атмосферне випадання (внесення в море фосфатів, нітратів, ртуті, свинцю, пилу);
- судноплавство (внесення в море нафтопродуктів, екзотів, шумове забруднення морського середовища і т.д.);
- порти (забруднення акваторій, поглиблення дна, прокладка судноплавних каналів, дампінг, перетворення природи лиманів);
- рибний промисел (перелов біологічних ресурсів, пошкодження і руйнування донних угруповань на шельфі);

- видобуток мінеральних ресурсів (пошкодження і руйнування донних угруповань на шельфі);
- захист берегів (зміна умов мешкання крайових угруповань моря, створення застійних зон, збільшення забрудненості вод і донного відкладення);
- рекреація і туризм (мікробне забруднення моря, засмічення прибережної відходами, які довго не руйнуються).

Разом з річковим стоком надходять неочищені або недостатньо очищені промислові, сільськогосподарські і комунально-побутові стоки. Із судноплавання пов'язане фізичне, хімічне і біологічне (мікроорганізми, екзоти) забруднення. Шумове забруднення в «біологічних коридорах» (Босфорській і Керченській протоках, через які проходять відповідно 40 і 10 тисяч суден на рік) створює перешкоди для міграції риб і інших морських тварин.

Днопоглиблювальні роботи і дампінг ґрунтів порушує умови мешкання бентосних форм. Перепромисел морських організмів підриває запаси промислових видів і тих гідробіонтів, які з ними пов'язані в угрупованнях. Донні риболовецькі трали переорюють донні відкладення, замулюють осідання, призводять до замулення територій, де знаходяться мідійні і устричні банки.

Берегозахисні споруди порушують умови мешкання крайових угруповань, які відіграють важливу роль в природному відтворенні багатьох донних і пелагічних видів. Крім того, вони сприяють утворенню застійних зон з підвищеною бактерійною забрудненістю. Масова рекреація, безконтрольний вилов морських організмів також негативно впливають на екологічну обстановку на прибережній території. Особливо небезпечним наслідком масової рекреації є мікробне і вірусне забруднення прибережних вод.

В останні десятиліття виникла загроза «сірководневого вибуху» – підняття рівня сірководню до самого виходу його на поверхню. Уже в наш час верхня межа сірководневої зони в центрі моря піднялася до позначки 100 м, а біля берегів – до 300 м. Цей процес пов'язаний зі скидами в прибережні води великої кількості неокиснених побутових відходів та нафти.

До потенційних забруднювачів Чорного моря можуть бути віднесені хімічні заводи, електрохімічні і металургійні підприємства, цементні заводи, нафтові і інші термінали.

Тривалий час в морської воді зберігаються синтетичні матеріали (капроновий канат зберігається 100-200 років, пластикова пляшка – до 500 років). Чорне море стало приймачем для екзотів, які попали внаслідок випадкової або навмисної інтродукції. Вони успішно пристосувалися, зайняли екологічні ніші інших організмів і стали причиною еколого-економічних проблем. Прикладом є поява в 1940-1950 рр. молюска рапана родом з Японського моря, що поїдає устриць, мідій і інших молюсків.

Чорне море визнане як найбільш забруднене в світі. Стійкий розвиток морської екосистеми Чорного моря потребує безперервної міжнародної співпраці на основі Стратегічного Плану Дій по відновленню і охороні Чорного моря, прийнятого в 1996 р. шістьма причорноморськими країнами.

ТЕМА 10. ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

Ґрунти – це органо-мінеральні утворення, що виникли в результаті взаємодії живих організмів і субстрату (гірських порід – гранітів, вапняків, глин, пісків, тощо), розкладання живих організмів, впливу природних вод та атмосферного повітря.

Ґрунти перерозподіляють значну кількість атмосферної вологи і таким чином регулюють водний баланс суші. Вони є біологічним фільтром і нейтралізатором багатьох антропогенних забруднень і здатні до самоочищення. Самоочищення рослин від токсикантів здійснюється як за рахунок їх транспірації з поверхні листя й стебел, так і завдяки щорічному листопаду, що може сприяти вторинному забрудненню ґрунту в місцях накопичення листя наприкінці періоду вегетації.

Шкідливий антропогенний вплив, стихійні явища природні та посилені людиною, завдають ґрунтам величезної, інколи непоправної шкоди. Це,

насамперед, водна і вітрова ерозія, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, забруднення ґрунту мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами та паливом, перезволоження та засоленість земель (табл. 5).

Таблиця 5

Наслідки антропогенних впливів на ґрунти

Вид впливу	Основні зміни ґрунтів
Щорічне розорювання	Посилена взаємодія з атмосферою, вітрова та водна ерозія, зміна чисельності ґрунтових організмів
Сівозміни, збирання врожаю	Вилучення деяких хімічних елементів, підвищення випаровування
Випас худоби	Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, котра скріплює ґрунт, ерозія, збіднення ґрунтів рядом хімічних елементів, висушування, удобрення гноєм, біологічне забруднення
Випалювання старої трави	Знищення ґрунтових організмів в поверхневих шарах, підсилення випаровування
Зрошення	При неправильному поливанні відбувається заболочення та засолювання ґрунтів
Осушення	Зниження вологості, виникнення вітрової ерозії. Загибель ряду ґрунтових організмів, зміни ґрунтових процесів, накопичення небезпечних для живих організмів токсичних речовин
Стічні води	Зволоження ґрунтів, отруєння ґрунтових організмів, забруднення органічними та хімічними речовинами, зміна складу ґрунтів
Викиди в атмосферу забруднюючих речовин	Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміна їхньої кислотності та складу
Знищення лісів	Посилення вітрової та водної ерозії, посилення випаровування
Вивезення органічних відходів виробництва та фекалій на поля	Забруднення ґрунтів небезпечними організмами, зміна їхнього складу
Шум та вібрація	Сповільнення росту рослин, загибель живих організмів
Енергетичні випромінювання	Сповільнення росту рослин, забруднення ґрунтів

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.

Багаторазовий обробіток ґрунтів різними знаряддями за допомогою потужних і важких тракторів також призводить до втрати родючості.

Через частий обробіток землі *розпилюється поверхня ґрунту*. Через ущільнення ґрунту колесами важких тракторів і комбайнів різко знижується родючість. Нормальна об'ємна маса структурного ґрунту – 1,1-1,2 г/см³ – на багатьох полях змінюється аж до 1,6-1,7 г/см³. У таких ґрунтах майже вдвоє зменшується загальна пористість, різко знижується водопроникна і водоутримуюча здатність, зменшується опірність ґрунту до ерозійних процесів.

Глобальною проблемою сьогодні є дегуміфікація ґрунту, тобто *постійне зменшення вмісту гумусу*, який відіграє провідну роль у формуванні ґрунту, забезпеченні рослин поживними речовинами. Гумус витрачається не тільки на мінералізацію з вивільненням доступних для рослин поживних речовин, а й також виноситься з ґрунту в процесі ерозії, з коренеплодами та бульбоплодами, на колесах транспортних засобів, руйнується під впливом різноманітних хімічних речовин.

Нині в Україні кількість гумусу в ґрунті становить приблизно 3%. Щорічно ґрунти України втрачають за рахунок мінералізації 14 млн. т гумусу, за рахунок ерозії – 19 млн. т.

Мінеральні добрива. Для компенсації втрат мінеральних речовин ґрунтом із зібраним урожаєм і підтримання родючості земель вносять добрива (азотні, фосфорні та калійні). Вносячи добрива, не завжди враховують хімічний склад ґрунту, агротехніку культури, терміни та норми внесення, що призводить до накопичення їх у ґрунті та рослинах, надходження у поверхневі води зі стоком.

Добрива часто містять важкі метали та радіонукліди. 1 т суперфосфату містить 0,7-0,9 кг свинцю, 0,3 кг кадмію, невеликі кількості радіоактивних елементів – урану, радію, торію.

ґрунти України зазнають агрофізичної, фізико-хімічної та ерозійної

деградації.

Агрофізична деградація проявляється в ущільненні, зниженні загальної пористості, втрати структури, підвищенні твердості, утворенні поверхневої кірки, зниженні водопроникності тощо.

Фізико-хімічна деградація полягає у декальцинуванні орного шару, його підкисленні або навпаки, підлуженні, зниженні буферності (кисотно-основної реакції щодо важких металів та пестицидів), а також у забрудненні техногенними відходами – *ксенобіотиками*.

Ерозія ґрунтів (від лат. *erosio* — роз'їдання) — це руйнування його верхнього найродючішого горизонту і підґрунтя під впливом природних та антропогенних чинників. Ерозійна деградація поділяється на водну, вітрову, агротехнічну, іригаційну. Процес руйнування ґрунтів та ґрунтових порід під впливом тимчасових водних потоків, що супроводжується порушенням ґрунту, переносом та відкладанням дрібнозему, являє собою сутність *водної ерозії*. Руйнування ґрунту під дією вітру носить назву *вітрової ерозії – дефляції (видування)* – пилових або чорних бур.

Агротехнічна ерозія – зміщення ґрунту вниз по схилу при оранці. Внаслідок цього на коротких стрімких схилах у при вододільних їх частинах з'являється еродований ґрунт, а біля підніжжя, навпаки, – «намитий», тобто наораний, ґрунт.

Пасовищна ерозія пов'язана з механічним руйнуванням та перемішуванням ґрунту копитами тварин на схилах балок внаслідок збільшення навантаження на обмежену площу пасовища.

Іригація або зрошення – підведення води на поля, що відчувають нестачу вологи і збільшення її запасів у шарі ґрунту, де знаходяться коріння рослин, з метою збільшення родючості ґрунту.

Пестициди. Це збірна назва засобів для боротьби з різноманітними шкідниками сільськогосподарських культур та лісу. Останнім часом перевага віддається пестицидам високого ступеня токсичності, але з коротким періодом життя (пестициди третього покоління). До них відносяться фосфорорганічні

сполуки: дихлофос, карбофос, хлорофос. Період їхнього життя звичайно коливається від декількох днів до тижнів.

Пестициди пригнічують біологічну активність ґрунтів, знищують корисні мікроорганізми, черв'яків, зменшують природну родючість. Крім цього, гинуть комахи – запилювачі, від чого теж різко знижується врожайність деяких сільськогосподарських культур та ін.

Вже сьогодні внаслідок спровокованої людиною пестицидної еволюції близько 500 видів комах є стійкими проти застосовуваних інсектицидів. Така стійкість виникає у рослин, молюсків, гризунів, грибів.

Всі без винятку пестициди належать до отрут широкої дії, і тому, потрапляючи в продукти харчування, вони завдають великої шкоди здоров'ю людей. Окремі пестициди стійкі в довкіллі, здатні до біоаккумуляції, токсичні для людей і тварин (спричинюють отруєння, каліцтва, утворення злоякісних пухлин). На територіях, де інтенсивно застосовуються сільськогосподарські отрутохімікати, у місцевого населення ушкоджуються структури спадковості, порушується діяльність центральної нервової системи, життєво важливих органів, у жінок частішають випадки ускладнення вагітності, народження неповноцінних або мертвих дітей, виникає алергія.

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.

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).

В Україні гострою проблемою є вилучення орних земель під забудову різних промислових об'єктів, а також складування промислових та побутових відходів. *Твердими побутовими відходами* 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.

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.

Негативні наслідки має зрошення й осушення земель. Зрошувані землі дають близько 30 % продукції рослинництва, але створення водойм і зрошення великих територій призводить до підняття рівня ґрунтових вод і зміни їхнього хімічного складу. Відбувається засолення ґрунтів, заболочування, підвищується сейсмічність території.

Внаслідок осушення зникають болота, міліють річки. Меліорація змінює склад рослинності, місця мешкання тварин, призводить до великих втрат лікарських та харчових рослин.

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.

Внаслідок екстенсивного розвитку сільського і лісового господарств, неефективного ведення заповідної та інших природоохоронних справ порушилося співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, лісових та

водних ресурсів, і як наслідок – інтенсивний розвиток ерозійних процесів, ущільнення орного шару ґрунту, зниження його родючості, послаблення стійкості природних ландшафтів України.

Заходи щодо підвищення продуктивності земель та їхньої охорони дуже різноманітні й повинні здійснюватись комплексно, як єдина система.

Рекультивація земель – повне або часткове відновлення ландшафту та родючості ґрунту, порушених попередньою господарською діяльністю, добуванням корисних копалин, будівництвом і т. ін. Вона передбачає вирівнювання земель, лісопосадок, створення парків і озер на місці гірських розробок та інші заходи.

Раціональне землекористування в сільському господарстві включає правильну організацію користування територією, формування культурного агроландшафту. Екстенсивне землеробство призвело до розорювання лучних земель, аж до зрізів русел рік, спадистих і крутих схилів, на яких повинні рости ліси, чагарники і трави.

Важливим напрямком є також організація і дотримання польових, кормових, протиерозійних та інших сівозмін. Поля сівозмін потрібно нарізати за контурами ґрунтових відмін, а не розбивати різноґрунтові ділянки на правильні прямокутники з метою полегшення механізованого обробітку. Для того, щоб зберегти фізичні властивості ґрунтів – структуру, пористість, оптимальний водно-повітряний режим – потрібно різко скоротити повторність обробітку ґрунтів, перейти на прогресивні та ефективні його форми, легкі машини і механізми.

Для постійного невинного підвищення врожайності ґрунтів необхідно здійснити ряд меліоративних заходів.

Меліорація – докорінне поліпшення природних умов ґрунтів з метою підвищення їхньої родючості.

За дією на ґрунт і рослини меліорація поділяється на декілька видів. *Агротехнічні меліорації* передбачають суттєве поліпшення агрономічних властивостей ґрунту шляхом оптимального обробітку із застосуванням

спеціальних прийомів – переривчастого боронування, лункування та інших прийомів для затримання снігу та стічних вод.

Лісотехнічні меліорації здійснюються з метою поліпшення водного режиму та мікроклімату, захисту ґрунтів від ерозії шляхом заліснення схилів, балок і ярів, вододілів і рухомих пісків, розведення лісів загального агрономічного призначення.

Хімічні меліорації поліпшують агрохімічні і агрофізичні властивості ґрунтів шляхом використання вапна, гіпсу, дефекату, торфу, сапропелів, компостів, гною та інших матеріалів, що збагачують ґрунт на органіку.

Гідротехнічні меліорації спрямовані на поліпшення водного режиму шляхом обводнення або осушення, правильним регулюванням водного режиму ґрунту.

Всі ці види меліорації потрібно застосовувати лише на основі науково обґрунтованих потреб, щоб не погіршити стан земель.

ТЕМА 11. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ І ВІДТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ

До біологічних ресурсів належать ресурси рослинного і тваринного світу. Сукупність усіх видів організмів біосфери у сукупності становлять *біоту*. Біорізноманіття України нараховує понад 70 тисяч видів, з них флора — понад 27 тисяч, фауна – понад 45 тисяч видів.

Основними загрозами біорізноманіттю є діяльність людини та знищення природного середовища існування флори і фауни, катастрофічне зменшення площі територій водно-болотних угідь, степових екосистем, природних лісів. Знищення навколишнього природного середовища відбувається внаслідок розорювання земель, вирубування лісів із подальшою зміною цільового призначення земель, осушення або обводнення територій, промислового, житлового та дачного будівництва тощо. Поширення

неаборогенних видів у природних екосистемах викликає значний дисбаланс у біоценозах.

Охорона біологічних ресурсів здійснюється різними шляхами. Найбільш відомою є так звана пасивна охорона, тобто збереження видів тварин і рослин, які підлягають прямому й опосередкованому винищенню. До основних заходів пасивної охорона належать:

– дотримання правил експлуатації ресурсів біосфери (рибальства, мисливства, збору грибів та ягід тощо);

– регулювання об'ємів заготівель, які не повинні перевищувати щорічного приросту популяцій;

– охорона умов проживання видів (наприклад, для риб – якості води, для промислових тварин – якості мисливських угідь, для лісів – якості атмосфери, рівня ґрунтових вод тощо).

Коли пасивної охорони стає недостатньо, проводять комплекс *відтворювальних заходів*.

Охорона тварин і рослин від різних *опосередкованих впливів* включає заходи зі збереження місць проживання видів та боротьбу із шкідливими видами. Погіршення умов існування рослинних і тваринних організмів пов'язане із значним антропогенним навантаженням на природні екосистеми – знищенням лісів, розорюванням степів, меліорацією, забрудненням.

Останніми десятиліттями у всьому світі розпочалися роботи з перетворення флори і фауни – акліматизація, одомашнювання. *Акліматизація* – це заселення певних регіонів новими видами. Якщо території (або акваторії) заселяються видами, які мешкали тут раніше, процес називається *реакліматизацією (інтродукцією)*. Крім цього, фауна диких тварин є невичерпним джерелом для *одомашнювання*, наприклад, хутрових звірів, лосів, сайгаків та ін.

З ініціативи вчених світу у 1948 р. на Міжнародній конференції у м. Фонтенбло (Франція) була створена Міжнародна спілка охорони природи, яка згодом отримала назву «Міжнародний союз охорони природи і природних

ресурсів» (МСОП).

Охорона біологічного різноманіття починається зі збереження генофонду всіх живих істот планети. Виникла ідея створення міжнародної Червоної книги, яка належить видатному англійському зоологу, професору Пітеру Скотту.

Червона книга МСОП – це списки рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів у світі. У Червоній книзі містяться дані про кожен з таких видів (підвидів) назва, особливості біології, поширення, місця перебування, чисельність у природі та її зміни, причини зникнення, заходи з охорони та інша інформація. Червона книга МСОП складається зі сторінок червоного, жовтого, білого та сірого кольорів, куди заносять види залежно від небезпеки, що їм загрожує. *Червоні сторінки* відведені для тих організмів, чисельність яких скоротилася і які перебувають під загрозою зникнення. На *жовті* сторінки потрапили живі організми, чисельність яких скоротилася внаслідок використання людиною місць їх існування. *Білі* сторінки були відведені для рідкісних тварин, які зустрічаються в природі у невеликій кількості. Тобто Червона книга – це не закон, а зібрання фактів.

У 1973 р. МСОП опублікувала детальний уточнений «чорний список» (незворотних утрат), у якому було констатовано, що, починаючи тільки з 1600 р., зникло 63 види ссавців і 55 їх підвидів. Це тур, від якого людина отримала свійську корову, Стеллерова корова (морський ссавець довжиною до 8-10 м, висотою 3,5 м, вагою до 4 т, який жив у морських водах біля островів Беринга, острова Мідного Командорського архіпелагу, відкритий лише у 1741 р. Г. В. Стеллером, а вже до 1768 р., тобто лише за 27 років, знищений у результаті хижацького промислу). Зник дикий кінь – тарпан. Останній мандруючий голуб був убитий у 1899 р. Птахів з 1600 р. знищено до 94 видів – безкрила гагарка, каролінський папуга, лабрадорська гага, дронт та ін. З 1600 р. зникло понад 230 видів інших хребетних тварин, риб, земноводних, плазунів.

Нині встановлено, що швидкість вимирання тварин зростала майже пропорційно збільшенню кількості людей і досягла максимальних значень за останні 100 років. Усього за історію людства вимерло понад 150 видів та

підвидів птахів, а також 110 видів ссавців.

Проте є й система специфічних заходів захисту. Це заповідна справа і так звана біоконсервація.

Заповідна справа – це теорія і практика організації та збереження заповідних територій різних рангів. На заповідних територіях охороняються як окремі носії біорізноманіття – популяції, види, екосистеми, так і середовище проживання в цілому.

Біоконсервація належить до новітніх напрямів біоекології. Це система заходів, спрямованих на збереження генетичної і видової різноманітності шляхом збереження популяційних і видових генотипів окремих особин поза природними місцями проживання – у зоопарках, ботанічних садах, у колекціях культур тощо. Біоконсервація сьогодні розглядається як останній спосіб захисту генетичного й видового біорізноманіття. Сьогодні людство «законсервувало» для нащадків близько 10 % відомої науці сучасної біоти.

По всьому світу створені і продовжують створюватися спеціальні природоохоронні території та об'єкти.

Природоохоронні території та об'єкти різняться за ступенем суворості заповідного режиму. Найбільш суворим заповідним режимом характеризуються *природні заповідники (резервати)* – території, повністю вилучені з будь-якого господарського використання та призначені для збереження інформації про незайману природу, наукових цілей, спостереження за загальним станом природного середовища планети. У заповідниках повністю заборонені всі види господарського використання природних ресурсів, чисельність тварин не регулюється, біотехнічні заходи не проводяться, туризм обмежений або повністю заборонений. Заповідники також є формою збереження генофонду нашої планети.

Від природних резерватів відрізняються *національні парки*. У них природоохоронні функції поєднуються з туризмом, рекреацією. Однією з цілей створення національних парків є відпочинок, тому дозволяється відвідування та перебування туристів на їхній території за певних умов.

Найбільшим у світі є Північно-східний гренландський національний парк, заснований у 1974 р. Найстарішим у світі є *Єллоустонський* національний парк, створений 1872 р. в США з площею у 900 тис. га та дуже різноманітним тваринним світом.

З початку 70-х років XX ст. в усьому світі з ініціативи ЮНЕСКО виконується міжнародна програма «Людина і біосфера» (МАНВ – «Man and Biosphere»). Програмою передбачається здійснення комплексних багаторічних досліджень впливу людства на біосферу та зворотної дії змінених біосферних процесів на здоров'я людини.

Саме за ініціативою ЮНЕСКО, а також ЮНЕП і МСОП, з метою спостереження, вивчення стану й антропогенних змін природного середовища у 70-ті роки XX ст. розпочалося створення *біосферних заповідників (резерватів)* у масштабах планети. Основною метою їх створення стало здійснення глобального або регіонального екологічного моніторингу, прогнозування техногенного впливу на біосферу, порівняльні багаторічні екологічні дослідження, міжнародне співробітництво у галузі контролю, охорони та збереження генофонду біосфери.

Крім природних і біосферних заповідників, національних парків, у світі створені й інші природоохоронні території та об'єкти.

У *заказниках* охороняється лише певна частина природного комплексу, а метою їх створення є збереження і відновлення окремих компонентів природи та підтримка загальної екологічної рівноваги.

Пам'ятки природи – унікальні або типові, цінні для наукової, культурно-освітньої та оздоровчої мети природні об'єкти. Це можуть бути невеликі урочища, окремі об'єкти (водоспади, печери, мінеральні джерела, місця історичних подій тощо), а також природні об'єкти штучного походження (кар'єри, ставки та ін.).

Ботанічні сади створюють для вирощування, акліматизації і дослідження рослин у спеціально створених умовах.

Дендрологічні парки використовуються для охорони і вивчення у

спеціально створених умовах різноманітних видів дерев і чагарників та їх композицій для найбільш ефективного наукового, культурного і рекреаційного використання.

Зоологічні парки мають на меті створення експозицій рідкісних, екзотичних та місцевих видів тварин, збереження їх генофонду, вивчення дикої фауни і розробки наукових основ її розведення у неволі.

Парками пам'ятками садово-паркового мистецтва оголошуються найбільш цінні зразки паркового будівництва з метою їх охорони і використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях.

ГЛОСАРІЙ

АВАРІЯ ЕКОЛОГІЧНА – локальний техногенний інцидент з немасштабними екологічними наслідками, але з можливими людськими жертвами і значними економічними збитками.

АВТОТРОФНІ ОРГАНІЗМИ, АВТОТРОФИ – організми, які створюють необхідні для свого життя органічні речовини з неорганічних у процесі фотосинтезу або хемосинтезу.

АКЛІМАТИЗАЦІЯ – пристосування організмів до кліматичних, фізико-хімічних і ґрунтових умов нового середовища та до нових біоценозів.

АМЕНСАЛІЗМ (від *a...* та лат. *mensa* – стіл, трапеза) – форма взаємозв'язків організмів, за якої один із них продуктами своєї життєдіяльності пригнічує іншого, не маючи користі для себе й не зазнаючи зворотного негативного впливу.

АНАБІОЗ (грец. *anabiosis* – поживлення, від *ana* – знов і *bios* – життя), стан організму, при якому життєві процеси тимчасово припиняються або настільки сповільнені, що відсутні всі видимі прояви життя.

АСЕКТАТОРИ (від лат. *assectator* – вірний супутник) – група видів рослин, властивих конкретному фітоценозу, але які мало впливають на його структуру та створення мікро-кліматичних та ін умов в ньому.

АТМОСФЕРА (від грец. *atmos* – пара та *sphaira* – куля) – газова оболонка, що оточує Землю й обертається разом з нею.

АУТЕКОЛОГІЯ (від *ayto...* та *екологія*) – розділ екології, що вивчає пристосовуваність видів рослин і тварин до умов проживання та спосіб життя виду на рівні організмів і популяцій.

БЕНТАЛЬ (від грец. *benthos* – глибина) – дно водойм, заселене мікроорганізмами, рослинами і тваринами, що мешкають на його поверхні або в товщині ґрунту водойми.

БЕНТОС (від грец. *bentos* – глибина) – сукупність організмів, що мешкають на дні водойм.

БІОГЕОХІМІЯ (від грец. *bios* – життя, *geo* – земля та лат. *chemia* – хімія) – наука, яка вивчає геохімічні процеси, що відбуваються у біосфері за участі організмів.

БІОГЕОЦЕНОЛОГІЯ (від *біогеоценоз* та грец. *logos* – наука) – наука, що вивчає біогеоценози (їх функціонування, саморегуляцію, саморозвиток) та їх сукупність, тобто біосферу.

БІОІНДИКАТОРИ – (грец. *bios* – життя, та лат. *indico* – вказую, визначаю) – група особин (угруповань) рослин чи тварин, за наявністю і станом яких, а також за їхньою поведінкою визначають зміни в навколишньому середовищі.

БІОІНДИКАЦІЯ – (грец. *bios* – життя, та лат. *indico* – вказую, визначаю) екологічна галузь, яка здійснює оцінку стану природного середовища та його окремих компонентів за реакціями живих організмів.

БІОМ (від грец. *bios* – життя, *...oma* – закінчення, означає сукупність) – сукупність біогеоценозів зі схожими характеристиками, що займають значну територію й розвиваються в схожих кліматичних умовах.

БИОМАСА (від грец. *bios* – життя та лат. *massa* – шматок) – кількість живої речовини на одиниці площі або об'єму місцеперебування в момент спостереження.

БИОМОРФА – життєва форма, що визначається систематичним становищем видів, їх формами росту і біологічними ритмами.

БИОСФЕРА (від грец. *bios* – життя та грец. *sphaira* – куля) – область існування живої речовини, оболонка Землі, що охоплює верхні шари літосфери, гідросферу та нижню частину атмосфери.

БИОТА (від грец. *bios* – життя) – живе населення екосистеми будь-якого рангу.

БИОТОП (від грец. *bios* – життя та *topos* – місце) – однорідний за абіотичними факторами середовища простір у межах біоценозу з усім комплексом абіотичних компонентів.

БИОЦЕНОЗ (від грец. *bios* – життя та *ценоз*) історично складена сукупність популяцій різних видів рослин, тварин, мікроорганізмів, які населяють певний біотоп.

БИОЦЕНОЛОГІЯ (від *біоценоз* та грец. *logos* – вчення) – розділ екології, що вивчає біоценози, їх виникнення, розвиток, структуру, розподіл, взаємозв'язки різних біоценозів та їх компонентів.

ВАЖКІ МЕТАЛИ – метали з великою густиною (понад 5 г/см³).

ВИД – територіально й репродуктивно ізольована сукупність популяцій, здатних до схрещування й обміну генами, що має єдину спадкову основу й характеризується низкою якісно специфічних ознак.

ГЕЛЮФІТИ (від грец. *helios* – Сонце та *phyton* – рослина) – рослини, яким для розвитку необхідно багато сонячного світла і у яких навіть за дуже незначного затінення з'являються ознаки пригнічення.

ГЕЛЮФОБИ (від грец. *helios* – Сонце та *phobos* – страх) – організми, які не витримують прямого сонячного світла.

ГЕМІКРИПТОФІТИ (від грец. *kryptós* – потаємний) рослини, бруньки відновлення яких знаходяться на рівні ґрунту.

ГЕОБІОНТИ – організми, що населяють ґрунт.

ГЕОЕКОЛОГІЯ – розділ екології, що досліджує екосистеми (геосистеми) високих ієрархічних рівнів до біосфери включно.

ГЕРБИЦИДИ (від лат. *herba* – трава) – рослина хімічні речовини з групи пестицидів, що застосовуються для знищення небажаної рослинності, в основному бур'янів.

ГЕТЕРОТРОФИ (від лат. *heteros* – інший) – організми, які не здатні самостійно синтезувати органічні речовини з неорганічних, тому живляться готовими органічними сполуками, виробленими іншими організмами.

ГІГРОФІТИ (від гр. *hygros* – вологий та ...фіт(и)) – вологолюбні рослини, які живуть в умовах надмірної вологості – на болотах, сирих луках, берегах річок, у вологому лісі.

ГІДАТОФІТИ (від грец. *hydatos* – вода і *phyton* – рослина) – водні рослини, цілком або більшою своєю частиною занурені у воду (на відміну від гідрофітів, занурених у воду тільки нижньою частиною).

ГОМЕОСТАЗ (від грец. *homoiós* – подібний, *stasis* – нерухомість) здатність

біологічних систем протистояти змінам і зберігати відносну динамічну сталість складу й властивостей.

ГОМОЙОТЕРМНІ (гр. *homoios* – подібний, схожий та *therme* – тепло) – організми, які незалежно від температури навколишнього середовища, підтримують температуру тіла на одному рівні.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ (ГДК) – максимальна кількість шкідливої речовини, яка не впливає на здоров'я людини.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ ВИКИД (ГДВ) – обсяг забруднювачів, що надходять у атмосферу, водойми, ґрунт за одиницю часу з виробничо-господарських об'єктів, перевищення якого негативно впливає на довкілля й загрожує здоров'ю людини.

ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИЙ СКИД (ГДС) – максимальна маса забруднювачів, що дозволена до надходження у водний об'єкт із стічними водами й наступного відведення з нього за одиницю часу для забезпечення норм якості води в контрольному пункті.

ГРУНТ – органомінеральний продукт багаторічної спільної діяльності різних організмів, повітря, води, сонячного тепла й світла.

ГУМУС (від лат. *humus* – земля) – органічна речовина темного кольору, що утворюється в результаті розкладання рослинних і тваринних решток або продуктів життєдіяльності організмів.

ДЕМЕКОЛОГІЯ (від грец. *demos* – народ) – екологія популяцій, розділ екології, що вивчає структурні й функціональні характеристики, динаміку чисельності популяцій, внутрішньопопуляційні угруповання та їхні взаємозв'язки.

ДЕСТРУКТОРИ – організми в екосистемі, що руйнують органічні речовини до молекул меншого розміру, які знову включаються до кругообігу (редуценти).

ДЕТРИТ (від англ. *detritus*) – 1) нагромадження уламків гірських порід, що складаються з скелетів безхребетних тварин, кісток хребетних тварин; 2) сукупність завислих у воді та осілих на дно водойм дрібних (декілька мкм – декілька см) нерозкладених частинок рослинних і тваринних організмів або їхніх виділень.

ДЕЦИБЕЛ – (дБ) одиниця вимірювання інтенсивності звуку.

ДОБСОН ОДИНИЦЯ – одиниця вимірювання товщини озонового шару.

ДОМІНАНТИ (від лат. *dominantis* – панівний) – переважаючі, або домінуючі, в головних шарах біоценозів види рослин (види, що переважають у другорядних шарах, називаються субдомінанти).

ЕВРИ... (від грец. *eurys* – широкий) – частина складних слів, що означає: широкий, різноманітний, великий.

ЕВРИБІОНТИ – організми (види), здатні існувати за значних змін довкілля.

ЕВТРОФІКАЦІЯ (від грец. *eutrophia* – добре харчування) – збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами.

ЕДИФІКАТОРИ (від лат. *aedificator* – будівельник) – види рослин у

рослинному угрупованні, які визначають його особливості, створюють біологічне середовище в екосистемі та відіграють найважливішу роль у формуванні її структури.

ЕКОЛОГІЧНА ВАЛЕНТНІСТЬ – здатність живих організмів пристосовуватися до змін умов середовища існування.

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА – оцінка впливів на довкілля й здоров'я людей усіх видів господарської діяльності та відповідності цієї діяльності чинним нормам і законам про охорону природи, вимогам екологічної безпеки суспільства.

ЕКОЛОГІЧНА НІША – функціональне місце виду в екосистемі, яке визначається сукупністю факторів довкілля, до яких він пристосований і в межах яких можливе його існування у природі.

ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР – будь-який фактор середовища, що здатен тою чи іншою мірою, прямим або непрямим способом впливати на живі організми, в період хоча б однієї фази індивідуального розвитку.

ЕКОЛОГІЯ (від грец. *oikos* – дім, та *logos* – наука) – комплексна наука про виживання у довкіллі, завдання якої – пізнання законів розвитку й функціонування біосфери як цілісної системи під впливом природних та антропогенних факторів.

ЕКОСИСТЕМА – сукупність організмів, які спільно проживають, та умов їх існування, що перебувають у закономірному взаємозв'язку і утворюють систему взаємозумовлених біотичних і абіотичних явищ та процесів.

ЕКОТОН – перехідна територія між двома і більше різними угрупованнями (фізіономічно помітними), наприклад між лісом і лугом або між м'яким і твердим ґрунтом морських біоценозів. Це прикордонна зона, яка може мати значну лінійну протяжність, але завжди буває вузькою від територій самих сусідніх угруповань.

ЕМІГРАЦІЯ В БІОЛОГІЇ – масове виселення особин із займаної території, переміщення надлишку дорослих особин та їх потомства, насіння, спор і т.д. у пошуках нових місцеперебувань.

ЕРОЗІЯ – руйнування гірських порід, ґрунту чи будь-яких інших утворень зі зміною властивостей і цілісності їхньої поверхні.

ЕТОЛОГІЯ (від грец. *ethos* – звичай, характер) наука про біологічні основи поведінки тварин.

ЖИВА РЕЧОВИНА – сукупність організмів нашої планети (за В.І. Вернадським).

ЗАБРУДНЕННЯ – внесення в якесь середовище природне чи антропогенне або виникнення у ньому нових не характерних для нього речовин, агентів, що шкідливо впливають на організми, або перевищення природного середнього багаторічного рівня концентрацій зазначених агентів у середовищі.

ЗАБРУДНЮВАЧ – будь-який фізичний агент, хімічна речовина чи біологічний вид, котрий потрапляє у довкілля чи виникає у ньому в кількостях, що перевищують граничні природні коливання або середній природний фон.

ЗАКАЗНИК – територія або акваторія, на якій охороняються окремі види рослин чи тварин або природні комплекси.

ЗАЛІСНЕННЯ – створення штучних лісонасаджень шляхом сівби насіння лісових порід і висаджування саджанців на раніше безлісних площах чи сприяння відновленню лісу.

ЗАПОВІДНИК – виділена державою територія або акваторія, в межах якої охороняються природні об'єкти, що становлять особливу екологічну, генетичну, культурну та наукову цінність.

ЗАПОВІДНИК БІОСФЕРНИЙ – природно-заповідні території міжнародного значення, в яких охороняються всі оболонки біосфери; і доступ до яких обмежений.

ЗЕЛЕНА КНИГА – списки рідкісних екосистем і тих, що зникають, які потребують особливої охорони.

ЗООЦЕНОЗ (від грец. *zoo* – тварина та *ценоз*) – сукупність усіх тварин-консументів біогеоценозу.

ІММІГРАЦІЯ (від лат. *immigrantis* – той, що вселяється) – вселення в середовище організмів, які раніше в ньому не мешкали.

ІНСЕКТИЦИДИ (від лат. *insektus* – комаха) – хімічні препарати, що призначені для боротьби з комахами – шкідниками сільськогосподарських рослин і тварин.

ІНТРОДУКЦІЯ (від лат. *introductio* – вступ) – переселення видів рослин і тварин за межі природного чи культурного ареалу.

ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ – електромагнітне або корпускулярне випромінювання, яке, взаємодіючи з речовиною, безпосередньо або опосередковано викликає іонізацію та збудження її атомів і молекул.

КАНЦЕРОГЕНИ (від лат. *cancer* – рак) – речовини або фізичні агенти, що спричиняють за певних умов утворення злоякісних пухлин.

КАТАСТРОФА ЕКОЛОГІЧНА – широкомасштабна зміна екологічної та економічної ситуації, яка призводить до повної деградації екосистем, загибелі значної кількості живих істот, тривалої зміни характеру захворювань і надзвичайних соціально-економічних потрясінь.

КЛІМАКС (від грец. *klimax* – драбина) – стан динамічної рівноваги біогеоценозу, що характеризується відсутністю сукцесійних змін.

КЛІМАТ (від грец. *klimatos* – нахил) – багаторічний режим погоди, характерний для даної місцевості в силу її географічного положення.

КОМЕНСАЛІЗМ – тип співжиття особин різних видів, за якого один організм існує за рахунок іншого, не завдаючи йому шкоди.

КОНКУРЕНЦІЯ – тип міжвидових і внутрішньовидових взаємовідносин, за якого популяція або особини у боротьбі за харчування, місцепроживання та інші необхідні для життя умови, впливають один на другого негативно.

КОНСУМЕНТИ – організми, які живляться безпосередньо або через інші організми готовою органічною речовиною, синтезованою автотрофами.

КОРОЗІЯ (від лат. *corrosio* – роз'їдання) – руйнування гірських порід під впливом хімічних агентів чи внаслідок розчинення їх у воді з утворенням карстових форм рельєфу; руйнування металів внаслідок хімічних або електрохімічних процесів взаємодії з навколишнім середовищем.

КРИПТОФІТИ (від грец. *kryptos* – потаємний і *...фит*) рослини, бруньки

відновлення яких знаходяться або під ґрунтом (геофіти), або під водою (гідрофіти).

КРІОСФЕРА (від грец. *kryos* – холод, мороз, лід і *sphaira* – куля) – особлива оболонка Землі, для якої характерні негативні температури повітря, води і порід, а також наявність льоду. Кріосфера включає частину атмосфери, гідросфери та літосфери.

КСЕНОБІОТИКИ (від грец. *xenos* – чужий, та *bios* – життя) – чужорідні для організму хімічні (органічні та неорганічні) сполуки, які не використовуються для вироблення енергії, побудови клітин і тканин (харчові добавки, відходи виробництва, промислові отрути, пестициди, побутова хімія тощо).

КСЕРОФІТИ (від грец. *xeros* – сухий і *phyton* – рослина) – рослини, здатні завдяки ряду пристосувань і властивостей переносити перегрів і зневоднення.

ЛІМІТУЮЧІ ФАКТОРИ – фактори, які при певному наборі умов навколишнього середовища обмежують будь-які прояви життєдіяльності організмів.

ЛІТОРАЛЬ (від лат. *litoralis* – береговий, прибережний) – зона узбережжя морського дна, що осушується під час відпливу. Розташована між рівнем найвищого припливу і найнижчого відпливу. Ширина її звичайно 10-15 м, хоча в окремих випадках може досягати і декількох кілометрів.

ЛІТОСФЕРА – зовнішня тверда оболонка Землі, що включає в себе земну кору й верхню частину мантії.

МЕЗОФІТИ (від *mezo...* і грец. *phyton* – рослина) – рослини, що мешкають в умовах з більш менш достатньою, але не надлишковою кількістю води в ґрунті; проміжна група між ксерофітами і гідрофітами.

МЕЛІОРАЦІЯ (від лат. *mellioratio* – поліпшення) – комплекс організаційно-господарських та технічних заходів, спрямованих на поліпшення властивостей природно-територіальних комплексів для оптимізації використання природного потенціалу земель, води, клімату, рельєфу, рослинності.

МІКРОБОЦЕНОЗ – сукупність усіх редуцентів (бактерій, грибів-сапрофітів) – обов'язкових компонентів біогеоценозу.

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИЙ (моніторинг навколишнього середовища) – це комплексна система спостережень за станом навколишнього середовища, оцінки та прогнозу змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних факторів.

МУТАГЕНИ – будь-які фактори, які у разі впливу на організм збільшують частоту генних і хромосомних мутацій.

МУТАЦІЇ (від лат. *mutatio* – зміни) – раптові природні або штучно спричинені (мутагенами) зміни генотипу, що призводять до змін тих чи інших спадкових ознак організму.

МУТУАЛІЗМ – форма симбіозу, вигідного для обох організмів різних видів, за якого жодна із сторін не може існувати без іншої.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК – охоронювана територія (акваторія), на якій збереглися природні, історично-культурні комплекси, що становлять особливу екологічну, естетичну або історичну цінність, відкрита для регулярного відвідування.

НЕЙТРАЛІЗМ (від лат. *neutralis* – нічийний) – форма співіснування двох видів, коли жоден із них не зазнає впливу іншого.

НІТРАТИ – солі нітратної кислоти, які використовуються як мінеральні добрива.

НООСФЕРА – якісно новий стан біосфери, за якого розумова діяльність і праця людини стають визначальним фактором її розвитку.

НУКЛІДИ (від лат. *nucleus* – ядро) – спільна назва атомів із визначеною кількістю протонів і нейтронів.

ОЗОН – модифікація кисню (O₃), синій газ із різким запахом, сильний окисник, добре розчинний у воді, вибухонебезпечний і токсичний.

ОЗОНОВА «ДІРА» – локальна ділянка озоносфери, де концентрація озону істотно менша за звичайну.

ОНТОГЕНЕЗ (від грец. *ontogenez* – буття й *yevnos* – походження, народження) індивідуальний розвиток організму з моменту утворення зиготи до природної смерті.

ПАРАЗИТИЗМ – специфічна форма співжиття організмів різних видів, з яких один використовує іншого як середовище проживання та джерело живлення.

ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ – нагрівання нижніх шарів атмосфери внаслідок того, що порівняно короткохвильове випромінювання сонячне видимого діапазону проникає в атмосферу й поглинається в основному тільки на поверхні Землі, нагріваючи її.

ПАСПОРТ ЕКОЛОГІЧНИЙ – комплексний екологічний документ, на основі якого визначається вплив об'єкта людської діяльності на довкілля з метою контролю й мінімізації цього впливу.

ПАСПОРТИЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНА – функція державного обліку об'єктів людської діяльності з метою їх класифікації та інвентаризації за особливостями впливу на довкілля (типами і обсягами забруднень) для розроблення планів і програм екологізації та еколого-безпечного розвитку.

ПЕДОСФЕРА (від грец. *pedo* – ґрунт і *sphaira* – куля, сфера) – ґрунтова оболонка Землі.

ПЕСТИЦИДИ – загальна назва хімічних препаратів, для боротьби зі шкідниками й хворобами сільськогосподарських рослин, бур'янами, різними переносниками інфекційних захворювань людини й тварин.

ПРАМІДА БІОМАС – графічна модель, що відображає послідовність розташування біомас популяцій екосистеми, основою якої слугує перший трофічний рівень – біомаса продуцентів.

ПРАМІДА ВІКОВА – графічна модель розподілу вікових груп у природних популяціях, в якій число особин або їх частка у вікових групах зображується у вигляді розташованих за рангом один над одним прямокутників.

ПРАМІДА ЕНЕРГІЙ – графічна модель передавання потоку енергії та продуктивності в екосистемі від одного трофічного рівня до іншого.

ПРАМІДА ЧИСЕЛ – графічна модель розподілу чисельності популяцій у ланцюгах живлення екосистеми, основою якої слугує трофічний рівень, тобто чисельність продуцентів.

ПЛАНКТОН (від грец. *planktos* – блукаючий) – сукупність дрібних організмів,

що живуть у товщі води у завислому стані та не можуть активно протистояти перенесенню течією.

ПОЙКІЛОТЕРМНІ (від грец. *poikilos* – різний, мінливий та *therme* – тепло) – організми, які не мають постійної температури тіла, тобто температура їх тіла змінюється залежно від температури навколишнього середовища.

ПОЛЮТАНТИ – речовини антропогенного походження, що забруднюють середовище проживання живих істот.

ПРАВИЛО ПІРАМИДИ БІОМАС – сумарна маса рослин більша, ніж біомаса фітофагів і травоїдних, а маса останніх перевищує масу хижаків.

ПРАВИЛО ПІРАМИДИ ЕНЕРГІЙ – під час переходу з нижнього трофічного рівня на вищий витрачається близько 90% енергії.

ПРАВИЛО ПІРАМИДИ ЧИСЕЛ – загальна кількість особин, які беруть участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшується.

ПРОДУЦЕНТИ – організми автотрофні й хемотрофні (рослини і бактерії), які синтезують органічні речовини з простих неорганічних за допомогою процесів фотосинтезу або хемосинтезу.

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ – наявність або процес поширення радіоактивних речовин у межах радіаційного поля в обсягах, які перевищують їхній природний вміст у довкіллі.

РАДІОАКТИВНІСТЬ – самочинне перетворення нестійкого нукліда в інший нуклід, що супроводжується виникненням іонізуючого випромінювання.

РАДІОЕКОЛОГІЯ – наука, що досліджує різноманітні аспекти дії іонізуючого випромінювання на екосистеми.

РЕДУЦЕНТИ – організми, які в процесі своєї життєдіяльності розкладають мертві органічні речовини до мінеральних.

РЕКРЕАЦІЙНЕ НАВАНТАЖЕННЯ – ступінь впливу відпочиваючих людей на рекреаційні об'єкти (лісові, водні, гірські та інші зони відпочинку, турбази тощо).

РЕКРЕАЦІЯ (від лат. *recreation* – відпочинок) – система заходів, пов'язаних із використанням вільного часу людей для оздоровлення, культурно-пізнавальної діяльності на специфічних територіях поза місцями їх проживання; вплив людини на довкілля під час відпочинку.

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ – штучне відновлення ґрунтового й рослинного покриву після техногенного його порушення.

РЕКУПЕРАЦІЯ (від лат. *recuperation* – зворотне одержання) – повернення частини матеріалів та енергії для повторного використання в тому самому технологічному процесі.

РИЗОСФЕРА (від грец. *rhiza* – корінь і *sphaira* – куля) – шар ґрунту (2-3 мм), що безпосередньо оточує корінь і характеризується підвищеним вмістом мікроорганізмів.

САНАЦІЯ (від лат. *sanatio* – лікування) – заходи з модернізації екологічно брудних підприємств та очищення забруднених територій.

САПРОТРОФИ (від грец. *sapros* – гнилий та *τροφ*) – гетеротрофні організми, що живляться органічними сполуками решток мертвих рослин і тварин або виділеннями живих.

САПРОФІТИ (від грец. *sapros* – гнилий та *phiti*) – рослинні організми, що живляться органічними сполуками решток мертвих рослин і тварин або виділеннями живих.

СИНЕКОЛОГІЯ (від грец. *syn* – разом) – розділ екології, що вивчає багатовидові угруповання організмів (екосистеми, біоценози), шляхи їх формування та взаємозв'язки з довкіллям.

СМОГ (від. англ. *smog* – туман) – видиме сильне забруднення повітря, що характеризується поєднанням частинок пилу, краплин води, газоподібних забруднень та диму.

СТЕНО... (від грец. *stenos* – вузький) – частина складних слів, що означає: вузький, обмежений, дрібний, бідний.

СТЕНОБІОНТИ – тварини й рослини, що можуть жити лише в певних умовах середовища, за незначних коливань температури, вологості, тиску і т.д.

СУКЦЕСІЯ (від грец. *succession* – спадкоємець) – послідовна і необоротна зміна складу і структури біоценозу, що зумовлена зовнішніми факторами.

СЦЮФІТИ – тіньолюбні рослини.

ТЕРИКОН – конусоподібний настил із пустої (без корисних копалин) породи біля шахти чи рудника.

ТЕРОФІТИ – (від грец. *theros* – літо і *phiti*) – однорічні рослини, що переживають несприятливі умови (холодну зиму або посушливе літо) у вигляді насіння або спор.

ТЕХНОЕКОЛОГІЯ – прикладний екологічний напрям, пов'язаний із такими об'єктами людської діяльності, як енергетика, промисловість, транспорт, космос, сільське господарство і т.д.

ТОПІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це форми зв'язків між популяціями біоценозі, коли особини одного виду змінюють фізико-хімічні умови існування іншого виду. Особливу роль у формуванні середовища існування відіграють рослини.

ТРОФІЧНА МЕРЕЖА – система переплетених між собою ланцюгів живлення в межах біогеоценозу .

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність організмів, об'єднаних схожим типом живлення.

ТРОФІЧНИЙ РІВЕНЬ – сукупність організмів, об'єднаних схожим типом живлення (автотрофи, рослиноїдні, м'ясоїдні та ін.). Перший Т. р. займають продуценти – рослини, другий – рослиноїдні тварини, третій – хижакі, які живуть за рахунок рослиноїдних організмів, четвертий – організми, що споживають хижаків третього Т. р.

ТРОФІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – зв'язки живлення організмів у біоценозі. Розрізняють Т. з. прямі і опосередковані. Прямі – коли організми одних видів самі є їжею або постачають їжу іншим видам. Опосередковані виникають тоді, коли особини двох видів конкурують між собою за їжу або один з них створює доступні чи недоступні умови для живлення іншого.

УРБАНІЗАЦІЯ (від лат. *urbanus* – міський) – соціально-демографічний процес, що полягає в рості чисельності міського населення, кількості та розмірів міст.

УРБОЕКОЛОГІЯ – розділ екології, що вивчає проблеми міст і їх мешканців у

взаємозв'язку з довкіллям.

ФАБРИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це використання одним видом продуктів життєдіяльності інших видів для влаштування (фабрикацій) свого помешкання. Наприклад, птахи використовують для спорудження своїх гнізд гілочки дерев, вовну ссавців, траву, пір'я інших видів птахів.

ФАКТОРІАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ те саме що аутокологія.

ФАНЕРОФІТИ – (від грец. *phaneros* – видимий) життєва форма рослин, у яких бруньки стійкі до несприятливих умов, розміщені на стеблі високо над рівнем ґрунту (до 15 м і вище) і існують кілька або багато років.

ФАУНА (від лат. *Fauna* – богиня лісів і полів, покровителька стад тварин) сукупність видів тварин, що мешкають на певній території або акваторії.

ФЕНОЛОГІЯ (від грец. *phainomena* – явища), система знань про сезонні явища природи, терміни їх настання і причини, що визначають ці терміни.

ФІТОМЕЛІОРАНТИ – це рослини (ріпак, гірчиця, буркун, кормове просо, вико-вівсяна суміш) сидеральних і так званих комбінованих парів, які дозволяють, зберігши цінні якості парів як для накопичення вологи і очищувачів від бур'янів, збагатити ґрунт органічними речовинами і різко знизити небезпеку ерозії, вітрової і водної.

ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ – один з напрямів прикладної екології, в межах якого досліджуються, прогнозуються, моделюються і створюються рослинні системи, чия діяльність спрямована на поліпшення геофізичних, геохімічних, санітарно-гігієнічних, біотичних, інтродукційних, просторових і естетичних характеристик екосистем.

ФІТОЦЕНОЗ – сукупність усіх продуцентів біоценозу.

ФІТОЦЕНОЛОГІЯ – наука, що вивчає рослинні угруповання.

ФЛОРА (від лат. *Flora* – богиня квітів і весни) – історично сформована сукупність видів рослин, поширених на конкретній території або на території з певними умовами в даний час або в минулі геологічні епохи.

ФОРЕЗІЯ – це перенесення тваринами інших дрібних тварин. Поширена переважно серед дрібних членистоногих, особливо в різноманітних груп кліщів.

ФОРИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ – це участь одного виду в поширенні іншого (наприклад: перенесення тваринами насіння, спор, пилку рослин).

ФОТОПЕРІОДИЗМ (від грец. *photos* – світло і *periodos* – круговерть) – реакція живих організмів (рослин і тварин) на добовий ритм освітленості, тривалість світлового дня і співвідношення між темним і світлим часом доби (фотоперіоду).

ФОТОСИНТЕЗ (від грец. *photos* – світло і *synthesis* – сполука) – процес утворення органічних речовин з вуглекислого газу і води на світлі за участю фотосинтетичних пігментів (хлорофіл у рослин, бактеріохлорофіл і бактеріородопсин у бактерій).

ФРЕОНИ – фторо- та хлоровмісні ненасичені вуглеводні, що широко використовуються як холодоагенти в холодильній техніці й наповнювачі аерозольних упаковок.

ХАМЕФІТИ (від грец. *chamai* – приземкуватий, карликовий) рослини, зимуючі бруньки відновлення яких знаходяться невисоко над поверхнею

грунту.

ХЕМОСИНТЕЗ – автотрофний тип живлення, який ґрунтується на засвоєнні вуглекислого газу за рахунок окиснення неорганічних сполук без участі кисню.

ХИЖАЦТВО – форма взаємозв'язків між організмами різних видів, з яких один поїдає іншого, але спочатку нападає, а потім убиває.

ЧЕРВОНА КНИГА – список рідкісних видів і видів, які зникають, тварин і рослин, що потребують охорони.

ЯРУС – структурна частина фітоценозу, відокремлена від ін. морфологічно, флористично, екологічно й фітоценотично.

ЯРУСНІСТЬ – вертикальне розташування рослинних угруповань.

Додаток А

**Основні міжнародно-правові акти у сфері охорони довкілля за участі
України**

Назва міжнародно-правового акта	Дата прийняття	Дата набуття чинності	Дата ратифікації Україною
Договір про Антарктику	01.12.1959	23.06.1961	17.09.1992
Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовища існування водоплавних птахів	02.02.1971	21.12.1975	29.10.1996
Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини	16.11.1972	17.12.1975	04.10.1988
Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої флори і фауни, що перебувають під загрозою зникнення	03.03.1973	01.07.1975	30.12.1999
Боннська конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин	23.06.1979	01.11.1983	19.03.1999
Бернська конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі	19.09.1979	01.06.1982	29.10.1996
Конвенція Організації Об'єднаних Націй з морського права	10.12.1982	16.11.1994	03.06.1999
Віденська конвенція про охорону озонного шару	22.03.1985	22.09.1989	20.05.1986
Монреальський протокол про речовини, що руйнують озонний шар	16.09.1987	01.01.1989	20.09.1998
Угода про збереження кажанів в Європі	04.12.1991	06.01.1994	14.05.1999
Конвенція про охорону і використання транскордонних водотоків і міжнародних озер	17.03.1992	06.10.1996	01.07.1999
Конвенція про захист Чорного моря від забруднення	21.04.1992	15.01.1994	04.02.1994
Рамкова конвенція ООН про зміну клімату	09.05.1992	21.03.1994	29.10.1996
Декларація Ріо-де-Жанейро з навколишнього середовища і розвитку	03.06.1992	-	-
Конвенція про охорону біологічного різноманіття	05.06.1992	29.12.1993	29.11.1994

Угода про збереження афро-євразійських мігруючих водно-болотних птахів	16.06.1995	01.11.1999	04.07.2002
Київський протокол до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату	11.12.1997	16.02.2005	04.02.2004
Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості у прийнятті рішень і доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля	25.06.1998	30.10.2001	06.07.1999
Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття	29.01.2000	11.09.2003	12.09.2002
Стокгольмська конференція про стійкі органічні забруднювачі	22.05.2001	17.05.2004	-

ЛІТЕРАТУРА

1. Вінічук М.М. Загальна екологія : навч. посібн. Житомир : Житомирська політехніка, 2021. 184 с.
2. Волошина Н.О. Загальна екологія та неоекологія: навч. посіб. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. 335 с.
3. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. К.: Знання, 2007. 422 с.
4. Екологія / Ю. П. Бобильов, В. В. Бригадиренко, В. Л. Булахов, В. А. Гайченко та ін.; за ред. О. Є. Пахомова. Харків: Фоліо, 2014. 666 с.
5. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія. Суми: Університетська книга, 2023. 416с.
6. Кучерявий В. П. Загальна екологія. Львів : Веретельник О.О., 2019. 520 с.
7. Маленко Я. В., Ворошилова Н. В., Кобрюшко О. О., Перерва В. В. Загальна екологія : навч. посіб. Кривий Ріг : КДПУ, 2023. 231 с.
8. Музиченко О.С. Загальна екологія та неоекологія. Частина І. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів спеціальності 101 «Екологія». Луцьк : Вежа-Друк, 2021. 31 с.
9. Музиченко О.С., Цьось О.О. Структура флори рослинних угруповань міста Луцька з участю *Solidago canadensis* L. Проблеми хімії та сталого розвитку. № 3. 2022. С. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-8>
10. Мягченко О. П. Основи екології. К.: Центр учбової літератури, 2010. 312 с.
11. Олійник Я. Б., Шищенко П. Г., Гавриленко О. П. Основи екології. К.: Знання, 2012. 558с.
12. Рома В.В., Степова О.В. Загальна екологія (та неоекологія): навч.-метод. посіб. для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Полтава: ПолтНТУ, 2014. 164с.
13. Соломенко Л.І., Боголюбов В.М., Волох А.М. Загальна екологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 346 с.
14. Федоряк М. М., Москалик Г. Г. Основи екології. Чернівці: ЧНУ, 2009. 336 с.
15. [Malovanyu, Myroslav S., Boiaryn, Maria, Muzychenko, Oksana, Tsos, Oksana](#) Assessment of the environmental state of surface waters of right-bank tributaries of the upper reaches of the Pripet River by macrophyte index MIR. *Journal of Water and Land Development*. 2022. №5. P. 97-103. DOI: [10.24425/jwld.2022.142310](https://doi.org/10.24425/jwld.2022.142310)