

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

## **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
спеціальності 101 – Екологія  
Частина II

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри  
харчових технологій  
*Протокол № 6*  
*від 26.06.23*

Чернігів 2023

Загальна екологія. Конспект лекцій для ЗВО спеціальності 101 – Екологія.  
Частина II / Укл.: Буяльська Н.П. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка»,  
2023. – 65 с.

Укладач: БУЯЛЬСЬКА НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА, кандидат технічних наук,  
доцент

Відповідальний за випуск: ХРЕБТАНЬ ОЛЕНА БОРИСІВНА, завідувач кафедри  
харчових технологій, кандидат технічних  
наук, доцент

Рецензент: Челябієва Вікторія Миколаївна, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри харчових технологій Національного  
університету «Чернігівська політехніка»

<b>Зміст</b>	<b>Стор.</b>
<b>Вступ</b> .....	4
<b>Лекція 1.</b> Екосистема (Частина I).....	5
<b>Лекція 2.</b> Екосистема Частина (II).....	15
<b>Лекція 3.</b> Екосистема (Частина III).....	20
<b>Лекція 4.</b> Сучасні уявлення про біосферу (Частина I).....	25
<b>Лекція 5.</b> Сучасні уявлення про біосферу (Частина II).....	30
<b>Лекція 6.</b> Основні середовища життя в біосфері .....	34
<b>Лекція 7.</b> Глобальні екологічні проблеми сучасності.....	39
<b>Лекція 8.</b> Екологічні проблеми України.....	48
<b>Лекція 9.</b> Прикладні аспекти екології (Частина I).....	53
<b>Лекція 10.</b> Прикладні аспекти екології (Частина II).....	58
<b>Рекомендована література</b> .....	64

## Вступ

Комплексний негативний вплив господарської діяльності на навколишнє середовище проявляється на рівні окремих екосистем та біосфери. Воно спричиняє появу екологічних проблем, деякі з яких (зміна клімату) загрожує сучасній цивілізації. У зв'язку з цим зусилля світової спільноти спрямовані на якнайшвидший перехід країн до зеленої економіки. Вирішення проблем не може бути знайдено без наукових та прикладних результатів досліджень у галузі екології. Теоретична база для організації природоохоронних заходів надається майбутнім спеціалістам-екологам, насамперед, при проходженні лекційного курсу з навчальної дисципліни «Загальна екологія».

Друга частина конспекту лекцій з дисципліни «Загальна екологія» включає наступні теми: «Екосистема», «Сучасні уявлення про біосферу», «Основні середовища життя в біосфері», «Глобальні екологічні проблеми сучасності», «Екологічні проблеми України», «Прикладні аспекти екології».

Завдяки вивченню зазначених тем здобувачі вищої освіти отримують сучасні наукові знання про структуру, різноманітність, функціонування екосистем та біосфери, сучасні глобальні екологічні проблеми, такі як зміна клімату, руйнування озонового шару, глобальне забруднення, скорочення біорізноманіття, а також екологічні проблеми, що спостерігаються на території України. Крім того, вони знайомляться з такими прикладними напрямками використання екологічних даних, як екологічні основи інтродукції, біологічні методи боротьби зі шкідниками, фітомеліорація.

Після кожної лекції передбачено перелік контрольних питань, що дозволяє студентам самостійно оцінити рівень оволодіння вивченим матеріалом.

Лекції ґрунтуються на сучасних наукових даних та включають численні приклади, у тому числі ті з них, які враховують регіональний аспект та присвячені Чернігівській області.

## Лекція 1. Екосистема (Частина I)

1.1 Структура та класифікація екосистем.

1.2 Продуктивність екосистем.

1.3 Роль фітоценозу, мікробоценозу, зооценозу в екосистемах.

### 1.1 Структура та класифікація екосистем

Екосистема (синонім – «біогеоценоз») – це просторова система, що охоплює історично сформований комплекс живих істот і неживих компонентів середовища їх проживання, які об'єднані спільними процесами саморегуляції і кругообігу речовин. Таким чином, в кожній екосистемі є два основні компоненти: організми (які утворюють біоценози), з одного боку, і фактори неживої природи – з іншого. Сукупність організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів та інших) називають біотою. Ділянку поверхні землі з більш-менш однотипними умовами існування (грунтом, мікрокліматом тощо), що входить до складу екосистеми, називають біотопом. Таким чином, кожна екосистема складається з біоценозу та біотопу. Взаємодія біоценозів з біотопами відбувається через речовинно-енергетичний обмін.

Абіотичні компоненти екосистем: 1) ресурси, тобто такі фактори, що використовуються живими організмами та розподіляються між ними (вода, поживні речовини тощо); 2) умови існування – абіотичні фактори, які не витрачаються в процесі життєдіяльності та однаковою мірою впливають на всі живі організми в даній екосистемі (температура, рН ґрунту тощо).

Біота екосистем включає види з різною екологічною характеристикою, наприклад: 1) автохтонні види – об'єкти живої природи, що населяють певну місцевість, де вони виникли в процесі еволюції. Так картопля є автохтонним видом Південної Америки; 2) алохтонні види – організми, що населяють певну місцевість але виникли в процесі еволюції в іншій місцевості. В області сучасного поширення вони потрапили в результаті розселення. Так, в Північній Америці є кілька видів колібри, що переселилися з Південної Америки; 3) релікти – види організмів, зазвичай рідкісних, раніше широко поширених, які залишилися існувати на незначній території, і збереглися з минулих геологічних часів; 4) ендеміки – види, (рід, родина тощо), які зустрічаються лише в певній місцевості, ізольованій здебільшого географічно чи екологічно; 5) убіквісти – види широкої екологічної амплітуди, здатні нормально існувати і розвиватися у багатьох екосистемах, пристосовуватись до різноманітних умов навколишнього середовища, що сприяє їхньому поширенню в багатьох природних зонах. Наприклад, вовк, ареал якого простягається від тундри до напівпустелі і пустелі; 6) космополіти – види (роди та інші), які поширені в усіх частинах земної кулі. Космополітів набагато більше серед водних організмів, що пояснюється стабільнішими умовами зовнішнього середовища, багато їх також серед тварин, які живуть поряд з людиною (синантропи); 7) інтродуковані види – види, штучно вселені людиною (бажаним кінцевим результатом інтродукції є формування нових життєздатних популяцій із необхідним рівнем продуктивності або участі у функціонуванні місцевих екосистем. Комплекс адаптацій (приспосовань), який

охоплює можливі морфологічні, генетичні й екологічні зміни має назву акліматизація, тобто формування нової популяції, пристосованої до місцевих умов); 8) інвазивні види – чужорідні види, інтродуковані навмисно або ненавмисно за межами їхніх природних середовищ існування, де вони осіли, розмножуються й поширюються в способи, що завдають шкоди середовищу, до якого вони потрапили. Наприклад, інвазивним (за даними 2022 року) ймовірно може стати *Tomoxia bucephala* (Coleoptera: Mordellidae), вперше виявлений у США у 2015 році. Раніше цей вид зустрічався лише у Палеарктиці, у тому числі на території Чернігівської області.

Екосистеми характеризуються рядом параметрів. Параметри екосистеми – показники, що відображають властивості екосистеми: біологічна продуктивність, інтенсивність кругообігу, різноманітність та інші.

Для характеристики екосистем звичайно використовують досить великий набір ознак: 1) видовий склад живих організмів, типовий для даної екосистеми; 2) співвідношення в екосистемі організмів із різними типами живлення; 3) розмір створюваної в екосистемі первинної та вторинної біопродукції; 4) інтенсивність потоку енергії через екосистему та швидкість кругообігу речовин; 5) режим абіотичних умов та ресурсів.

Закономірності в існуванні екосистем: 1) чим різноманітніші умови біотопів у межах екосистеми, тим більше видів містить відповідний біоценоз; 2) чим більше видів містить екосистема, тим менше особин нараховують окремі популяції; 3) чим більша видова різноманітність біоценозу, тим більша екологічна стійкість екосистеми; 4) експлуатовані людиною системи, що представлені одним видом або дуже малим їх числом (агроценози з землеробськими монокультурами), нестійкі за своєю природою і не можуть самопідтримуватися; 5) екосистеми мають певну стабільність і чітко виражений внутрішній кругообіг речовин, вони здатні певною мірою до саморегуляції (гомеостаз); 6) між компонентами екосистеми існує обмін речовин та енергії, у термодинамічному відношенні екосистеми – відкриті системи; 7) екосистеми склалися в ході довготривалої еволюції як результат адаптації видів до навколишнього середовища; 8) у екосистемах існують три екологічні групи організмів: продуценти, консументи, редуценти.

Екосистема може бути різних розмірів і складності. Залежно від розмірів екосистеми виділяють: 1) мікроекосистеми (невелика, тимчасова, перебуває в обмеженому просторі: наприклад, стовбур гниючого дерева); 2) мезоекосистеми (ліс, ставок); 3) макроекосистеми (охоплює величезні території чи акваторії, що визначаються характерним для них макрокліматом і відповідають цілим природним зонам (тундра, тайга, степ, пустеля, савана, листяні і мішані ліси помірного поясу, субтропічні і тропічні ліси, а також морські екосистеми).

За ступенем трансформації людською діяльністю екосистеми поділяються на: 1) природні; 2) антропогенні (сільськогосподарські угіддя, садки, очисні споруди тощо).

Антропогенні екосистеми можуть бути розділені на: 1) природні антропогенні (ставок, водосховище, канал, парк, лісопарк, сад, поле, пасовище тощо); 2) штучні (акваріум, теплиця, парник тощо). Деякі природні антропогенні

екосистеми (наприклад, ставок, водосховище, канал, парк, лісопарк, сад) можуть існувати тривалий час без підтримки людини, хоча в цьому випадку їх структура може сильно змінитися. Інші екосистеми цього типу (наприклад, агроценоз) без участі людини протягом декількох років перетворюються в екосистему іншого типу, в зв'язку з тим, що на їх місці виникають екосистеми природного походження (ліс, луг і ін.).

Місто також антропогенна екосистема (урбоекосистема). Урбоекосистема має наступні особливості: 1) залежність, тобто необхідність постійного надходження ресурсів та енергії; 2) нерівноважність, тобто неможливість досягнення екологічної рівноваги; 3) постійне акумулювання твердої речовини, що призводить до підвищення рівня поверхні міста (формування культурного шару, який в старих містах досягає декількох метрів).

Найбільш стійкими в часі серед антропогенних екосистем виступають водні екосистеми (ставки і водосховища) і деякі наземні (старі парки і сади). Їх відносна стійкість забезпечується великою різноманітністю видів, що входять в екосистему, в порівнянні з іншими антропогенними екосистемами. Зазвичай вплив людини на ці екосистеми мінімальний, і за своїми екологічними характеристиками вони наближаються до природних екосистем.

Розрізняють також: 1) наземні (тундра, ліси, степи, пустелі); 2) водні – прісноводні і морські екосистеми.

Прісноводні екосистеми поділяють на три групи: 1) водойми зі стоячою водою (озера, ставки, калюжі); 2) протічні водойми або водотоки (джерела, струмки, річки); 3) заболочені ділянки (болота) з рівнем води, що коливається протягом різних сезонів або років.

В порівнянні з наземними й морськими екосистемами, прісноводні екосистеми займають порівняно малу поверхню Землі, але їх значення для біосфери та людини величезне. В разі нераціонального використання прісної води, вона може стати основним лімітуючим фактором для багатьох видів.

Болота також розглядають як екосистеми перехідного типу між водними і наземними. Болота займають приблизно 2 % поверхні суші, але в них міститься до 15 % вуглецю. Торфовища містять більше 20 % вуглецю від маси ґрунту. Один гектар болота приблизно в 7–15 разів більш ефективно виводить CO<sub>2</sub> з атмосфери, ніж один гектар лісу. Таким чином, болота виконують дуже важливу глобальну газорегуляторну функцію. Повна руйнація рослинного покриву і торф'яного шару на великих осушених територіях несе загрозу значних кліматичних та економічних змін, погіршення водного балансу, деградації водно-болотних екосистем, збіднення всього комплексу біологічного та ландшафтного різноманіття.

Проміжне становище між водними і наземними екосистемами займають також заливні ділянки заплавлених терас і ділянки морських узбереж, що піддаються впливу припливів і відливів.

Розрізняють екосистеми за типом живлення: 1) автотрофні (якщо головну роль у системі відіграють продуценти); 2) гетеротрофні.

Гетеротрофна екосистема – екосистема, що використовує переважно речовину й енергію органічних сполук, накопичених в інших (автотрофних)

екосистемах. Природні гетеротрофні екосистеми – спільноти океанічних глибин, яких не досягає сонячне світло. Як джерело енергії і ресурсів вони використовують «поживний дощ» детриту з освітлених сонцем шарів океану. На принесеній з інших місць органічній речовині функціонують екосистеми, що розвиваються на снігу високо в горах.

Екосистеми значно відрізняються один одного в залежності від абіотичних факторів середовища. Так, особливістю гірських екосистем є висока біологічна різноманітність за рахунок вертикальної поясності, відмінностей екологічних умов на схилах різних експозицій та їх крутизни, строкатості геологічних порід. У будь-якій гірських екосистемах багатство флори і фауни в кілька разів вище, ніж на оточуючій рівнині. Крім того, у складі рослинного і тваринного населення гір багато видів-ендемів, які зазвичай обмежуються однією гірською системою або її частиною.

Різноманіття екосистем на планеті є важливим фактором загальної стійкості біосфери. У свою чергу, стабільність екосистем залежить від стабільності її компонентів, що сформульовано в законі екологічної кореляції – в екосистемі, як і в будь-якому іншому цілісному природно-системному утворенні, особливо в біотичному угрупованні, всі види, що входять до неї, та абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадання однієї частини (наприклад, знищення виду) неминуче призводить до зниження всіх інших тісно пов'язаних з нею частин системи.

Екосистеми планети у сукупності складають загальну екологічну систему планети – біосферу.

Екосистеми здатні до певного очищення після антропогенного забруднення. Біологічне самоочищення (біологічна детоксикація) здійснюється на основі чотирьох біологічних функцій: 1) фільтраційної (притаманної головним чином ракоподібним-фільтраторам в планктоні та моллюскам в бентосі); 2) окисної (фотосинтетична аерація, в ході якої вода збагачується киснем і відбувається окиснення нестійких органічних речовин); 3) мінералізуючої (розкладання органічних сполук бактеріями, грибами, мікроорганізмами) та накопичувальної (концентрування токсикантів в органах і тканинах гідробіонтів). Внаслідок цих процесів концентрація токсикантів у водних масах істотно зменшується, але може зростати в донних відкладах і гідробіонтах. Результатом такого перерозподілу токсичних речовин може стати хронічна токсифікація екосистеми, яка супроводжується різким зменшенням продуктивності популяцій або масовою загибеллю організмів, які до них входять.

Між організмами існують постійні трофічні (харчові) зв'язки, на основі яких формуються так звані ланцюги живлення. Будь-яка популяція організмів займає в ланцюзі живлення певне місце – трофічний рівень. Ланцюги живлення поділяються на 2 типи. Один тип ланцюгів живлення починається з рослин і йде до рослиноїдних тварин і далі до хижаків. Це так званий ланцюг виїдання (пасовищний). Другий – детритний трофічний ланцюг – харчовий ланцюг, в якому органічна речовина мертвих рослин, тварин, грибів чи бактерій споживається детритофагами, які можуть стати здобиччю хижаків. Таким чином,



частина поживних речовин, що містяться в детриті, повертається в кругообіг, оминаючи стадію розкладання до мінеральних сполук і споживання їх рослинами. Детритний ланцюг споживання органічних відходів використовується людиною при розведенні дощових черв'яків і личинок мух на корм птахам або риbam.

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

Різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а взаємопереплетені, тому що один і той самий вид одночасно може бути ланкою різних ланцюгів живлення. Переплітаючись, ланцюги живлення формують трофічну сітку. Існування трофічної сітки забезпечує стійкість екосистеми: якщо змінюється чисельність популяцій певних видів, легко замінюються кормові об'єкти і сумарна продуктивність екосистеми залишається сталою. Різноманітність харчових ланцюгів, що становлять харчову сітку, визначається числом видів в екосистемі, тобто її біорізноманіттям.

## **1.2 Продуктивність екосистем.**

Основним джерелом енергії, завдяки якому існують екосистеми, є Сонце. Рослини фіксують шляхом фотосинтезу лише близько 1 % енергії сонячного випромінювання, що надходить до поверхні Землі. Причому, лише 10% цієї енергії, яку отримують рослини, трансформується на біомасу. Продуктивність рослин залежить тільки від тієї частини спектру сонячного світла, енергія якої бере участь у створенні органічної речовини. Ця частина обмежена хвилями від 380 до 720 нм і називається фотосинтетичною активною радіацією. Таким чином, коефіцієнт корисної дії фотосинтезу є дуже низьким (0,1–1,6 %).

Ефективність трофічних ланцюгів оцінюється величиною біомаси екосистеми та її біологічною продуктивністю. Біомаса – загальна маса живих організмів, яка нагромаджена в популяції, біоценозі чи біосфері на будь-який момент часу. Вона виражається в одиницях сирої чи сухої маси на одиницю поверхні чи об'єму (гектар або квадратний чи кубічний метр). Біомаса може бути також виражена в енергетичних одиницях, які містяться у відповідній одиниці маси живої речовини (в джоулях). Найбільшу біомасу на суші серед гетеротрофів мають безхребетні та ґрунтові організми (біомаса дощових черв'яків може сягати 1000–1200 кг/га). Близько 90 % біомаси біосфери припадає на біомасу наземних рослин. Найбільшою є маса тропічних лісів (до 1700 т/га), а найнижчою – тропічних і субтропічних пустель (близько 2,5 т/га).

Відтворення біомаси рослин, тварин, мікроорганізмів і інших організмів, які входять до складу екосистеми – це біологічна продуктивність екосистеми. біологічна продуктивність є відтворенням біомаси на 1 м<sup>2</sup> площі (чи в 1 м<sup>3</sup> об'єму) за одиницю часу і виражається частіше всього в грамах вуглецю чи сухої

органічної речовини. Вона може бути виражена у джоулях чи кілоджоулях за одиницю часу (добу, сезон, рік).

Розрізняють біопродуктивність первинну і вторинну, створену відповідно автотрофними та гетеротрофними організмами.

Первинна продукція поділяється на валову і чисту продукцію автотрофних організмів. Первинна продукція визначає біопродуктивний потенціал екосистеми. Валова продукція відбиває величину накопичення енергії в екосистемі у вигляді енергії хімічних зв'язків органічної речовини, синтезованої з вуглекислоти, біогенних елементів і води в процесі фотосинтезу й утвореної автотрофними бактеріями в процесі хемосинтезу. До валової продукції зараховується й енергія, витрачена на підтримку основного й активного обміну організмів (дихання та інші витрати енергії). Таким чином, валова продукція – це вся маса органічної речовини, утвореної фотосинтезуючими й хемосинтезуючими організмами, що дорівнює сумі приросту їхньої біомаси і витрат на всі енергетичні потреби й утворення прижиттєвих екзометаболітів.

Чиста первинна продукція – це абсолютний приріст новоствореної за рахунок фотосинтезу і хемосинтезу органічної речовини. Вона розраховується по валовій первинній продукції, від якої віднімаються витрати на дихання автотрофних організмів. Чиста продукція складає 40–80% валової продукції. Чиста первинна продукція і біомаса не завжди перебувають у прямій залежності. Тільки в однорічників співвідношення їх 1:1. У багаторічників співвідношення біомаси і чистої продукції змінюється у широких межах: у лісах вона може досягти 50:1, у лугових і степових угрупованнях – 3:1.

Кількість органічної речовини, що утворюється за одиницю часу, називається швидкістю продукування. Мірою інтенсивності продукування є питома продукція – кількість синтезованого популяцією органічної речовини за одиницю часу розраховуючи на одиницю біомаси популяції.

Первинна продукція перетворюється у вторинну продукцію, представлену організмами різного трофічного рівня. Трофічним рівнем називається сукупність організмів, які одержують перетворену на їжу енергію Сонця і хімічних реакцій (від автотрофів) через однакове число посередників.

Вторинна продукція – біомаса (енергія), синтезована гетеротрофними організмами всіх трофічних рівнів за одиницю часу на величину площі (об'єму). Величина вторинної продукції визначається рівнянням: вторинна продукція = асимільована енергія – дихання. Біопродукційний процес гетеротрофних організмів не веде до збільшення живої речовини на Землі, а тільки збільшує різноманіття форм живих організмів.

Ефективність асиміляції тваринами первинної або вторинної продукції і перетворення її на різні види вторинної зумовлена складом їжі тварин. Їжа тваринного походження перетворюється легше, ніж рослинна. Тому ефективність асиміляції у зоофагів висока і складає 60–90 % вживаної їжі. Тварини, які живляться комахами у цьому відношенні характеризуються низькими показниками, а ті, що споживають м'ясо, рибу – високими. Цінність рослинних кормів залежить від відносного вмісту в них целюлози, лігніну та інших неперетравлюваних матеріалів. Стовбури, гілки дерев складаються, в

основному, із целюлози і лігніну, в яких немає азоту і багатьох мінеральних речовин. Листя відіграє для створення тваринами вторинної продукції більш важливу роль. Воно вміщує 2 – 4 % білка. Насіння – найбільш привабливий корм, тому що в ньому концентруються всі речовини, необхідні для росту і розвитку (білки, жири, вітаміни). Ефективність асиміляції у фітофагів досягається при споживанні насіння 70 %, молодого листа – 60 %, 30–40 % – при поїданні більш старого листа, гілок – 20 %, деревини стовбурів – 10 %.

Загальна продукція Земної кулі за рік складає близько  $730 \times 10^{15}$  ккал. Вся біомаса Землі різними авторами оцінюється як  $1,4 \times 10^{12}$  –  $3,0 \times 10^{12}$  т сухої органічної речовини. Головна кількість живої речовини планети припадає на долю фітомаси лісів – 1 509 млрд. т сухої маси, або 85 % усієї біомаси рослинного світу Землі.

Залежно від обсягу біопродукції, що створюється в екосистемах, відрізняють: 1) екосистеми найвищої продуктивності, в межах 2000–3000 г/м<sup>2</sup> на рік. До них належать екосистеми тропічних вологих лісів; 2) екосистеми високої продуктивності – у межах 1000–2000 г/м<sup>2</sup> на рік: листяні ліси помірної зони та луки; 3) екосистеми помірної продуктивності — у межах 250–1000 г/м<sup>2</sup> на рік: степи та чагарники; 4) екосистеми низької продуктивності – менше 250 г/м<sup>2</sup> на рік: пустелі та напівпустелі.

На долю фітопланктону, внаслідок слабкого накопичення, припадає всього третина первинної продукції Землі. У Світовому океані понад 75 % первинної продукції створюється в поверхневому шарі завтовшки 40–50 м; глибше 100–200 м через світлове голодування водоростей первинна продукція фотосинтетиків практично дорівнює нулю. Дві третини біомаси океану (первинної та вторинної) зосереджено у верхніх 500 метрах.

Створена тваринами вторинна біомаса оцінюється приблизно в 20 млрд. т сухої речовини, причому на долю тваринних організмів океану припадає майже 3,5 млрд. т.

У сформованих, стабільних екосистемах, таких як старі дубові ліси, ковилові степи, лишайникові тундри, органічна речовина майже не акумулюється. Тут первинна продукція практично дорівнює деструкції, тобто все, що синтезується рослинами, сповна споживається тваринами, грибами, бактеріями й розкладається до мінеральних речовин, які знову використовуються продуцентами й повертаються до біологічного кругообігу.

У екосистемах, які перебувають на стадії розвитку, первинна продукція перевищує деструкцію, тобто відбувається акумуляція органічної речовини. В процесі нагромадження органічної речовини перші, примітивні екосистеми замінюються складнішими, стійкішими й продуктивнішими. Коли екосистема досягає стабільного стану, деструкція врівноважує первинну продукцію, й акумуляція органічної речовини майже припиняється.

У ХХ столітті підвищення продуктивності штучних екосистем, як первинної так і вторинної, відбулося в основному за рахунок селекції рослин і тварин. Досить ефективним заходом для підвищення продуктивності є підживлення рослин вуглекислим газом у закритих приміщеннях. Наприклад, вуглекислотне підживлення овочевих рослин у теплицях і оранжереях як

ефективний спосіб підвищення їх продуктивності знайшло широке практичне застосування. Для овочевих рослин найбільш ефективна концентрація  $\text{CO}_2$  у повітрі 0,2–0,3 %. Методи підживлення можна розділити на технічні і біологічні. З перших частіше використовується спалювання природного газу чи пропану спеціальними пальниками-генераторами  $\text{CO}_2$ . Вуглекислий газ, що утворюється в промисловості, може бути також використаний для підвищення продуктивності рослин.

Продуктивність екологічних систем і співвідношення в них різних трофічних рівнів зображують, як правило, у вигляді екологічних пірамід. Екологічна піраміда – це графічне відображення співвідношення між продуцентами і консументами різних порядків, виражене у одиницях біомаси, чисельності або енергії. Відповідно до того, вони поділяються на три: 1) піраміда чисел, що відображає співвідношення кількості особин у харчовому ланцюгу; 2) піраміда біомас характеризує суху масу чи енергетичну цінність; 3) піраміда енергії показує кількість енергії в їжі кожного трофічного рівня.

Правило піраміди біомаси – сумарна маса рослин більша, ніж біомаса фітофагів і травоядних, а маса останніх переважає хижаків. Піраміда біомаси може бути оберненою, тобто основа піраміди може бути вужчою, ніж один або кілька верхніх поверхів. Так, в наземних екосистемах біомаса тварин-споживачів значно менша ніж фітомаса автотрофів. В морських екосистемах, навпаки, біомаса тварин-споживачів більша ніж фотосинтезуючих організмів. Це пояснюється тим, що швидкість репродукції автотрофної ланки у водному середовищі дуже висока, завдяки чому забезпечується постійний притік фітомаси продуцентів в ланцюги живлення.

Згідно правила піраміди біомаси, розмір біомаси в екологічних пірамідах закономірно знижується при переході на кожен новий трофічний рівень. Але ряд токсичних сполук, залишаючись у незмінному стані, зберігатимуть свою масу при переході з рівня на рівень трофічної піраміди. Тому їх концентрація у розрахунку на одиницю біомаси буде зростати. Цей ефект називається законом концентрування речовин у трофічних ланцюгах. Це може відбуватися зі стійкими пестицидами. Наприклад, в трофічному ланцюгу з чотирьох ланок спостерігалось зростання концентрації ДДТ при переході від нижчого трофічного рівня на вищий. Таким чином, всього за чотири ланки трофічного ланцюга концентрація ДДТ зросла в 1875 разів. Аналогічно відбувається концентрація в трофічних ланцюгах радіоактивних речовин (зокрема, цезію).

Правило піраміди енергії – при переході з нижчого на вищий трофічний рівень втрачається близько 90 % енергії. Більша частина енергії йде на підтримання процесів життєдіяльності на кожному трофічному рівні, а до вищих рівнів надходить мінімум від валової продукції. Це правило також називають правилом 10 %. Згідно із правилом 10 % з нижчого на більш високий трофічний рівень (продуценти – первинні консументи – вторинні консументи) переходить не більше 10% енергії. Тому трофічні ланцюги не бувають довгими та складаються переважно з 4–5 ланок. Проходячи через них, практично вся енергія розсіюється. Тому необхідний постійний приток енергії для існування екосистеми.

Правило піраміди чисел – загальне число особин, які беруть участь у ланцюгах живлення, з кожною ланкою зменшується. Відхилення від класичної піраміди чисел можна спостерігати у біоценозі водойм та за умови включення паразитів у ланцюги живлення. Такі піраміди є найтиповішими у природі.

### **1.3 Роль фітоценозу, зооценозу, мікробіоценозу в екосистемах.**

Фітоценоз – сукупність рослин, що існує на території з більш-менш однотипними кліматичними, ґрунтовими та іншими умовами; характеризується певним видовим складом, структурою і взаємодією рослин між собою та з оточуючим середовищем. Роль фітоценозу включає: 1) поглинання з інших компонентів екосистем різноманітних речовин і енергії, утворення на їх основі органічної речовини; 2) виділення у довкілля продуктів своєї життєдіяльності ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  тощо); утворення умов для існування інших компонентів екосистеми; 3) в умовах посиленого техногенного впливу на довкілля фітоценози (особливо у лісових екосистемах) запобігають забрудненню атмосфери.

Зооценоз – сукупність тваринних організмів, що входять до складу біоценозу. Створення тваринними організмами вторинної продукції відіграє важливу роль в таких функціональних аспектах екосистем: 1) у перетворенні первинної продукції на вторинну і її розповсюдженні по гетеротрофних рівнях і екосистемах; 2) у створенні значного різноманіття різних функціональних груп тварин; 3) у формуванні різних типів біотичних зв'язків; 4) у створенні природної кормової бази для різних тваринних угруповань; 5) в утворенні біологічних механізмів у потоці енергії і кругообігу речовин.

Важливе значення має середовищотвірна функція – створення і формування екологічного середовища для багатьох компонентів фіто-, зоо- і мікробіоценозу. Наприклад, діяльність тварин, які живуть в ґрунті викликає переміщення хімічних елементів по ґрунтових горизонтах, змінює фізичні та хімічні властивості ґрунтів тощо.

Мікробіоценоз – це компонент, що в основному складається з бактерій (в нього також входять і інші мікроорганізми). Мікроорганізми є обов'язковим компонентом будь-якої екосистеми. Інтенсивна життєдіяльність великої кількості мікроорганізмів є важливим фактором забезпечення динамічної рівноваги у біосфері. Кругообіг біогенних елементів можливий лише за участю мікроорганізмів. Роль бактерій у наземних екосистемах: 1) беруть участь у формуванні ґрунту (мінералізуючи мертвий осад, бактерії виступають активним функціональним компонентом ґрунотвірних процесів, особливо сприяючи утворенню гумусу); 2) редуційна роль (бактерії мінералізують органічні речовини і поступово переводять завдяки утворенню кислот і  $CO_2$  важкорозчинні мінеральні сполуки у легкозасвоювану форму); 3) продукційна роль (біомаса мікроорганізмів складає значну величину, наприклад, загальна біомаса мікроорганізмів складає 0,03–0,28 % маси ґрунту). Біомаса мікроорганізмів – важлива основа для формування складної трофічної піраміди та розвитку біорізноманіття екосистем.

Мікробіоценоз бере участь: 1) розкладанні нітрогеновмісних сполук (відбувається у процесі амоніфікації білків, сечовини, сечової та гіпурової

кислот); 2) розкладанні безнітрогенових органічних речовин (клітковини); 3) в нітрифікації (амоній, який утворюється при розкладанні органічних нітрогеновмісних сполук, зазнає подальшого окиснення: спочатку до азотистої кислоти, потім до азотної); 4) в денітрифікації (бактерії використовують кисень нітратів для окиснення органічних речовин, відновлюючи азотну кислоту до азотистої або до  $N_2$ ); 5) засвоєнні атмосферного нітрогену (біологічна фіксація – один з основних процесів, які відбуваються у ґрунті); 6) у перетворенні сполук фосфору (шляхом перетворення їх на солі фосфатної кислоти).

### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення поняття «Екосистема».
2. Перелічіть компоненти, які входять до складу екосистеми.
3. Які групи видів виділяють залежно від їхньої екологічної характеристики?
4. Вкажіть основні закономірності існування екосистем.
5. Як класифікують екосистеми?
6. Що таке продуктивність екосистем?
7. Поясніть правило піраміди біомаси.
8. Поясніть правило піраміди енергії.
9. Охарактеризуйте правило піраміди чисел.
10. Яка роль фітоценозу в екосистемах?

## Лекція 2. Екосистема (Частина II)

2.1 Циклічні зміни екосистем.

2.2 Еволюція екосистем.

2.3 Екологічні сукцесії.

### 2.1 Циклічні зміни екосистем.

Циклічні зміни екосистем (флуктуації): 1) добові зміни (зумовлені зміною дня і ночі). Проявляються, наприклад, у коливаннях інтенсивності фотосинтезу, транспірації, наростанні біомаси тощо. Класичним прикладом добової динаміки є вертикальні міграції планктону; 2) сезонні зміни (зумовлені змінами пір року). Наприклад, одна з основних внутрішніх причин сезонної динаміки у фітоценозах – присутність рослин, що відрізняються за строками проходження фенологічних фаз. У фітоценозах існує кілька груп видів, які характеризуються подібними сезонними ритмами розвитку, тобто, подібними строками початку і закінчення вегетації, близькою тривалістю циклів вегетації і спокою. Такі групи називаються феноритмотипами; 3) щорічні зміни (зумовлені річним циклом радіаційного та гідротермічного режимів). Розрізняють: а) біотопічні флуктуації спричинені періодичністю коливань параметрів абіотичної компоненти середовища наприклад, показники зволоженості ґрунту); б) фітоциклічні зміни виникають через особливості циклів розвитку і біологічних ритмів рослин (наприклад, раз на чотири роки змінюється продуктивність плодоношення багатьох деревних порід: дуба, горіха тощо); в) зоогенні флуктуації (зміни) – викликані зооценотичним компонентом екосистеми (наприклад, регуляція чисельності окремих видів рослин у роки масового розвитку гризунів чи копитних); г) антропогенні зміни (зміни, результати яких можуть бути нівельовані відновлювальним процесом за строк менше 10 років, наприклад відновлення структури лучних фітоценозів після припинення сінокісного або сінокосно-пасовищного використання); 4) багаторічні і вікові зміни, зумовлені циклічністю сонячної активності та інших явищ. Наприклад, з 11-річним циклом сонячної активності пов'язані спалахи чисельності перетинчастокрилих комах, таких як оси.

За амплітудою та тривалістю флуктуації поділяються: 1) приховані (зміни візуально не встановлюються); 2) осциляції (виявляються при безпосередньому спостереженні); 3) дигресійно-демутаційні (амплітуда і тривалість змін перевищують 5 – 6 років). Дигресія – погіршення стану екосистем через зовнішні (екзогенні) або внутрішні (ендогенні) причини. Демутація – процес відновлення екосистеми до стану, який існував до суттєвого порушення її складу та структури.

### 2.2 Еволюція екосистем.

Еволюція екосистем зумовлена: 1) ходом вікових змін геоморфологічної структури Землі (зміни рельєфу); 2) змінами клімату. Наприклад, для Антропогенового періоду (або Четвертинний період, 0,0117 млн.р.т. – сьогодні, характерні різкі і багаторазові зміни клімату. Так, в Плейстоцені (2,58–0,0117

млн.р.т.) було 11 подій зледеніння. При цьому тільки за останні 800 тис. років було вісім льодовикових епох, кожна з яких тривала від 70 до 90 тис. років; 3) еволюційним розвитком організмів. Так, в Девонському періоді (416–359 млн.р.т.) на суші вже мешкали примітивні, ще безкрилі комахи. Подальша еволюція комах відбувалася у тісному зв'язку з розвитком наземних рослин, особливо – квіткових. Наразі описано біля 1 млн. сучасних видів, проте реальна кількість існуючих видів за різними оцінками складає від 6 до 10 млн. Зараз комахи – один з найважливіших компонентів екосистем; 4) процесом життєдіяльності організмів. За повної замкненості біогеохімічних циклів в екосистемах накопичуються органічні та неорганічні залишки специфічного характеру. Наприклад, на ранніх етапах еволюції екосистем у них не було організмів, які використовували для дихання вільний кисень, який практично був відсутній в атмосфері. У міру накопичення кисню, внаслідок фотосинтезу, почали формуватися екосистеми, що вміщували організми, які використовували його для дихання; 5) антропогенною діяльністю. Людина свідомо створює нові сорти рослин, інтродукує нові елементи флори з інших територій, створює агроценози, вже майже півстоліття в сільському господарстві спостерігається практика використання генетично модифікованих організмів тощо.

Умови, які існували в минулі геологічні епохи, визначали специфічний вигляд екосистем, існування яких в даний час неможливо. Наприклад, протягом Кам'яновугільного періоду (359–299 млн.р.т.) концентрація кисню в повітрі поступово зростає з 20 % до 30 %. Вважають, що зростання концентрації кисню в атмосфері відбулось завдяки інтенсивному фотосинтезу гігантських Карбонових боліт, покритих лісом, і відсутності витрат кисню на окислення відмерлих дерев (оскільки загиблі дерева відразу занурювались під воду і без доступу кисню при високому тиску поступово перетворювались в вугілля).

В історії Землі екосистеми змінювались не тільки завдяки еволюційному розвитку, але і в зв'язку з катастрофічними змінами в біосфері. Наприклад, накопичення кисню в навколишньому середовищі призвело 2,5 млрд.р.т. до так званої кисневої катастрофи – зростання концентрації кисню в навколишньому середовищі. В результаті кисневої катастрофи вимерло багато анаеробних організмів (для яких кисень – це сильна отрута-окислювач), а також з'явилися аеробні організми, які змогли використовувати кисень для обміну речовин.

### **2.3 Екологічні сукцесії.**

Екологічна сукцесія – закономірні послідовні необоротні зміни екосистем на одній і тій же території під впливом природних факторів (головним чином внутрішньосистемних процесів у напрямку клімаксного стану) або діяльності людини. При цьому змінюється їхній видовий склад, різноманітність різних груп організмів, трофічна структура, продуктивність та інші показники. В основі сукцесії лежить, здебільшого, розбалансування продукційно-деструкційних процесів і біогеохімічних колообігів.

Клімакс – це кінцева відносно стійка фаза природного розвитку екосистеми, яка найбільше відповідає екологічним характеристикам певної місцевості в певний геологічний період. Клімаксова екосистема – зріла



екосистема, яка досягла стабільного стану зі стійким гомеостазом. Послідовні стадії, через які проходять біоценози в даному районі, досягаючи відносного клімаксового стану, зумовленого ґрунтовими, кліматичними та іншими умовами – це сукцесійний ряд. Найбільш стабільними є екосистеми тропічних лісів. Вони залишаються відносно незмінними протягом останніх 20 млн років.

Залежно від причин, які викликають сукцесії, вони поділяються на два типи: 1) автогенні; 2) аллогенні.

Автогенні сукцесії (ендогенетичні) – спричинені зміною структури та системи зв'язків в існуючих спільнотах (починаючи з їх виникнення). Вони поділяються на: 1) сингенезні сукцесії. Сингенез – це саморозвиток екосистеми, який найбільш яскраво проявляється на перших етапах становлення біоценозу (перші стадії заростання первинних субстратів); 2) ендоекогенезні сукцесії. Ендоекогенез – поступовий розвиток екосистем в результаті взаємодії біоценозу та умов середовища та зміна умов середовища внаслідок життєдіяльності організмів.

В ході автогенної сукцесії: 1) зростають біомаса, кількість детриту; 2) зростає валова продукція за рахунок первинної; 3) співвідношення продукція / дихання прямує до одиниці; 4) змінюється видовий склад, зростає видове багатство; 5) зростає відношення к-стратегі / г-стратегі; 6) значного розвитку досягають мутуалістичні взаємини (форма взаємних корисних відносин між видами, при якій присутність кожного з двох видів стає обов'язковим для обох); 7) зростає ефективність використання енергії та біогенних елементів.

Автогенні зміни вирізняються найменшою динамічністю і незначними відхиленнями від норми (середнього стану) їх структурно-функціональних параметрів.

Аллогенні сукцесії (екзогенетичні) – спричинені дією зовнішніх абіотичних факторів або впливом людської діяльності на біоценози: меліоративне осушення боліт, забруднення водойм, надмірне випасання худоби тощо. Вони представлені: 1) гологенезом (послідовні зміни зовнішніх факторів, які впливають на цілий географічний ландшафт, наприклад, зміна рослинності при формуванні річкової долини); 2) гейтогенезом (локальні зовнішні зміни, наприклад, поява джерел за рахунок локального виходу ґрунтових вод, меліорація).

Зміни екосистем під впливом діяльності людини або іншого потужного фактора впливу також називають трансформацією: це здебільшого деградаційні зміни, що супроводжуються руйнацією екосистем, розбалансуванням внутрішньосистемних процесів, порушенням речовинно-енергетичних процесів тощо.

Залежно від причин виникнення аллогенні зміни поділяють на: 1) пірогенні (викликані пожежами); 2) гідрогенні (зумовлюються зміною водного режиму ґрунту); 3) псамогенні (викликаються дією рухливого піску); 4) галогенні (зумовлюються акумуляцією в ґрунтах надмірної кількості карбонатних або хлоридних і сульфатних сполук, наприклад, в долинах річок і лиманах); 5) зоогенні сукцесії (зміни під дією тварин: комах (наприклад, сарана, непарний

шовкопряд), гризунів, копитних тварин тощо); б) антропогенні сукцесії: всі згадані сукцесії можуть бути викликані діяльністю людини.

Антропогенна сукцесія – це сукцесія, викликана господарською діяльністю людини, її прямим або непрямим впливом на екосистему. Наприклад: а) процес галофітизації пасовищ, при якому з ущільненням верхнього шару ґрунту змінюються його водно-повітряні властивості – у місцях з близьким заляганням ґрунтових вод, насичених великою кількістю легкорозчинних солей, ущільнення ґрунту в результаті капілярного підняття води зумовлює засолення; б) вирубка лісу. Після цього в помірному кліматі сукцесія проходить через наступні стадії: 1) стадія трав'янистої рослинності (близько 10 років); 2) стадія кущів (10–25 років); 3) стадія листвяних дерев (25–100 років); 4) стадія хвойних дерев (більше 100 років).

Вплив на екосистеми, що викликають їх сукцесію, можуть носити змішаний характер: природно-антропогенні зміни з'являються внаслідок сумісної дії природних і антропогенних факторів, наприклад такі, що виникли під впливом техногенних факторів і наступного природного відновлення фітоценозу. Наприклад, на лісових згарищах, де відбуваються лісовідновні процеси, зміни рослинного покриву можна класифікувати як демутаційні, з елементами сингенезу й ендеокогенезу. В результаті можуть відновлюватись лісові, лучні та інші угіддя, будова яких, як і флористичний склад, нерідко відмінні від природних у бік зниження чи погіршення показників.

Відрізняють також: 1) первинні сукцесії починаються у тих місцезростаннях, де біоценозу раніше не існувало. Прикладом є заростання відвалів порід, вулканічних застиглих викидів, звільнених з-під льодовика ділянок, мінерального дна осушеного болотяного масиву після завершення видобування торфу тощо. Первинна сукцесія від скельної породи до зрілого лісу може зайняти від декількох сотень до тисяч років. Первинні сукцесії включають кілька етапів: а) виникнення середовища, позбавленого життя (наприклад, внаслідок катастрофічного руйнування середовища); б) міграція до середовища організмів або стадій їх розселення. Велика роль перших поселенців: бактерій, лишайників, водоростей; в) утворення біоценозу; г) конкуренція організмів між собою і витіснення окремих видів; г) перетворення біоценозом свого біотопу, поступова стабілізація умов і відносин. Змінюючи материнську породу, ці організми руйнують її та сприяють ґрунтоутворенню. Поступове накопичення відмерлих організмів та ерозія гірської породи у результаті вивітрювання формують шар ґрунту для заселення мохами, які продовжують процес утворення ґрунту.

2) вторинні сукцесії – незворотні зміни, що відбуваються: а) на місцях, де був знищений попередній рослинний покрив, але збереглись умови для його відновлення; б) на місцях, де кардинально змінились умови середовища і тому змінюється направленість розвитку вже існуючої рослинності. Прикладами є заростання розораних і пізніше занедбаних угідь, або сукцесії на перелогах, на лісових вирубках тощо. Швидкість змін вторинної сукцесії є більшою, ніж при первинній.

По швидкості сукцесії бувають: 1) повільними (тривають тисячоліття); 2) середніми (тривають століття); 3) швидкими (тривають десятиліття).

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

Якщо валова продукція перевищує загальну деструкцію, то має місце автотрофна сукцесія. У випадку, коли з плином часу енергоємність біомаси угруповання зменшується, спостерігається гетеротрофна сукцесія.

Переважає продукції над деструкцією, яке супроводжується значним збільшенням у біотопі вмісту поживних речовин, називають евтрофікацією. В природних водоймах процеси евтрофікації зазвичай відбуваються повільно – віками й тисячоліттями, оскільки продукція, як і в наземних екосистемах, майже врівноважується деструкцією.

Під впливом діяльності людини евтрофікація водного середовища відбувається з величезною швидкістю. Комунальні стічні води, крім великої кількості органічних речовин, несуть і багато біогенних елементів (наслідок побутового забруднення). Головними агентами евтрофування можуть виступати сполуки азоту і фосфору, головним чином у вигляді нітратів і фосфатів. При евтрофікації погіршується якість води, виникає явище «цвітіння води», зменшується її прозорість, вміст кисню тощо, що викликає загибель гідробіонтів. Так, Північне море отримує азоту в 4 рази більше фонового рівня, фосфатів – в 7 разів більше фонового. Від цього приросту 37 % азоту і 68 % фосфату – з побутових стічних вод, 60 % азоту і 25 % фосфатів – з сільськогосподарських змивів.

Екосистеми мають певну стійкість. Розрізняють два типи стійкості: 1) пружна стійкість – екосистема у відповідь на збурювальний вплив виходить зі стану рівноваги, але повертається до вихідного стану з припиненням дії цього фактора; 2) резистентна стійкість – система тримається до певної межі (певних значень) збурювального фактора, але коли його значення перевищать певну межу – виходить зі стану рівноваги, до якого вже може не повернутися навіть після повного припинення збурювального впливу.

### **Контрольні питання**

1. Які циклічні зміни у екосистемах відомі?
2. Як поділяються флуктуації за амплітудою та тривалістю?
3. Чим зумовлена еволюція екосистем?
4. Наведіть приклади змін екосистем протягом минулих геологічних епох.
5. Що таке екологічна сукцесія?
6. Що таке клімаксова екосистема?
7. Чим можуть бути спричинені автогенні сукцесії?
8. Що призводить до появи аллогенних сукцесій?
9. Чим первинні сукцесії відрізняються від вторинних?
10. Які типи стійкості екосистеми виділяють?

## Лекція 3. Екосистема (Частина III)

3.1 Наземні біоми.

3.2 Прісноводні та морські біоми.

### 3.1 Наземні біоми.

Наземні біоми (макроекосистеми) – великий тип екосистем, який характеризується схожим характером рослинності і займає певні регіони планети. Біоми регулюються макрокліматом і, в першу чергу, кількістю опадів та температурою. Термін «біом» найчастіше застосовується в разі наземних екосистем. Наземні біоми формують межі природних зон.

Тундра – біом холодного вологого клімату, який характеризується негативними середньорічними температурами, кількістю опадів близько 200–300 мм на рік і, найчастіше, наявністю шару вічної мерзлоти. Вічна мерзлота є реліктом минулих льодовикових епох четвертинного періоду. Потепління клімату в післяльодовиковий час зумовило часткове відтавання мерзлих шарів. Температури у верхній частині шару вічної мерзлоти в Арктиці з 1980-х років загалом підвищилися до 3°C. Для тундри виділяють арктичну зону, розташовану у високих широтах, і альпійську, розташовану у високогір'ях. Рослинність – низькорослі багаторічники: лишайники, мохи, трави і чагарнички.

Перехідну смугу між тундрою та тайгою утворюють лісотундрові екосистеми. Фітомаса тундри та лісотундри використовується для пасовища оленів. Кормові ресурси тундр Євразії практично вичерпані (327 млн га на 2280 тис. голів худоби). Лісові ресурси відсутні, оскільки ліси малопродуктивні. Запас їстівних рослин значний: брусниця, чорниця (0,4 т/га), гриби (до 0,7 т/га). В Канаді та Фінляндії в лісотундрі вирощують журавлину. Тваринні ресурси: полюють на песців, горностая, а в Канаді на норку та ондатру. М'ясо північного оленя, шкіра, роги (пант) використовуються в медицині для отримання тонізуючої речовини пантокрину.

Тайга (бореальні ліси) – лісовий біом холодного клімату з довгою тривалою багатосніжною зимою і кількістю опадів, що перевищує випаровування. Основні лісоутворюючі породи – шпилькові, видова різноманітність дерев невелика (1–2 домінуючих види). Бореальні ліси Північної Америки і Євразії формують ялини: американська, сітхінська; ялиці: бальзамна, біла, дугласа; сосни: жовта, веймутова, банкса; ялівець віргінський, туя, секвойя.

Екологічні особливості бореальних лісів: 1) багатоярусність лісових співтовариств; 2) пригнічення верхніми ярусами нижніх; 3) ускладнення консорцій (сукупність видів, пов'язаних з одним деревом едифікатором) в екосистемах; 4) ускладнення горизонтальної структури екосистем; 5) лісова екосистема поглинає 80 % сонячній радіації, разом з тим, віддзеркалення сонячної радіації (альbedo) помітне менше, ніж в тундрі (10–12 %).

Основним ресурсом бореальних лісів є деревина (заготовлюється близько 70 % одержуваної у світі промислової деревини хвойних порід). Запас деревини бореальних лісів Євразії дорівнює 62 млрд. м<sup>3</sup>, а дрібнолистих – 10 млрд. м<sup>3</sup>. У

Канаді запаси деревини дорівнюють 24 млрд. м<sup>3</sup>, а в США – 13 млрд. м<sup>3</sup>. Другим за значенням ресурсом є риба: омулі, кета, горбуша, сьомга.

Корінні хвойні тайгові ліси після пожеж і вирубок змінюються вторинними дрібнолистими (здебільшого березовими й осиковими). Найбільшого поширення дрібнолисті ліси набули в західносибірській і середньосибірській зонах, де антропогенні навантаження особливо великі.

Листопадний ліс (помірні широколистяні та «мішані ліси») – лісовий біом помірного поясу. Розвивається в регіонах з помірно теплим літом і відносно м'якою зимою з морозами. Характерний рівномірний розподіл опадів, відсутність посух, перевищення опадів над випаровуванням. Восени, у міру скорочення тривалості світлового дня, відбувається листопад. Листопадні ліси відносно багаті видами, характеризуються складною вертикальною структурою (наявністю декількох ярусів).

Зона широколистяних та змішаних лісів – одна з найбільш заселених природних зон світу, де антропогенними екологічними комплексами заміщено 40–50 % площ природних екосистем. Північна і центральна частини Чернігівської області знаходяться в зоні мішаних лісів. Зона мішаних лісів займає коло 20 % території України.

Степ – територія трав'яної рослинності в напівпосушливій зоні помірного клімату (приблизно 6 % поверхні суші). Найчисленніші трави – злаки і осоки, багато з яких утворюють щільну дернину. Потенційне випаровування перевищує кількість опадів. Характерною особливістю степової зони є наявність високогумусних чорноземних ґрунтів та ґрунтів з підвищеним засоленням сульфатного і хлоридного типів. Степова біомна екосистема займає 40 % території України. Синоніми – прерія (в Північній Америці), пампа (в Південній Америці). У степах випадає 350–450 мм опадів в рік, в преріях – до 800 мм, в пампасах – 600 мм.

Основним ресурсом є: 1) ґрунти багаті гумусом, що є основою для зернового господарства; 2) травостани – основа тваринництва. Біомаса ґрунтових безхребетних складає приблизно 95 % від загальної маси тварин. Степи, прерії і пампа тепер здебільшого розорані, що призвело до різкого збіднення фауни. В минулому для степу були характерні копитні – тур, тарпан – зовсім винищені в ході господарського освоєння. Тарпан – дикий кінь Європи, що населяв степову та лісостепову частину її території від р. Прут на заході до р. Урал на сході з післяльодовикових часів до XIX ст. Україна – єдина територія в Європі, де тарпани дожили до середини другої половини XIX століття.

Для північної частини степів, де вони переходять у лісостеп, характерне своєрідне спільне мешкання степових та типово лісових тварин. Південна частина Чернігівської області знаходиться в зоні лісостепу. Лісостепова біомна екосистема займає 34 % території України. У зв'язку зі зміною клімату межі природних зон, в тому числі лісостепу починають змінюватися. Так, північна межа ареалу богомола звичайного раніше проходила по межі лісостепу України. Зараз він зустрічається набагато північніше, що вказує на поступове зміщення меж лісостепу на північ.

Савана – тропічні злаково-деревні угруповання, що розвиваються в областях із стійким чергуванням сухого і вологого сезонів. Амплітуди сезонних температур змінюються в межах 15–32°C, а добових – 25°C. Окремі дерева або масиви чагарників розкидані між відкритими трав'яними ділянками. Для саван характерний ксероморфоз трав і дерев: іноді запаси вологи в тканинах стовбурів, могутня коренева система, товста кора дерев, що оберігає стовбури від трав'яних пожеж в сухий сезон. Продуктивність саван досить висока – від 5 до 15 т/га на рік. Зоомаса становить 100–130 кг/га, з якої половина припадає на дощових черв'як, а четверть – на термітів.

Пустеля – достатньо різноманітна група біомів, розташована в областях з вкрай посушливим кліматом або, у разі арктичної або альпійської пустелі, вкрай низьких температур. У субтропічних пустелях температура влітку – до +25–35°C, а взимку – до -5–15°C. У тропічних пустелях температура влітку досягає +35°C, при цьому пісок нагрівається до 90°C, а взимку можливі заморожування. Відомі піщані, кам'янисті, глинисті, солончакові і інші пустелі.

Своєрідним є рослинний покрив солончакових пустель, де лімітуючим чинником є насамперед токсичні солі натрію і хлору. Такі умови формуються в місцях з неглибоким заляганням ґрунтових вод. До таких екстремальних умов пристосувалися загалом дуже обмежена кількість видів.

Пустельні екосистеми займають 48,8 млн. км<sup>2</sup>, що становить 32 % суходолу. Найбільші пустелі світу: Сахара (7 млн. км<sup>2</sup>) та Лівійська пустеля в Африці (2 млн. км<sup>2</sup>), Гобі в Азії (1 млн. км<sup>2</sup>). Типовим для пустель є або середньорічна кількість опадів менше 25 мм, або умови, що забезпечують дуже швидке випаровування вологи. Рослинний покрив пустель сильно зріджений, біопродукція низька. Тваринний світ екосистем пустель бідний. Чиста біопродуктивність у пустелях не перевищує 0,2 кг/см<sup>2</sup> на рік, при цьому 75 % біомаси зосереджено в ґрунті.

Найбільшими запасами біомаси характеризуються аридні рідколісся Австралії (до 25 т/га), а також біло- й чорносаксаульники Середньої Азії (до 50 т/га). Найбідніші за запасами біомаси і продуктивністю пустелі Наміб, Атакама, багато районів Сахари, аравійські й центральноазійські пустелі Такла-Макан, Гобі та ін.

Сучасні екосистеми пустель несуть значний відбиток діяльності людини. Інтенсивний випас худоби та інші види господарської діяльності суттєво порушили рослинний покрив та збіднили тваринний світ.

Жорстколисті ліси та чагарники – твердолисті чагарникові зарості і ліси в кліматі з м'якою дощовою зимою і посушливим літом. Характеризується значним накопиченням сухої деревини, що призводить до періодичних пожеж. Жорстколисті види є в родинях букових, маслинових, верескових, бобових, лілейних, та багатьох інших. У жорстколистих видів при нестачі вологи, листи здатні її утримувати, закриваючись й, транспірація послаблюється відповідно до вповільнення надходження вологи з коренів. При достатній вологозабезпеченості рослини здатні досить інтенсивно здійснювати транспірацію. Класична область поширення жорстколистих лісів і чагарників –

Середземномор'я, рослинність якого в той же час надзвичайно сильно змінена людиною.

Сезонний тропічний ліс – поширений в областях зі спекотним кліматом і великою кількістю опадів, в яких опади розподілені протягом року нерівномірно, з наявністю сухого сезону. Надзвичайно багатий видами. Залежно від річного розподілу опадів тропічні сезонні ліси мають три типи: 1) вічнозелені сезонні ліси (посушливий період триває 1–2,5 місяці, кількість опадів на рік не менше 2500–3000 мм). Такі ліси, наприклад, поширені в північній частині Південної Америки, на о. Тринідад, у Західній Африці (Нігерія), Південній Азії (М'янма); 2) напівлистопадні ліси формуються в умовах більш тривалого посушливого періоду і скорочення річної кількості опадів. Вічнозелені дерева в них зберігаються лише в нижньому ярусі, під пологом високих листопадних порід; 3) листопадні тропічні ліси (наприклад, мусонні) характеризуються порівняно низьким рівнем опадів і зниженою вологістю.

Тропічний дощовий ліс – найбагатший біом, розташований в регіонах з великою кількістю опадів (>2000 мм) і майже постійною температурою (біля 26°C). Тропічні дощові ліси займають площу, рівну 10 млн. км<sup>2</sup>. У фітомасі тропічного лісу утримується 40% усього зв'язаного вуглецю планети. Основні масиви таких лісів розміщені в басейні ріки Амазонки (Південна Америка), у басейні ріки Конго (Африка) та на південному сході Азії. У цих лісах зосереджено 4/5 всіх видів рослин Землі. Велика різноманітність дерев, епіфітів та інших життєвих форм рослин визначили складну вертикальну структуру цих лісів, в яких виділяють від 5 до 12 ярусів. Тваринне населення надзвичайно різноманітне (2/3 видів тварин Землі) і розташоване у всіх ярусах, зокрема у верхніх. Найбільшим видовим багатством виділяються ліси Амазонії.

Екосистеми тропічного дощового лісу за всієї їх складності досить нестійкі і легко можуть бути зруйновані під впливом господарської діяльності людини. Для лісозаготівлі та потреб перелогової системи землекористування щороку вирубається майже 7,1 млн. га лісу. Зокрема, в Африці початкова площа тропічного дощового лісу скоротилася більш як на 60 %.

### **3.2 Прісноводні та морські біоми.**

Серед водних біомів, які можуть розглядатися як аналоги біомів суші наприклад, виділяють:

1. Прибережні річки помірного поясу – прісноводні регіони, в яких переважають кілька малих та середніх прибережних басейнів у середніх широтах (помірні). Ці екорегіони характеризуються річковими екосистемами, але можуть містити також невеликі озера, прибережні лагуни та інші заболочені місця. Міграційні види, які проводять частину свого життєвого циклу в морських середовищах, можуть населяти ці регіони.

2. Тропічні та субтропічні прибережні річки – прісноводні регіони, де переважають кілька малих та середніх прибережних басейнів на низьких широтах (тропіки). Ці регіони характеризуються річковими екосистемами, але можуть містити також невеликі озера, прибережні лагуни та інші водно-болотні угіддя.

3. Пелагіаль – відкритий океан і морські глибини далеко від узбережжя. Продуценти (в першу чергу, фітопланктон) зосереджені у відносно тонкому приповерхневому шарі води, куди легко проникає світло. Характерне безперервне опускання біогенів від поверхні на глибину. Значну роль у формуванні структури угруповань відіграють вертикальні міграції пелагічних організмів. Вони охоплюють практично всі шари океанічної товщі вод. У тропічній пелагіалі спостерігаються два шари з підвищеною концентрацією планктону, перший на глибині 25–40 м, другий – 70–90 м. Вважають, що нижній максимум пов'язаний з тим, що фітопланктон і пов'язані з ним вищі трофічні рівні мають оптимальні умови внаслідок надходження знизу в результаті турбулентної дифузії біогенних елементів. Вище забезпеченість цими елементами різко зменшується. Нижче від 100 м дуже зменшується освітленість. На глибині понад 200 м в пелагіалі представлені тільки гетеротрофи.

4. Континентальний шельф – прибережна зона морів і океанів, що доходить приблизно до глибини 200 м. Вона становить менше ніж 10% загальної поверхні океанів, але містить 90 % всього рослинного і тваринного життя океану. В цій зоні відбувається і найбільш інтенсивна господарська діяльність людей, перш за все рибальство. Найрізноманітніші екосистеми характерні для коралових рифів, що також відносяться до континентального шельфу. Коралові рифи підтримують життя якнайменше третини всіх видів морських риб, а також багатьох інших морських організмів.

5. Зони апвелінга – відносно невеликі за площею зони океану, де відбувається підйом на поверхню глибинних вод, збагачених біогенами. Здійснюють винятковий вплив на продуктивність всього океану в цілому. Так, у тропічній Атлантиці на тлі низької продукції в 0,05–0,01 г вуглецю на добу на 1 м<sup>2</sup> в зоні апвелінгу вона зростає до 1 г на добу на 1 м<sup>2</sup> поверхні.

6. Естуарії – зони змішування річкових і морських вод, що утворюються в морях навпроти гирл великих річок. Характеризуються значною кількістю органіки, яку виносять в моря річки, і постійними коливаннями солоності. В екологічному відношенні естуарії є перехідними зонами життя прісноводних і морських угруповань гідробіонтів. Вони населені організмами, які потребують меншої солоності води, ніж організми відкритого океану.

### **Контрольні питання**

1. Наведіть приклади наземних біомів.
2. Які природні особливості характерні для тундри?
3. Вкажіть характерні ознаки тайги.
4. У якій природній зоні знаходиться Чернігівська область?
5. Наскільки широко розповсюджується зона степів в Україні?
6. Які природні ресурси характерні для степів, які призвели до їхнього значного антропогенного перетворення?
7. Які типи тропічних сезонних риштувань виділяють?
8. Наведіть приклади прісноводних та морських біомів.
9. Що таке зона апвелінгу?
10. Чим характеризуються естуарії?



## Лекція 4. Сучасні уявлення про біосферу (Частина I)

4.1 Визначення біосфери. Структура біосфери.

4.2 Жива речовина і її роль в біосфері.

### 4.1 Визначення біосфери. Структура біосфери.

Біосфера (глобальна екосистема) – це оболонка Землі, до складу якої належать нижні шари атмосфери, уся гідросфера та верхні шари літосфери, структура і властивості якої визначаються теперішньою та минулою діяльністю живих організмів. Вперше цей термін вжив австрійський геолог Е. Зюсс у 1875 р., але поширився він після видання в 1926 р. праці «Біосфера» видатного вченого В. І. Вернадського, засновника та першого президента Академії наук України.

Потужність біосфери в атмосфері змінюється від 13 км в полярних широтах до 22 км в екваторіальних. Верхня межа біосфери – променева, зумовлена наявністю короткохвильового проміння, від якого живі організми захищені озоновим шаром стратосфери. В атмосфері через пасивне перенесення вітром пилку та спор бактерій, органічна матерія сягає висоти 10 км. Птахи залітають на висоту до 2 000 м, комахи спостерігаються на висоті 4 000 м над землею.

Її нижня межа зумовлена високими температурами глибинних шарів Земної кори й пролягає у середньому на глибині 3–4 км. Деякі дослідники нижньою межею біосфери вважають глибини, на яких температура літосфери починає перевищувати 100°C: близько 10 км на рівнинах і 7–8 км у горах.

Межі біосфери в гідросфері окреслені чітко: біосфера охоплює всю гідросферу, в тому числі найбільші океанічні западини, до 11 км, де існує значна кількість глибоководних видів.

В цілому екологічний діапазон поширення живої речовини досить великий. Бактерії виявлено в гарячих гейзерних джерелах з температурою води 980°C, а також в тріщинах антарктичних льодовиків, де температура зрідка піднімається вище 0°. Бактерії живуть у глибинних водах Чорного моря, насичених сірководнем, бактерії виявлено в атомних реакторах. Біосфера, в порівнянні з всією планетою Земля (діаметр майже 13 тис. км), це незначна плівка, хоча і дуже активна.

Біосфера існує завдяки поєднанню таких сприятливих астрономічних факторів: сталість Сонця, що не змінювалася протягом майже 4,5 млрд. років існування Землі; велика маса Землі ( $5,97 \cdot 10^{21}$  т), достатня щоб утримували навколо себе досить щільну атмосферу; велика кількість води на Землі.

Біосфера виникла одночасно з виникненням життя на Землі. Перші екосистеми, які існували на початкових етапах розвитку біосфери, були населені дрібними анаеробними гетеротрофами, які живилися органічною речовиною, синтезованою в ході абіотичних процесів. Параметри біосфери не були постійними і в різні періоди геологічної історії Землі змінювалися.

Процеси в біосфері породжуються й підтримуються як космічними факторами (сонячним світлом, променями від інших астрофізичних джерел), так

і земними (гравітацією, енергією обертання Землі та її супутника, магнітним полем планети, тепловим випромінюванням надр тощо). Так, життя на Землі сформувалось в умовах постійної дії гравітаційних сил. Наприклад, плоскі черви планарії відомі своєю незвичайною здатністю до регенерації: після розрізання на кілька частин – через кілька днів кожна з відрізнаних частин регенерує в нову особину. Однак, в умовах невагомості, регенерація не відбувається і відрізані частини вмирають.

Еволюційні зміни в біосфері відбуваються внаслідок довготривалої перебудови структурно-функціональної організації біосфери під впливом різних факторів, зокрема, кліматичних та ґрунтово-гідрологічних умов, міграції материків, напряду філогенезу фіто-, зоо-, міко- та мікроценозів і накопичення в екосистемах запасів вільної енергії. В останні декілька століть в процесах еволюції біосфери доцільно враховувати й антропогенний фактор.

Головні компоненти біосфери: 1) живі організми; 2) мінеральні речовини, які включені живою речовиною у біогенний кругообіг (гірська порода, вода, пісок); 3) продукти діяльності живої речовини, які тимчасово не беруть участі у біогенному кругообігу (нафта, природний газ, кам'яне вугілля).

Цілісність біосфери забезпечується багатьма механізмами, її структуру підтримує наявність різноманітних живих організмів, що постійно взаємодіють між собою. Прямі та зворотні зв'язки між продуцентами, консументами та редуцентами є потужною об'єднуючою силою біосфери.

Біосфера складається з окремих екосистем, але біосфера як глобальна система вищого рангу якісно відрізняється від регіональних екосистем більшою цілісністю і більшою замкненістю біогеохімічних циклів.

#### **4.2 Жива речовина і її роль в біосфері.**

Живу речовину біосфери утворюють більше 1,7 млн. описаних видів організмів (комахи – більше 1 млн, покритонасінні рослини – 250 тис., молюски – 150 тис., павукоподібні – 75 тис., гриби – 100 тис., хребетні – 45 тис. тощо). Якщо всі види живих організмів, які коли небудь жили на Землі, прийняти за 100%, то на сьогоднішній день на планеті мешкає 0,1 % видів, а решта 99,9 % – вимерли. У ході геологічного часу відбуваються еволюційні зміни живих організмів, які виражаються передусім у їхній морфологічній зміні. Морфологія організмів тісно пов'язана з їхнім хімічним складом. Крім організмів, які пристосовуються до зміни навколишнього середовища, існують групи організмів, так звані персистенти, які морфологічно і хімічно майже зовсім не змінюються впродовж сотень мільйонів років.

Співвідношення між інтенсивністю появи та зникнення груп організмів в біосфері зумовлює виокремлення наступних епох:

1) епохи біологічних революцій – епохи, під час яких швидкість появи нових груп організмів значно перевищує швидкість зникнення інших груп організмів. Так в Кембрійський період з'явилися багатоклітинні тварини практично усіх сучасних типів, включаючи хордових. У цей час з'явилося і багато неуспішних моделей, які виявилися тупиковою гілкою еволюції.

2) епохи зміни флор і фаун – епохи, під час яких підтримується баланс між вимиранням і появою нових груп, але наслідками яких є докорінна перебудова існуючих екосистем з точки зору таксономічного представництва різних груп організмів.

3) епохи масових вимирань біоти – епохи, протягом яких швидкість вимирання існуючих груп значно перевищує швидкість появи нових груп організмів. Наприклад, наприкінці Тріаса, приблизно 200 млн.р.т., відбулось одне з п'яти найбільш масових вимирань видів живих організмів. В ході цього вимирання зникло приблизно 76 % усіх видів і біля 20 % усіх родин морських і наземних організмів.

4) епохи еволюційного стазису – епохи, які характеризуються мінімальними швидкостями появи і вимирання груп організмів.

Жива речовина в біосфері виконує такі планетарні функції:

1. Усю біосферу можна розцінювати як єдине природне утворення, що поглинає енергію з космічного простору та направляє її на внутрішню роботу. У біосфері енергія тільки переходить з однієї форми до іншої та розсіюється у вигляді тепла. Таким чином, енергетична функція живої речовини пов'язана із запасанням енергії в процесах фотосинтезу і хемосинтезу, передачі її ланцюгами живлення.

2. Газова функція полягає у здатності підтримувати та змінювати певний газовий склад доквілля і атмосфери. Саме завдяки діяльності організмів відновний характер давньої атмосфери, в якій переважали  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , змінився на окисний з переважанням  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  та незначним вмістом  $\text{CO}_2$ . Всі гази сучасної атмосфери пов'язані з функціонуванням живої матерії. Наприклад, зараз в атмосфері міститься  $1,2 \cdot 10^{21}$  г  $\text{O}_2$  (21 %) і  $0,0002 \cdot 10^{21}$  г  $\text{CO}_2$  (0,038 %). Якщо врахувати, що в процесах фотосинтезу щорічно виділяється біля  $2 \cdot 10^{17}$  г  $\text{O}_2$ , то весь кисень, що міститься в атмосфері, утворився протягом кількох тисяч років. Азот може надходити в атмосферу за рахунок процесу денітрифікації (відновлення окислів азоту до вільного азоту). Цей процес відбувається під дією мікроорганізмів у ґрунтах за анаеробних умов. До газів органічного походження належить також сірководень, метан тощо. За рахунок діяльності біосфери, на Земній кулі сформувався озоновий екран, який перехоплює більшу частину жорсткого космічного випромінювання та створює сприятливі умови життя на поверхні планети.

3. Концентраційна функція полягає у здатності організмів вилучати із навколишнього середовища та накопичувати в своєму тілі хімічні елементи. Відмираючи, вони утворюють сполучення цих елементів. Виникають поклади таких сполук, як вапняки, боксити, фосфорити, осадова залізна руда та ін. Багато з них людина використовує як корисні копалини.

В. І. Вернадський виділив: а) концентраційні функції I роду – живою речовиною із доквілля концентруються ті хімічні елементи, які містяться у всіх без винятку організмах (H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe); б) концентраційні функції II роду, коли відбувається специфічне накопичення елементів, які в більшості організмів не виявляються або присутні в дуже низьких концентраціях.

Наприклад: голотурії («морські огірки») здатні накопичувати ванадій. Концентраторами кремнію виступають діатомові водорості, радіолярії і деякі губки; йоду – водорості ламінарії. Сполуки кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) входять до складу міжклітинної речовини кісткової тканини та до черепашок моллюсків і найпростіших (форамініфер), панцирів раків.

Особливу увагу слід звернути на здатність морських організмів накопичувати мікроелементи, важкі метали, у тому числі отрунні (меркурій, плумбум, арсен), радіоактивні елементи. Їхня концентрація в тілі безхребетних і риб може в сотні тисяч разів перевершувати вміст у морській воді. Внаслідок цього морські організми корисні як джерело мікроелементів, але разом з тим вживання їх у їжу може загрожувати отруєнням важкими металами або бути небезпечним у зв'язку з підвищеною радіоактивністю. Наприклад, у водному середовищі меркурій ( $\text{Hg}^{2+}$ ) перетворюється мікроорганізмами у високотоксичну речовину метилртуть  $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ , яка більш активно поглинається тканинами гідробіонтів і накопичується у жирових клітинах риб. Найбільш масове отруєння метилртуттю біогенного походження мало місце серед населення Японії на берегах затоки Мінамото у 50–60-х роках минулого століття.

У м'язах хрящових риб високий вміст солей важких металів: Ті, Мп, Со, Ні. Значення цього феномена в житті акул не з'ясоване.

Найбільше накопичують хімічні елементи організми, які ведуть нерухомий спосіб життя (рослини, гриби, губки тощо). Мешканці придонних шарів накопичують більше хімічних елементів, ніж організми, що живуть на поверхні водойми.

4. Редуцентна функція полягає в тому, що за рахунок життєдіяльності величезної кількості гетеротрофів, в основному бактерій, відбувається робота з розкладання органічних решток. Продукти мінералізації знову використовуються автотрофами.

5. Окислювально-відновна функція полягає в тому, що за рахунок життєдіяльності організмів у біосфері здійснюються такі хімічні процеси, як окислення й відновлення елементів із змінною валентністю (азот, сірка, залізо, марганець та ін.). До таких організмів належать денітрифікуючі і сульфатредуючі бактерії, які відновлюють з окислених форм азот до елементарного стану та сірку з сірководню. Мікроорганізми-окислювачі можуть бути як автотрофами, так і гетеротрофами.

Жива речовина значно прискорила й змінила кругообіги у біосфері різних речовин – води, кисню, азоту, вуглекислого газу тощо. У процесі життєдіяльності організму відбувається безперервний рух молекул з навколишнього середовища в організм і з організму в навколишнє середовище. Згідно із законом біогенної міграції атомів міграція елементів на земній поверхні і в біосфері в цілому відбувається під переважним впливом живої речовини (організмів).

Живі організми і надорганізмові системи біосфери активно беруть участь у формуванні особливостей клімату і в багатьох інших процесах, які на перший погляд не відносяться до категорії біогенних.

Жива речовина відіграє важливу роль у відкладах осадового матеріалу й утворенні порід, які складають земну кору. Рештки або продукти життєдіяльності так званих породотвірних тваринних зберігаються після їх відмирання і складають основну частину гірської породи. Завдяки таким організмам сформувалися величезні маси вапняків і кремнієвих порід. Здебільшого такі породи складаються з решток раковин, скелетів, панцирів тощо. Наприклад, вапнякові скелетні утворення характерні для форамініфер, кишковопорожнинних, голкошкірих, молюсків і багатьох інших. Кремнієвий склад порід представлений радіоляріями.

Величезна породотвірна роль тваринних організмів проявляється в сучасних рифових утвореннях, представлених, в основному, вапняковими скелетами колоніальних тварин – коралів. Наприклад, коралові рифи оточують Австралію з північного заходу, утворюючи ланцюжки величезних бар'єрних рифів, і складають тіла океанічних островів – атолів, які іноді сягають ширини до 90 км. Більша частина створеної тваринами мінеральної речовини перебуває також у вигляді домішок, які містяться в різних кількостях в інших осадових породах. Наприклад, сучасні морські піски значною мірою складені з уламків раковин молюсків.

Жива речовина проявляє значно більшу морфологічну і хімічну різноманітність, ніж нежива. В природі відомо понад 2 млн. органічних сполук, які входять до складу живої речовини, тоді як кількість мінералів неживої речовини становить декілька тисяч, тобто на три порядки нижче.

Всі функції живих організмів у біосфері не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення: біосфера Землі сформувалася як складна система, з великою кількістю видів організмів, кожен з яких виконує свою роль у загальній системі. Без цього біосфера взагалі не могла б існувати, тобто стійкість її існування була відразу започаткована її складністю. Зрештою, різноманітні форми життя в їх глобальному взаємозв'язку визначають унікальні властивості біосфери як саморегулюючої системи, гомеостаз якої запрограмований на всіх рівнях організації живої матерії.

### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення поняття «біосфера».
2. Які межі характерні для біосфери на рівні гідросфери, літосфери та атмосфери?
3. Чим визначаються межі біосфери?
4. Коли з'явилася біосфера?
5. Які компоненти складають біосферу?
6. Що таке жива речовина біосфери?
7. Наведіть приклад масового вимирання живих організмів
8. Вкажіть функції живої речовини у біосфері.
9. Наведіть приклади виконання живою речовиною біосфери концентраційної функції.
10. Наведіть приклади редуцентів.

## Лекція 5. Сучасні уявлення про біосферу (Частина II)

5.1 Геологічний кругообіг речовин.

5.2 Біологічний кругообіг речовин.

### 5.1 Визначення біосфери. Структура біосфери.

Геологічний кругообіг речовин – це кругообіг води і циркуляція атмосфери, які протікають без участі живих організмів та забезпечують перерозподіл речовин між біосферою та більш глибокими шарами Землі.

Цей колообіг забезпечують: 1) ендегенні геологічні процеси, що відбуваються під впливом внутрішньої енергії Землі, в результаті радіоактивного розпаду, хімічних реакцій утворення мінералів, кристалізації гірських порід, тектонічних рухів, землетрусів; 2) екзогенні геологічні процеси, що відбуваються під впливом зовнішньої енергії Сонця. Наприклад, вивітрювання гірських порід і мінералів, видалення продуктів руйнації з одних ділянок земної кори та їх перенос на нові ділянки, утворення осадових порід.

Кругообіг води. Це безперервний замкнутий процес переміщення води. Він створює механізм перерозподілу на Землі речовини та енергії, об'єднує не тільки водні об'єкти, але й окремі частини планети. Кругообіг має циклічний характер і складається з кількох основних процесів: 1) випаровування води; 2) перенесення водяної пари повітряними течіями; 3) утворення хмар; 4) випадання опадів; 5) поверхневого і підземного стікання вод суші в океан. Рушійними силами кругообігу води є притік до поверхні Землі сонячної енергії та сила тяжіння.

Основним джерелом надходження води в атмосферу є Світовий океан, з поверхні якого під дією сонячної енергії щороку випаровується 505 тис. км<sup>3</sup> води, або 87,6 % загальної кількості вологи, що випаровується на земній кулі. Більша частина цієї вологи (458 тис. км<sup>3</sup>, або майже 91 %) повертається у вигляді атмосферних опадів безпосередньо на поверхню океанів і морів.

Розрізняють загальний кругообіг води, який охоплює всю Земну кулю, і малі кругообіги води. Загальний кругообіг відбувається за схемою: океани – атмосфера – суша – океани. Малі кругообіги води є частинами загального (великого) кругообігу. Вони становлять внутрішній кругообіг води над окремими океанами, материками або їх частинами.

Підраховано, що приблизно за 3000 років вся сучасна маса гідросфери повністю випаровується, тобто інтенсивність обміну або відновлення води в ній за рахунок випаровування дуже велика. З часу останнього зледеніння (10 тис. років тому), вона вже три рази пройшла через пароподібний стан в атмосфері, а за час існування Землі – декілька мільйонів разів.

Молекули випарованої води в атмосфері формують складову гідросфери. Концентрація водяної пари в атмосфері змінюється від 0,2 % біля полюсів до 2,6 % поблизу екватора і швидко зменшується з висотою. З висотою температура повітря знижується, тому водяна пара на визначеній висоті досягає насичення і конденсується. На рівні конденсації водяна пара перетворюється у дрібні краплі й кристали снігу або льоду, з яких утворюються системи хмар.

Сільськогосподарське та промислове виробництво, не змінюючи загальної кількості води в її біогеохімічному циклі, суттєво перерозподіляє надходження води до різних регіонів. Виявляється, меліорацією охоплені величезні території. Відірваність меліоративних проектів від екологічних концепцій призвела в підсумку до запустелювання, обміління рік, висихання замкнених водойм, що знаходяться в умовах континентального клімату. Яскравим прикладом є зневоднення півдня Середньої Азії за рахунок, в тому числі, забору води з Амудар'ї та Сирдар'ї, що завершилося трагедією Аральського моря.

## 5.2 Біологічний кругообіг речовин.

Біологічний кругообіг речовин – це кругообіг речовин, рушійною силою якого є діяльність живих організмів.

*Цикл нітрогену.* Це один із найшвидших кругообігів речовин. Реалізується він в основному за рахунок діяльності різних груп живих організмів (за своїми масштабами біологічна фіксація азоту значно перевищує небіологічну) і, в першу чергу, за активної участі мікробів. Основним депо азоту є газоподібний азот атмосфери. Його зв'язування здійснюється вільноіснуючими азотфіксаторами (*Azotobacter, Clostridium, Nostoc, Rhizobium*). Фіксація азоту потребує значних витрат енергії, оскільки багато її йде на розривання потрійного зв'язку в молекулі азоту. Бактерії в бульбочках бобових витрачають на біофіксацію 1 г азоту близько 10 г глюкози. Органічні речовини, які вміщують зв'язаний азот, мінералізуються шляхом амоніфікації та нітрофікації, що робить нітратний та амонійний азот доступним для вищих рослин: 1) нітрифікація полягає в окисненні амоніаку до азотистої кислоти, а потім окиснення нітритів до нітратів; 2) денітрифікація – відновлення нітратів до молекулярного азоту чи  $N_2O$  – відбувається в анаеробних умовах, за яких мікроорганізми використовують для окиснення різних речовин (одержання енергії) кисень нітратів із вивільненням з них азоту; 3) амоніфікація – процес розкладу органічних азотистих речовин з виділенням амоніаку – відбувається внаслідок руйнування білків організмами.

У тваринних організмах виведення надлишків нітрогену відбувається відщепленням амінів ( $NH_2$ ) від органічних сполук і виділенням їх у зовнішнє середовище у вигляді аміаку  $NH_3$  або сечовини  $CO(NH_2)_2$ . Ґрунтові мікроорганізми легко перетворюють сечовину на аміак шляхом гідролізу.

Протягом останніх століть людина порушила природну збалансованість кругообігу нітрогену в біосфері. Мінеральні добрива стали важливим чинником, який змінив природний колообіг азоту. Тепер кількість усіх форм азоту, що виробляється промисловим шляхом, прирівнюють до кількості, яку фіксують біогенним шляхом. Сумарна кількість азоту, що міститься в мінеральних добривах сягає понад 50 млн т. Стільки ж, а можливо й більше азоту потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання викопного палива.

Нітрати не повністю використовуються культурними рослинами і суттєво збіднюють ґрунтові води та водойми. Проблема нітратного забруднення навколишнього середовища в наш час стала однією з найбільш актуальних.

*Цикл карбону.* Кругообіг карбону – досить простий: у ньому беруть участь лише органічні сполуки і карбону діоксид. Фотосинтез і дихання – повністю

комплементарні, тобто весь асимільований у процесі фотосинтезу карбон включається у вуглеводи, а в процесі дихання весь карбон органічних сполук перетворюється в  $\text{CO}_2$ . Крім  $\text{CO}_2$  в атмосфері карбон представлений також СО – близько 0,1 частина на мільйон, і метаном ( $\text{CH}_4$ ) – близько 1,6 частин на мільйон. Як і  $\text{CO}_2$ , ці сполуки знаходяться у стані активного колообігу, час обертання менше місяця для СО і 3,6 року для метану та 4 роки – для  $\text{CO}_2$ .

Кругообіг карбону в океані відрізняється від кругообігу на суходолі. Різниця зумовлена особливостями як середовища, так і мешкання тут водних організмів. Продукція фітопланктону стримується низьким вмістом необхідних елементів мінерального живлення. У зв'язку з цим фітопланктон не утворює значних запасів біомаси, на відміну від біомаси, створеної рослинністю в наземних умовах. Тому кількісне проходження карбону через фотосинтетичну ланку трофічного ланцюга, утвореного фітопланктоном, незначне. У зв'язку зі зменшенням загальної біомаси консументів різного трофічного рівня різко знижується їх частка в кругообігу карбону океану. Мертві організми при опусканні на дно океану поїдаються нектоном і розкладаються мікроорганізмами, стають їжею бентосу і, в деяких випадках, виключаються з кругообігу.

Утворення техносфери суттєво змінило цей цикл. Наразі антропогенне надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу, за неупередженими оцінками, зросло порівняно із природним на 6–10 %. Це пов'язано в основному із вирубкою лісів та заміною їх менш продуктивними агроценозами. Певний внесок дає й промисловість, особливо ті її галузі, що пов'язані із спалюванням палива, та транспорт.

Знання про кругообіг карбону використовують в геохронології. Практичне значення для визначення віку археологічних знахідок має радіовуглецевий метод, заснований на радіоактивному розпаді вуглецю-14. Ізотоп вуглецю-14 постійно утворюється в атмосфері в результаті впливу нейтронів космічного випромінювання на атоми нітрогену  $^{14}\text{N}$ . Утворений важкий карбон радіоактивний. Виділяючи  $\beta$ -частину, він перетворюється на нітроген. Радіоактивний карбон  $^{14}\text{C}$  поряд з нерадіоактивним  $^{12}\text{C}$  з атмосфери вбирають рослини, а їх, в свою чергу, вживають тварини. У живих рослинах та тканинах тварин відношення між двома ізотопами залишається постійним і змінюється тільки після їх відмирання. Ступінь зменшення радіоактивного карбону в рештках рослин і тварин можна визначити і таким чином визначити час загибелі організму.

*Цикл сульфур.* Незважаючи на існування численних джерел газоподібних сполук сульфуру ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  та ін.), переважна частина кругообігу сульфуру має осадочну природу і відбувається у ґрунтах та водах. Основне джерело сульфуру, доступне всім організмам – різноманітні сульфати. Поглинаючи сульфати, рослини їх поновлюють і виробляють сульфурвмісні амінокислоти. Різні покиді біоценозів розкладаються бактеріями, які перетворюють їх на сульфіди. Наприклад, донні відкладення Чорного моря містять сіркорозкладаючі та сульфатредуючі бактерії, які функціонують у анаеробних умовах; вони можуть відновлювати  $\text{H}_2\text{S}$  до елементарної сірки. З іншого боку, є бактерії, які окислюють  $\text{H}_2\text{S}$  до сульфатів. Остання фаза кругообігу сірки повністю осадова і



полягає у випаданні в осад цього елемента в анаеробних умовах в присутності заліза та інших металів.

*Цикл фосфору.* Кругообіг фосфору в біосфері є незамкнутим. Цей цикл має найбільш простий характер. Основний запас фосфору зосереджений на планеті у вигляді гірських порід та мінералів. При їх вивітрюванні утворюються фосфати, які використовуються рослинами для побудови органічних речовин свого тіла. Після відмирання рослин фосфор мінералізують мікроорганізми. Втрати фосфору в циклі пов'язані переважно з винесенням фосфору в моря та океани. Щорічно річками виноситься до Світового океану близько 2 млн. т. фосфору.

### **Контрольні питання**

1. Що таке геологічний кругообіг речовин?
2. Які процеси забезпечують геологічний кругообіг речовин?
3. Які процеси складають геологічний кругообіг води?
4. Які причини лежать в основі екологічної проблеми Аральського моря?
5. Чим відрізняється загальний геологічний кругообіг води від її малих кругообігів?
6. Що таке біологічний кругообіг речовин?
7. Яким чином здійснюється біологічний кругообіг нітрогену?
8. Наведіть приклади бактерій азотфіксаторів.
9. Яким чином здійснюється біологічний кругообіг карбону?
10. Чому кругообіг фосфору у біосфері є незамкнутим?

## Лекція 6. Основні середовища життя в біосфері

6.1 Специфічні пристосування гідробіонтів до життя у водному середовищі.

6.2 Наземно-повітряне середовище існування.

6.3 Ґрунт як середовище життя.

### 6.1 Специфічні пристосування гідробіонтів до життя у водному середовищі.

Важливою фізичною особливістю води є її висока щільність, яка послаблює земне тяжіння, що дає змогу гідробіонтам мікроскопічних розмірів перебувати у зваженому стані. Більші за розміром гідробіонти для полегшення плавання знижують свою щільність, включаючи до складу тіла велику кількість води (медузи), жирових крапель (діатомові водорості), повітря (ламі-нарії, молюск наутітус), а також утворюючи різні відростки.

За здатністю до пересування та способу живлення мешканців водойм поділяють на три екологічні групи: планктон, нектон і бентос.

I. Планктон – це сукупність рослин та інших фотосинтезуючих організмів (фітопланктон: діатомові, зелені водорості, рослинні джгутіконосці, ціанобактерії) 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 протистояння течії.

Планктон відіграє важливу роль у трофічних зв'язках біосфери, тому є їжею для багатьох водних мешканців, у тому числі основним кормом для вусатих китів. Сезонні зміни пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця, а у зв'язку з ним із коливаннями температури води та позначаються на всьому складі гідробіонтів: весняний, літній, осінній планктони систематично змінюють один одного у водоймах.

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 доквіллі.

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

1. зообентос (наприклад, риби, губки, кишковопорожнинні, черви, плечоногі молюски, асцидії, та ін.);

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

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

Виділяють також окрему групу організмів – перифітон. Перифітон – екологічна група гідробіонтів, що живуть на межі фаз вода – твердий субстрат, який може бути дуже різним за походженням (днища кораблів, гідротехнічні споруди, каміння тощо). До них належать бактерії, найпростіші, гриби, водорості, губки, черви, ракоподібні, двостулкові молюски тощо, які мають різноманітні засоби прикріплення до субстрату. Ці істоти поширюються на певних фазах життєвого циклу (у вигляді спор, личинок).

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 кожного з абіотичних екологічних факторів гідробіонти виробляють специфічні адаптації, наприклад до світла.

Орієнтуючись на світло, гідробіонти знаходять для себе найбільш вигідне положення в просторі. Особливо велике значення це має для морських планктонних організмів, які, здійснюючи регулярні добові міграції, уночі піднімаються до поверхні води, а вдень опускаються на глибину 100–200 м. У низки організмів, що мешкають в абісальних і підземних водоймах, відбувається деградація органів зору: очі стають непомітними, кристалик відсутній. У багатьох безхребетних і риб, які мешкають у сутінковій зоні, очі збільшуються, порівняно з організмами, що мешкають у добре освітлених горизонтах.

Багато водних організмів здатні світитися. Здатність організмів генерувати світло це – біолюмінесценція. У багатьох кишковопорожнинних і деяких молюсків світиться слиз, який вони виділяють. Глибоководні креветки *Acanthephyra* і кальмари *Heteroteuthis* здатні при небезпеці випускати рідину, що світиться, яка приховує їх від ворогів. У мілководних риб і головоногих молюсків світіння зазвичай обумовлено скупченням світних бактерій-симбіонтів, у глибоководних – світіння власне. Деякі хижаки навчилися використовувати біолюмінесценцію для залучення своїх жертв: риби вудильники, деякі акули.

Ряд гідробіонтів розшукує їжу та орієнтується за допомогою ехолокації – сприйняття відбитих звукових хвиль (китоподібні). З її допомогою дельфіни здатні знаходити зграї риб на відстані до 3 км.

Багато гідробіонтів для орієнтування в каламутній воді або в темноті користуються слабкими електричними розрядами різної частоти. Відомо близько 300 видів риб, здатних генерувати електрику та використовувати її для орієнтації і сигналізації. Прісноводна риба водяний слон (*Mormyrus kannume*) посилає до 30 імпульсів за секунду, виявляючи безхребетних, яких вона знаходить у рідкому мулі без допомоги зору.

## **6.2 Наземно-повітряне середовище існування.**

Низька щільність повітря визначає його малу підйомну силу та незначну силу опору. Мешканці повітряного середовища повинні мати власну опорну

систему, що підтримує тіло: рослини – різноманітні механічні тканини, тварини – твердий або, значно рідше, гідростатичний скелет. Крім того, всі мешканці повітряного середовища тісно пов'язані з поверхнею землі, яка служить їм для прикріплення та опори. Життя у завислому стані у повітрі неможливе.

Безліч мікроорганізмів і тварин, спори, насіння, плоди та пилок рослин регулярно присутні у повітрі й розносяться повітряними течіями, багато тварин здатні до активного польоту, проте в усіх цих видів основна функція їх життєвого циклу – розмноження – здійснюється на поверхні ґрунту. Для більшості з них перебування у повітрі пов'язане тільки з розселенням або пошуком здобичі.

Мала щільність повітря обумовлює низьку опірність пересуванню. Тому багато наземних тварин використовували у ході еволюції екологічні вигоди цієї властивості середовища, набувши здатність до польоту. До активного польоту здатні близько 75 % видів наземних тварин (комахи та птахи, а також деякі ссавці). Літають наземні тварини в основному за допомогою мускульних зусиль, але деякі можуть і планувати за рахунок повітряних течій.

У багатьох видів розвинена анемохорія – розселення за допомогою повітряних потоків. Анемохорія характерна для спор, насіння та плодів рослин, цист найпростіших. За допомогою вітру насіння та плоди рослин переносяться на великі відстані (до 40 км).

У багатьох видів із різних родин павутина слугує аеростатичним засобом розселення. Перед польотом павук забирається на високо розташовані предмети і, піднявши кінець черевця, випускає довгу нитку, що стелиться по повітрю. При достатній довжині нитки, що захоплюється повітряним плином, павук летить на ній.

Організми, що пасивно переносяться потоками повітря, отримали у сукупності назву аеропланктону за аналогією з планктонними мешканцями водного середовища.

Наземно-повітряне середовище характеризується наявністю найбільшого рівня освітлення. Це зумовлює не тільки наявність пристосувань для орієнтації в просторі, але і, наприклад, різних способів зміни забарвлення тіла для маскування. Так, зафарблення павуків-крабів (*Misumena vatia*) змінюється залежно від кольору субстрату. Білі екземпляри на жовтому фоні вже через добу набувають жовтого зафарблення, хоча іноді для цього потрібно до 20 діб. Будучи посаджені на білий фон, вони знову стають білими через 5–6 днів.

### **6.3 Ґрунт як середовище життя.**

Ґрунт, як середовище життя, за певною кількістю властивостей, займає проміжне місце між водним та повітряним. Температурний режим, відсутність світла, низький уміст кисню, значне зволоження, присутність значної кількості солей та органічних речовин у ґрунтовому розчині поєднують ґрунт з водним середовищем. Поверхневі шари ґрунту, де спостерігаються різкі зміни температурного режиму, регулярно і часто значне висушування, достатнє забезпечення повітрям, в тому числі, киснем поєднують ґрунт з наземно-повітряним середовищем.

Ґрунт – це середовище, де зосереджена основна маса редуцентів будь-якої наземної екосистеми, середовище, де розташовані корені рослин.

Симбіоз коренів вищих рослин з деякими грибами – мікориза. Гриби забезпечують вищі рослини елементами мінерального живлення, різними органічними сполуками, включаючи азотисті, сприяють регулюванню водного режиму. При наявності мікоризи підсилюється адсорбційна здатність кореневої системи; мікориза стимулює і активізує кореневу систему вищих рослин, виділяючи біологічно активні речовини (ферменти, вітаміни).

Всі рослини залежно від наявності в ґрунтах поживних речовин поділяють на три групи: еутрофи, оліготрофи і мезотрофи.

Еутрофи – рослини, вимогливі до наявності в ґрунті поживних речовин. До них належить переважна більшість рослин заплавних лук і широколистяних лісів.

Оліготрофи зростають на бідних ґрунтах, що мають дуже мало поживних речовин і відрізняються високою кислотністю. До них належать рослини північних суходолів, сфагнових боліт (верес, біловус, росичка, журавлина).

Мезотрофи – займають проміжне положення між еутрофами і оліготрофами, вони ростуть на середніх за наявністю поживних речовин ґрунтах.

Для дрібних ґрунтових тварин, яких об'єднують під назвою мікрофауна (найпростіші, коловертки, тихоходи, нематоди тощо), ґрунт – система мікроводойм. По суті, це водні організми. 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. Багато представників таких видів мешкає й у звичайних водоймах.

Розміри представників мезофауни ґрунтів – від десятих часток до 2–3 мм. До цієї групи відносяться в основному членистоногі: численні групи кліщів, первиннобезкрилі комахи (колемболи, протури, двохвістки), дрібні види крилатих комах, багатоніжки (Symphyla) тощо. 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.

Більших ґрунтових тварин (із розмірами тіла 2–50 мм) називають представниками макрофауни. Це личинки комах, багатоніжки, дощові черви тощо. Для них ґрунт – щільне середовище, що чинить значний механічний опір під час руху. Ці відносно великі форми пересуваються у ґрунті або розширюючи природні порожнини шляхом розсування ґрунтових часток, або риючи нові ходи. Обидва способи пересування накладають відбиток на зовнішню будову тварин. Розсовуючи частки ґрунту за рахунок тиску стінок тіла, пересуваються дощові черви, личинки комарів-довгоніжок та інші.

Мегафауна ґрунтів – великі землерії, в основному із групи ссавців. Ряд видів проводить у ґрунті все життя (сліпаки, 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.

Виділяються багатьма пристосуваннями мешканці нір (наприклад, бабаки, тушканчики, борсуки). Вони шукають їжу на поверхні, але зимують, відпочивають, спасаються від небезпеки, розмножуються в ґрунті. Для цього в них є ряд адаптативних пристосувань: довгі кігті, вузька голова, розвинута мускулатура, невеликі вушні раковини.

За ступенем зв'язку з ґрунтом можна розрізнити три основні групи тварин: 1) геобіонти – мешкають у ґрунті все життя; 2) геофіли – певна частина життєвого циклу обов'язково здійснюється у ґрунті; 3) геоксени – випадкові мешканці ґрунту, або користуються ґрунтом тільки як сховищем.

### **Контрольні питання**

1. Які організми входять до складу планктону?
2. Наведіть приклади нектонних організмів.
3. Які гідробіонти належать до бентосних?
4. Як гідробіонти адаптовані до життя у водному середовищі?
5. Якими особливостями відрізняється наземно-повітряне середовище?
6. Наведіть приклади адаптацій організмів до життя у наземно-повітряному середовищі.
7. Якими особливостями відрізняється ґрунт як середовище для живих організмів?
8. На які екологічні групи поділяються рослини залежно від наявності у ґрунтах поживних речовин?
9. Наведіть приклади макрофауни ґрунту.
10. Вкажіть представників мегафауни ґрунту.

## Лекція 7. Глобальні екологічні проблеми сучасності

7.1 Зміна клімату.

7.2 Руйнування озонового шару Землі.

7.3 Забруднення біосфери.

7.4 Скорочення біологічного різноманіття.

### 7.1 Зміна клімату.

Зміни клімату зумовлюються низкою факторів: зміною сонячної радіації та орбіти Землі, змінами у земній атмосфері, процесами, які відбуваються у інших частинах Землі, таких як океани, льодовики, а також ефектами, що супроводжують діяльність людини. Останні фактори вважаються визначальними в сучасній зміні клімату.

Одна з основних причин, що відбувається в цей час при потеплінні – зростання світових викидів в атмосферу, так званих парникових газів. Парниковий ефект – підвищення температури нижчих шарів атмосфери порівняно з температурою теплового випромінювання планети. Парникові гази атмосфери поглинають відбивану землею поверхнею теплову інфрачервону радіацію і частково посиляють її назад, створюючи умови для додаткового нагріву нижніх шарів атмосфери.

У разі відсутності природного парникового ефекту середня температура земної поверхні не перевищувала б мінус 18°C і життя в сучасному вигляді не існувало. Завдяки йому середня температура приземного шару повітря на Землі становить +15°C.

Антропогенне зростання концентрації парникових газів в атмосфері призводить до підвищення приземної температури та зміни клімату. До основних парникових газів відносять: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>. Також до парникових газів відносять водяну пару, але оскільки людина фактично не впливає на її концентрацію в атмосфері, її зазвичай не згадують. Найбільші обсяги викидів серед інших парникових газів (до 80 %) припадають на вуглекислий газ. На початку ХХ століття вміст вуглекислого газу в атмосфері складав 0,03 % за об'ємом, а зараз він становить 0,038 %.

Доказом факту антропогенного походження приросту CO<sub>2</sub> є тенденції за останні 100 років змін вмісту ізотопів атмосферного вуглецю – зменшення ізотопу <sup>14</sup>C (якого немає в органічному паливі) та збільшення вмісту ізотопу <sup>13</sup>C за рахунок антропогенної діяльності при його природному процесі зменшення (ефект Зюсса).

Більше 60 % всіх парникових газів потрапляють в атмосферу Землі в результаті спалювання викопного палива для виробництва теплової і електричної енергії і в двигунах внутрішнього згорання.

Нещодавно з'явилась нова теорія парникового ефекту: за даними досліджень, виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту за останні роки 10 разів перевищує викиди антропогенних джерел і складає 98 млрд т в рік. На сьогодні не має достатньо даних про причини збільшення виділення CO<sub>2</sub> ґрунтом. Велике значення має деградація ґрунтів, що призводить до інтенсивного окислення ґрунтового

Карбону і виділення в атмосферу додаткових обсягів CO<sub>2</sub>. Середній вміст С в 30-см верхньому шарі ґрунту становить 15т/Га, під час орного обробітку близько 20–50 % С протягом 20 років переходить в атмосферу (у тропіках 75 %). Розрахунки свідчать, що м/о окислення 1 т С дає 3,7 т CO<sub>2</sub>, а спалювання 100 л дизельного палива – 303 кг. Тобто якщо вміст С в орному шарі зменшується на 1 %, то приблизно 166 т CO<sub>2</sub> з одного га викидається в атмосферу. Зареєстрований щорічний 0,1 % приріст невеликий, але в сумі виходить дуже значна кількість. Тобто аграрна галузь дає 80 % всіх викидів CO<sub>2</sub>. Передбачається створення таких умов, за яких ці обсяги могли б зменшуватись завдяки збільшенню ґрунтової органіки і уповільненню процесів її розкладання. Вихід – перехід на безорний спосіб обробітку, що призведе до зв'язування CO<sub>2</sub>, так званий нульовий обробіток. Зараз великий прогрес в цьому напрямку досягнуто в Бразилії (50 % земель), США, Канаді.

Метан також відіграє помітну роль у парниковому ефекті, яка складає близько 19 % від загальної величини. Антропогенна діяльність (спалювання пального, емісія з вугільних шахт, видобуток та розподіл природного газу, переробка нафти) забезпечує 60–80 % сумарного потрапляння метану в атмосферу.

Парникові гази достатньо довго живуть в атмосфері (так, після попадання CO<sub>2</sub> в атмосферу знадобиться приблизно 30 років, щоб лише 30 % цього газу було виведено з атмосфери в результаті природних процесів) і добре там перемішуються завдяки атмосферній циркуляції. В результаті парниковий ефект не залежить від місця конкретного викиду CO<sub>2</sub> або іншого газу. Фактично будь-який локальний викид спричиняє лише глобальну дію, і вже глобальний ефект породжує вторинні ефекти, які впливають на клімат того або іншого конкретного місця.

Скорочення лісів помірного, тропічного та екваторіального поясів, деградація ґрунтів, інші антропогенні трансформації ландшафтів призводять до вивільнення вуглецю та утворення вуглекислого газу. Так, площа, зайнята лісами, зменшується щороку на 25 млн га, тобто скорочується зі швидкістю 0,6%. На початку ХІХ ст. ліси займали 60 % всієї території Землі, зараз вони займають майже 30 %. Процес знищення лісів призводить як до локальних, так і глобальних географічних та кліматичних змін.

Викликане парниковим ефектом підвищення температури сприяє додатковому вивільненню вуглекислого газу з води, ґрунтової вологи, льодовиків, відступаючої вікової мерзлоти, оскільки розчинність CO<sub>2</sub> у воді помітно знижується з підвищенням температури.

За 100 років середня температура на Землі зросла на 0,7–0,8°C. З початку індустріальної ери (приблизно середина ХІХ ст.) середня температура на планеті вже піднялася на 1,2°C.

Зміна кліматичних умов на Землі відбувається нерівномірно як у географічному, так і в тимчасовому розподілі. Процеси потепління найбільше спостерігаються у високих та помірних широтах.

Глобальне потепління вже викликає серйозні наслідки, але у перспективі зміна клімату може призвести до ще більш значимих наслідків:



1) в результаті кліматичних змін відбувається танення льодовиків, що веде до підвищення рівня Світового океану і, як наслідок, затоплення територій, зміни ландшафтів у різних регіонах Землі. В останні 50 років площі арктичних льодів скоротилися не менш ніж на 10 %, а їх товщина – на 40 %. За ХХ ст. рівень Світового океану підвищився на 10–20 см. До кінця поточного століття прогнозується підвищення на 50–90 см (за іншими сценаріями на 120–180 см);

2) спостерігаються зміни стійкості систем циркуляції повітряних і водних мас. Це приводить до збільшення стихійних лих: ураганів, тайфунів, посух, повеней, які спостерігаються в останні роки. Також відзначається посилення нерівномірності випадання опадів у різних частинах планети, що збільшує проблему дефіциту прісної води. За прогнозами станом на 2025 рік, 2,8 мільярда людей житимуть в регіонах, де постійно зростатиме дефіцит водних ресурсів;

3) може відбутися ослаблення плин Гольфстріму, що призведе до значного похолодання в ряді європейських країн;

4) підвищення температури і випадання більшої кількості опадів сприяють поширенню небезпечних для людини інфекцій;

5) кліматичні зміни впливають на глобальну продовольчу безпеку (впливаючи на продуктивність сільського господарства);

б) можуть відбутися масові втрати біорозмаїття через нездатності тварин і рослин пристосуватися до швидкого зросту температури (підвищений ризик вимирання для майже 30% видів живих істот);

7) потепління становить серйозну небезпеку для коралових рифів (загублено 11 % рифів без можливості відновлення, ще 32 % можуть загинути).

Паризька кліматична угода (2015 р.) встановила спільну ціль утримання зростання глобальної середньої температури значно нижче 2°C понад доіндустріального рівня та докладання зусиль з метою обмеження температури до 1,5°C, визнаючи, що це суттєво знизить ризики та наслідки зміни клімату.

З 2023 року НУ «Чернігівська політехніка» бере участь у реалізації проекту «Розкриття трансформаційного потенціалу українських університетів щодо кліматично-нейтральних та стійких міст» (“Unlocking the Transformative Potential of Ukrainian Universities towards Climate Neutral and Sustainable Cities”). Акронім проекту – UNICITIES, координатор проекту – Королівський технологічний інститут у Стокгольмі (KTH Royal Institute of Technology in Stockholm).

## **7.2 Руйнування озонового шару Землі.**

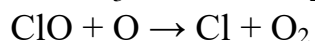
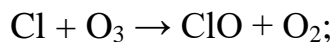
Озон (O<sub>3</sub>) утворюється під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця з кисню. Концентрація озону у верхньому шарі атмосфери залежить від сонячної активності, напруженості магнітного поля Землі і постійно змінюється. Озон поглинає шкідливі для всього живого жорсткі УФ промені.

Загальні запаси озону в атмосфері складають не більш як 3 млрд т. Найбільша щільність озоносфери на висоті 20–25 кілометрів. Товщина озонового шару, приведенного до нормальних умов (p = 760 мм рт. ст., t = 0°C) для всієї Землі складає 2,5–3 мм, причому на високих широтах товщина шару дорівнює 4 мм, а в екваторіальних – до 2 мм. Через високу хімічну активність він швидко реагує з різноманітними сполуками, що потрапляють у верхні шари атмосфери, і його

вміст зменшується – утворюються так звані озонові діри. Озонова діра – явище різкого зниження зонального вмісту озону над певною територією (вміст озону зменшується на 40–50 %).

Озоновий шар порушують хлорфторуглероди (фреони), які до недавнього часу вважалися одними з найкорисніших речовин, що були створені людиною. Їх світове виробництво у 1980 р. досягло 1 млн т.

Фреони, потрапивши в стратосферу, розкладаються під дією УФ-променів Сонця з виділенням атомів хлору, які каталізують перетворення озону на кисень. Так, один атом хлору призводить до розкладання 100 тис. атомів озону. Реакція має схематичний вигляд:



Руйнування озонowego шару спричиняють також космічна і ракетна техніка та сучасні надзвукові літаки. Викиди продуктів згоряння палива з їхніх двигунів розкладають озон до кисню та інших сполук. Вважається, що час життя в атмосфері для двох найбільш шкідливих фреонів – фреон-11 і фреон-12 становить 75 і 100 років відповідно.

Озонову діру вперше виявили над Антарктидою в 1980-х роках. Зниження кількості  $\text{O}_3$  в Арктиці завжди було виражено значно менше, ніж в Антарктиді. Однак, озонний шар Землі з 2000 року відновлюється на 1–3 відсотки на десятиліття (як вважається завдяки Монреальському протоколу). Монреальський протокол (1985 р.) встановлює терміни, протягом яких речовини, що руйнують озонний шар, повинні бути зняті з виробництва і виключені з використання.

Вважається що такими темпами в Північній півкулі озонний шар повністю відновиться до 2030-х років, а на всій планеті – до 2060 року. Тим не менше, озонні діри час від часу продовжують утворюватися. Так, у вересні 2021 року утворилася озонова діра, розміри якої перевищили площу Антарктиди.

УФ промені становлять серйозну небезпеку для клітин живого організму, оскільки можуть викликати деструкцію молекулярних і міжмолекулярних зв'язків, а також безпосередньо впливають на клітини тканин з утворенням радикалів.

Посилений потік ультрафіолетового випромінювання:

- 1) викликає опіки шкіри і канцерогенні реакції;
- 2) пригнічує імунну систему організму;
- 3) в районах підвищеного ультрафіолетового опромінення пригнічується ріст рослин, знижується врожайність багатьох культур, у водоймах зменшується кількість планктону;
- 4) викликає захворювання сітчатки очей;
- 5) кванти УФ діапазону безпосередньо впливають на синтез пігментів, активність ферментів і гормонів;
- 6) УФ-промені з довжиною хвилі 240–280 нм особливо сильно проявляють летальну і мутагенну дію, оскільки цей спектр співпадає із спектром поглинання нуклеїнових кислот (ДНК і РНК). При такому поглинанні відбуваються хімічні

зміни ДНК у процесі поділу клітини. Це призводить до загибелі клітини або зміни її спадкових властивостей, тобто до утворення мутацій.

### 7.3 Забруднення біосфери.

Забруднення – це внесення в навколишнє середовище або виникнення в ньому нових, зазвичай не характерних хімічних і біологічних речовин, агентів або внесення в надлишковій кількості будь-яких уже відомих речовин, які чинять шкідливий вплив на природні екосистеми й людину.

Фізичне забруднення пов'язане зі змінами фізичних, температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів зовнішнього середовища.

Хімічне забруднення – збільшення кількості хімічних компонентів певного середовища, а також: проникнення (введення) в нього хімічних речовин, не притаманних йому або в концентраціях, котрі перевищують норму.

Біологічне забруднення – випадкове або пов'язане з діяльністю людини проникнення в екосистеми не притаманних їм рослин, тварин і мікроорганізмів (бактеріологічне).

*Забруднення атмосфери.* Атмосферне забруднення спричинюють тверді частинки та різноманітні газоподібні речовини. У забруднення атмосфери найбільший внесок робить промисловість. Найбільш небезпечними забруднювачами атмосфери є кислотоутворюючі оксиди: нітрогену, сульфуру, а також вуглекислий газ, монооксид карбону, аміак, фтор, хлор та промисловий пил. Їх надходження в повітря помітно змінило склад сучасної атмосфери порівняно з доіндустріальним періодом.

Наприклад, сірчистий газ ( $\text{SO}_2$ ) утворюється як побічний продукт при металургійному виробництві та спалюванні кам'яного вугілля або нафти, що вміщують домішки сірки. Обсяги викидів сірчистого газу залишаються великими в промислово розвинених країнах.

Атмосферні забруднення  $\text{SO}_2$  спричинюють гострі та хронічні отруєння. Наприклад, у 1952 р. внаслідок утворення токсичного смогу в Лондоні померло 4 тис. чоловік. Фотосинтетичний апарат рослин виявляє високу чутливість до  $\text{SO}_2$ , що може порушувати світлову і темнову стадії фотосинтезу, впливаючи на стан хлорофілу, активність ферментів. Рушійною силою поглинання  $\text{SO}_2$  рослинами є дифузія молекул  $\text{SO}_2$ , головним чином через продихи.

*Забруднення ґрунту.* Для ґрунтів є небезпечним накопичення в них металів. Найбільш токсичними є плюмбум, меркурій, кадмій, нікель, кобальт. Акумуляція важких металів у водних екосистемах пригнічує не лише окремі організми та їх популяції, але і біопродукційні процеси в цілому. Важкі метали також забруднюють і водойми.

Небезпечним є забруднення ґрунту діоксинами. Під назвою «діоксин» виступає більше 75 поліхлорованих похідних дибензодіоксину та фуранів, що утворюються при відбілюванні целюлози та спалюванні побутових відходів і характеризуються високою токсичністю. Діоксини, потрапивши в організм людини, практично не виводяться, вони концентруються в живих тканинах і при накопиченні в кількості більше 1 мкг/кг маси тіла починають викликати

порушення травлення, фіброз печінки і підшлункової залози, атеросклероз, порушення слуху, рак і низку інших захворювань.

Ґрунт забруднюється в результаті використання пестицидів (пестициди також потрапляють до водойм з поверхневим стоком). За хімічним складом розрізняють хлорорганічні (ДДТ, гексахлоран, альдрин, ендрин тощо) і фосфорорганічні (метафос, хлорофос, карбофос), сполуки – похідні карбонових кислот, сечовини тощо. Особливо небезпечні пестициди у зв'язку зі здатністю багатьох із них накопичуватися в трофічних ланцюгах. Багато пестицидів дуже стійкі і поширюються далеко від місць застосування. Наприклад, у середині 1960-х років ДДТ виявлений в печінці пінгвінів у Антарктиді. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я щорічно отруюються пестицидами 500 тисяч чоловік, більше 5 тисяч – з летальними наслідками.

Забруднення літосфери відбувається також за рахунок відходів. Відходи, що утворюються внаслідок антропогенної діяльності, умовно поділяють на три категорії: промислові, сільськогосподарські й побутові.

Основна маса промислових відходів утворюється на підприємствах таких галузей: гірничої й гірничо-хімічної (відвали порід, шлаки та ін.); чорної металургії (шлаки, шлами, пил та ін.); металообробної (стружка, браковані вироби та ін.); лісової й деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопиляння та переробки деревини); енергетичного комплексу (шлаки, попіл, ядерні відходи та ін.); хімічної та суміжних галузей (фосфогіпс, галіт, цементний пил, пластмаси та ін.); харчової (шерсть, кістки та ін.), легкої й текстильної промисловості.

*Забруднення Світового океану та континентальних вод.* Забруднення Світового океану та континентальних водойм здійснюється через три основних джерела: 1) стічні води промисловості;

2) стоки сільськогосподарських виробництв;

3) стоки населених пунктів.

Серйозну небезпеку для водойм має забруднення поверхнево-активними речовинами (ПАР), що використовуються як миючі засоби. Найбільш поширені аніонні миючі засоби. Вони утворюють на поверхні води плівку, стійку до біоруйнування. У воді, забрудненій ПАР, спостерігається пригнічення розвитку всіх живих організмів.

Особливим видом забруднення акваторії є засмічення твердими відходами. Це різні предмети (або їх залишки), особливо з пластику.

Нітратне забруднення пов'язане з сільськогосподарською діяльністю, меншою мірою – з промисловими й комунально-побутовими відходами. Нітрати добре розчиняються у воді, відрізняються невеликою сорбційною властивістю, можуть мігрувати на значну відстань. Нітроти зв'язують гемоглобін крові, в результаті чого еритроцити втрачають здатність переносити кисень. Це порушує обмін речовин, дестабілізує нервову систему, послаблює захисні здібності організму. При взаємодії нітритів з амінами можуть утворюватися N-нітрозаміни, які є канцерогенами. Нітроти також викликають розвиток шкідливих кишкових бактерій, які виробляють токсини, що може призвести до отруєння організму.

Світовий океан забруднюється при розлитті нафти, що має місце при аваріях танкерів та стіканні нафти з прибережних територій у воду. До Світового океану щорічно скидається від 2,4 до 6 млн. тонн сирової нафти. Утворюючи на поверхні води плівку, нафта порушує газообмін води з атмосферою. Розчинні у воді фракції гостро токсичні для переважної більшості водних організмів. Від 2 до 4% водної поверхні Тихого та Атлантичного океанів постійно вкрито нафтопродуктами. Одна т нафти має здатність вкрити 12 км<sup>2</sup> поверхні моря нафтовою плівкою.

#### **7.4 Скорочення біологічного різноманіття.**

За останні декілька століть внаслідок людської діяльності темпи зникнення видів зросли майже в 1000 разів, порівняно зі звичайними темпами, характерними для різних етапів історії Землі. У Червоний список Всесвітнього союзу охорони природи (МСОП) занесено більш ніж 9 тис. видів тварин і майже 7 тис. видів рослин. Вважається, що через непродуману діяльність людей за найближчі 50–100 років може бути втрачено від 25 до 50 % сучасного видового різноманіття. Згідно з даними математичного моделювання, приблизна кількість видів, які живуть на Землі сьогодні, становить 8750000.

Серед видів, які зникли, можна як приклад привести стеллерову корову: ці тварини були вперше описані у 1741 році біля Командорських островів. Проте, протягом 27 років, заради м'яса та шкір вони були повністю знищені (остання морська корова – у 1768 році).

В цілому підраховано, що людьми були знищені понад 140 видів птахів (дронт, моа, мандрівний голуб тощо) і понад 100 видів ссавців (європейський тур, сумчастий вовк тощо).

Одним із головних завдань збереження біологічного різноманіття є його інвентаризація. При її проведенні насамперед вивчається флора і фауна. Найменш вивченими організмами ймовірно є гриби: вченими описано лише 7 % їхнього різноманіття.

Флора – еволюційно сформована сукупність видів рослин даної території (акваторії). Розрізняють: 1) флору материків; 2) флору земної кулі; 3) флору островів, водойм, гірських систем та ін.; 4) флору відділів рослинного світу – судинних рослин, мохів та ін.; 5) флору сучасну та флору викопну.

Фауна – еволюційно сформована сукупність усіх видів тварин, мікроорганізмів даної території (акваторії), або земної кулі. За місцем оселення тварин розрізняють: 1) водну фауну (морську, прісноводну та ін.); 2) фауну суходолу (грунтову, наземну, лісову, степову тощо). Розрізняють також сучасну та викопну фауну. Поняття фауна застосовують також щодо окремих таксонів тварин (ентомофауна, орнітофауна та ін.).

Вирізняють наступні рівні біологічного різноманіття: 1) видове різноманіття; 2) генетичне різноманіття – це сукупність генофондів різних популяцій одного виду. Генетичне різноманіття забезпечує різноманіття видів. До генетичного різноманіття відносять існування в межах одного виду підвидів, сортів, штамів, тощо; 3) різноманіття екосистем.

Фактори загрози для біорізноманіття: 1) втрата і деградація середовища існування виду внаслідок повного знищення або фрагментації місцеперебування, а також погіршення його основних характеристик. Наприклад, у Західній та Північній Європі втрачено 60 % водно-болотних угідь, природні ліси збереглися лише на невеличких територіях;

2) надмірна експлуатація видів (нестійкий промисел, видобуток або браконьєрство, ненавмисне знищення особин непромислових видів тощо);

3) забруднення, що впливає на види безпосередньо, перетворюючи середовище існування в несприятливе для їх життя, або опосередковано, спричиняючи зниження чисельності кормових видів, репродуктивної активності та, зрештою, зниження чисельності виду;

4) чужорідні види, які можуть конкурувати з місцевими за території або акваторії, харчові або інші ресурси і захворюваність;

5) зміна клімату, яка може спричиняти прямий вплив (переміщення в райони з більш сприятливими умовами) та опосередкований, впливаючи на перебіг життєвих циклів видів.

Багато видів організмів різко скоротили свою чисельність в результаті непродуманої переексплуатації екосистем. Так, промисел у Світовому океані, внутрішніх морях та прісних водоймах протягом останніх 50 років призвів до катастрофічного зменшення рибних запасів у всьому світі. Загальні обсяги морського вилову на більшості основних акваторій рибного промислу в Атлантичному і частково у Тихому океанах досягли свого максимально можливого значення. Надмірний китобійний промисел уже спричинив занепад світових запасів китоподібних. Багато видів стали рідкісними, а гренландський кит практично зник.

Наслідком значного скорочення біорізноманіття стане:

1) руйнування існуючих екологічних зв'язків та деградація природних угруповань, неспроможність їх до самопідтримування, що призводитиме до їх зникнення;

2) неможливість використання біологічних ресурсів для задоволення потреб людства (їжа, технічні матеріали, ліки та ін.).

Охорона світових біотичних ресурсів регламентована численними міжнародними угодами:

1) Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення як середовища існування водоплавних птахів (Рамсарська конвенція, 1971);

2) Конвенція про міжнародну торгівлю рідкісними видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (СІТЕС, 1973);

3) Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин (Боннська конвенція, 1979);

4) Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція, 1979);

5) Конвенція про біологічне різноманіття (Ріо-де-Жанейро; 1992).

У травні 2020 року Європейська Комісія презентувала природо-охоронний документ «Стратегію біорізноманіття ЄС до 2030 року: Повернення природи у наше життя».

Згідно з нею: 1) 30 % суходолу та 30 % морських акваторій повинні стати заповідними територіями;

2) особлива увага повинна приділятися районам з дуже високою природоохоронною цінністю чи значним потенціалом біорізноманіття. Біорізноманіття є пріоритетом зовнішніх дій ЄС і невід'ємною частиною зусиль для досягнення Цілей сталого розвитку ООН;

3) збереження біорізноманіття має потенційні прямі економічні вигоди для багатьох галузей економіки. Наприклад, збереження морських ресурсів може збільшити щорічний прибуток рибної промисловості на більш ніж 49 мільярдів євро.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть сучасні глобальні екологічні проблеми.
2. Чим викликана сучасна зміна клімату?
3. Які докази зміни клімату через антропогенний вплив на атмосферу планети можуть бути наведені?
4. Які парникові гази утворюють парниковий ефект?
5. Наскільки зросла середня температура за останні 100 років?
6. Чим спричинено руйнування озонового шару планети?
7. Які хімічні речовини антропогенного походження забруднюють біосферу?
8. Чим забруднюється Світовий океан?
9. Наведіть приклади тварин, які були винищені людиною.
10. Назвіть фактори загрози біологічним видам.

## Лекція 8. Екологічні проблеми України

8.1 Сучасний стан довкілля в Україні.

8.2 Радіоактивний фон на території України після аварії на ЧАЕС.

### 8.1 Сучасний стан довкілля в Україні.

*Забруднення атмосфери.* Україна відзначається значним забрудненням атмосфери, особливо в промислово розвинутих областях. Через техногенну діяльність у повітря над Україною викидається щорічно близько 20 млн. т шкідливих речовин (більше 300 кг на кожного мешканця України), усереднений хімічний склад яких наступний:  $\text{SO}_2$  – 30 %,  $\text{CO}_2$  – 37 %,  $\text{NO}_x$  – 10 %, вуглеводні – 8 %, інші – 15 %. Основними забруднювачами повітря України є підприємства чорної металургії (33 %), енергетики (30 %), вугільної промисловості (10 %), хімічної та нафто хімічної промисловості (7 %).

Зниження якості атмосферного повітря небезпечно для здоров'я міських мешканців. Найбільш поширеною шкідливою домішкою повітряного середовища є чадний газ. Надмірна кількість цього газу в повітрі призводить до швидкої стомлюваності людини, головного болю, запаморочення, ослаблення пам'яті, порушення діяльності серцево-судинної та інших систем.

Основними джерелами забруднення повітряного простору над сільськими районами є тваринницькі і птахокомплекси, агрохімічні склади, сховища протравленого насіння, поля з внесеними на них отрутохімікатами і мінеральними добривами.

Протягом останніх років усі великі міста України збільшили забруднення атмосфери викидами транспорту (його частка в загальному забрудненні становить 55–82 %). Автомобільні викиди – це суміш близько 200 речовин. Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4 т кисню, спалює 2–3 т палива й викидає більше 3 т  $\text{CO}_2$ , 0,5 т CO, 27 кг  $\text{NO}_x$  і декілька кг гумового пилу.

Оксиди сульфуру і нітрогену, що потрапили в атмосферу, окиснюються і, сполучаючись з водою, утворюють туманоподібні краплини сульфатної та нітратної кислот. Переносячись вітрами на значні відстані, вони згодом випадають разом з дощем, який має кислу реакцію. Кислотними називають взагалі будь-які опади – дощ, сніг, туман, якщо значення їх рН становить менш, ніж 7. Кислотні дощі мають значення рН частіше в межах 4,1–2,1, а в деяких випадках навіть менш як 2,1. В Україні кислотні дощі часто випадають у Дніпропетровській, Сумській, Черкаській та Рівненській областях, де в повітря викидається значна кількість оксидів сірки і азоту. Кислотні дощі спричиняють підвищення кислотності ґрунтів, зменшують їх продуктивність, міняють склад ґрунтових мікроорганізмів. Під впливом кислотних опадів відбувається підкислення водойм і ґрунтів, вимивання з ґрунту калію, магнію і кальцію та зменшення врожайності сільськогосподарських культур на 3–8 %, деградація флори і фауни.

Надзвичайно небезпечні діоксини, бензпірени – канцерогени, які містяться в димі, особливо коли спалюють полімерні упаковки.



При виробництві будівельних матеріалів джерелами надходження в атмосферу твердих часток (карбонати і оксиди кальцію, шлак, цемент тощо) є цементні заводи, установки з виробництва магнезиту, печі випалення цегли, кар'єри, підприємства з випуску ізоляційних матеріалів, керамічні заводи, установки з виробництва асфальту тощо.

Найбільш небезпечні промислові викиди для здоров'я дітей. У зв'язку із забрудненням атмосферного повітря знижуються адаптивні можливості дитячого організму, що призводить до зміни дихальних функцій і збільшення рівня легеневої патології.

*Деградація ґрунтів.* Україна є важливим і визначним у світі регіоном інтенсивного землеробства і тваринництва, територія якого характеризується високою сільськогосподарською своєрідністю: 56,6 % усіх її земель використовується під рілля. Інтенсивне використання земель, широке застосування великовагової сільськогосподарської техніки негативно впливає на механічну структуру, повітряний та водний режим ґрунтів, знижує їх родючість. Недостатнє внесення органічних добрив при інтенсивному використанні земель призводить до зменшення вмісту гумусу.

Щорічно в Україні від ерозії втрачається до 500 млн. т ґрунту. З продуктами ерозії виноситься до 24 млн. т гумусу, 0,96 млн. т азоту, 0,68 млн. т фосфору, 9,40 млн. т калію, що значно більше, ніж вноситься з добривами. Щорічний приріст еродованих земель досягає 80–90 тис. га.

В південних областях України, де відбувається інтенсивне зрошення, розгортається процес підтоплення й засолення ґрунтів, деградація чорноземів. Нині більше 14 % загальної площі поливних земель еродують, майже 1,5 % – перезволожені, понад 4 % – солонцюваті й засолені.

В областях Українського Полісся, де проведено осушення земель, відбувається неконтрольоване зниження рівня ґрунтових вод, зменшення потужності органічної маси, обміління рік, дефіцит прісної води. Через науково необґрунтоване осушення боліт Полісся, починаючи з 50-х рр. ХХ ст., змінилися умови існування реліктових рослин льодовикового періоду, що поставило їх на межу зникнення. Різке зниження рівня ґрунтових вод сприяє висиханню лісових масивів та збільшенню посушливості клімату.

Інтенсивне забруднення ґрунтів – це значний антропогенний вплив на земельні ресурси в Україні. Основними причинами цього явища, яке підлягає постійному польовому та лабораторному контролю, можна вважати накопичення у ґрунтовому покриві залишків мінеральних добрив та важких металів.

Актуальною екологічною проблемою є надмірне використання пестицидів. Відносно обмежений асортимент сучасних хімічних засобів захисту рослин, недостатнє застосування біологічних методів боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур і тварин, незбалансоване внесення в ґрунт мінеральних добрив, тощо зумовили майже в усіх регіонах країни надмірну концентрацію у сільськогосподарських продуктах гербіцидів, нітратних форм азоту.

Пестициди можуть викликати інтоксикацію, наслідки якої залежать від властивостей, кількості отрути, а також стану організму людини. Вони викликають алергічні реакції, зниження імунної реактивності, деякі пестициди можуть викликати мутагенну дію, яка призводить до зміни спадкових властивостей. Вплив пестицидів на людину може призвести й до інших патологічних змін, які виникають в організмі через тривалий відрізок часу. До їх числа належать деякі ураження нервової системи, патологічні зміни в печінці, серцево-судинній системі та ін. Найбільш інтенсивними забруднювачами сільгоспугідь – хлорорганічні пестициди.

Істотним фактором техногенного забруднення ґрунтів є транспорт. Викиди вихлопних газів суттєво підвищують вміст свинцю у ґрунтах біля автотрас (навіть на відстані більше 100 м від траси його вміст у 3–4 рази перевищує ГДК).

Окремою проблемою є вплив нафтогазового комплексу на ґрунти.

В Україні триває процес прогресуючого накопичення відходів. Загальний їх обсяг на цей час оцінено в 35 млрд. тон. Основна маса відходів утворюється на підприємствах вугільної промисловості, гірничо-металургійних, хімічних, машино-будівних, паливно-енергетичних, будівельної індустрії та агропромислового комплексу. Так, в процесі добування чорних металів утворюються шлаки, які концентрують у своєму складі домішки інших металів. Вміст окремих компонентів у відвальних шлаках вищий, ніж у видобуваних рудах, тому такі шлаки доцільно переробляти. На заводах чорної металургії щороку утворюється близько 70 млн. т шлаків. Приблизно стільки ж шлаків і попелу утворюється на електростанціях. Для розміщення цієї маси відходів щороку виділяють 2000 га орних земель.

*Проблема деградації водних ресурсів.* Особливої гостроти і актуальності набуває в Україні проблема водних ресурсів. Нерівномірність розміщення водних ресурсів по території країни та зростаючий їх дефіцит, найбільш гострий у південних та центральних областях, потребує негайного запровадження водозберігаючих технологій, організації безстічних виробництв, економного витрачання води для зрошення, а також в комунальному господарстві, побуті. Наприклад, якщо на одного жителя Закарпатської області припадає майже 7000 м<sup>3</sup> води місцевого стоку в рік, то в Херсонській області – лише 123 м<sup>3</sup>.

Основними джерелами забруднення природних вод є: 1) атмосферні води, які несуть значні кількості поллютантів, що вимиваються з повітря і мають переважно промислове походження. При стіканні по схилах, атмосферні та талі води додатково захоплюють з собою значну кількість речовин. Особливо небезпечні стоки з міських вулиць та промислових майданчиків, які несуть значну кількість нафтопродуктів, сміття фенолів, різних кислот; 2) міські стічні води, що включають переважно побутові стоки, які містять детергенти (поверхневоактивні речовини), мікроорганізми, у тому числі патогенні; 3) промислові стічні води, що утворюються у самих різноманітних галузях виробництва, серед яких найбільш активно споживає воду чорна металургія, хімічна, лісохімічна, нафтопереробна промисловості.

Дніпро є однією з найбільших річок Європи і найбільша в Україні. З дощовими й талими водами в Дніпро та його водосховища потрапляє близько

500 тис. т сполук нітрогену, 1 тис. т заліза, 40 тис. т фосфорних і 20 тис. т калійних добрив, 40 т нікелю, 2 т міді, 0,5 т хрому. В результаті води Дніпра містять 3–38 ГДК амонійного азоту, 5–29 ГДК цинку, 2–25 ГДК мангану та ін.

Надмірне потрапляння біогенних речовин з сільськогосподарських територій та підвищення літніх температур, а також через зарегулювання Дніпра, призвели до катастрофічного щорічного «цвітіння» Дніпра практично на всіх ділянках ріки. Це призводить до бурхливого розвитку ціанобактерій. Після відмирання на їх окиснення витрачається велика кількість розчинного кисню, якого не вистачає риbam, і виникають заморні явища. Наприклад, річний стік фосфору (в перерахунку на  $P_2O_5$ ) одного лише Києва становить близько 800 т на рік, а це призводить до підвищення вмісту фосфору в нижче розташованому Канівському водосховищі до неприйнятних меж (30–50  $мкг/дм^3$ ) і стимулює «цвітіння» води.

Забруднення Дніпра позначається перш за все на рибах. Отрутохімікати, які надходили у дніпровські водосховища, накопичувалися в донних відкладах, передавалися за трофічними ланцюгами і нарешті акумулювалися в рибах-бентофагах (лящ, лин, сом) та хижих рибах (судак, щука, окунь) – переважно в їх жировій і мозковій тканинах. Це зрештою позначалось на стані рибних запасів дніпровських водосховищ протягом тривалого часу.

Високий вміст міді (44–17 ГДК) і мангану (38 ГДК) спостерігався у водах Горині, Тетерева, Десни та ін.

У басейні р. Дунай спостерігається високе забруднення нітратним азотом (11–16 ГДК), сполуками цинку (11 ГДК), мангану (10–21 ГДК) та нафтопродуктами, р. Дністер – нітратним азотом (13–19 ГДК), сполуками мангану (16–61 ГДК) та ін.

## **8.2 Радіоактивний фон на території України після аварії на ЧАЕС.**

Однією з найбільших у світі екологічних катастроф стала аварія на Чорнобильській атомній електростанції, що спричинило до забруднення радіонуклідами значних територій. Смуга найбільшого радіаційного забруднення простягається на захід від Прип'яті до північно-східної частини Рівненщини. Високими рівні забруднення характерні для північної і східної частини Житомирщини (15–40  $Ki/км^2$ ) у районі Овруча, Коростеня. Забруднені також території Чернігівської і Сумської областей – рівень до 15  $Ki/км^2$ .

На сьогодні найбільший вклад у забруднення вносять  $^{137}Cs$  і  $^{90}Sr$ . Оскільки після Чорнобильської катастрофи осідання радіонуклідів на земну поверхню було значнішим у місцях, де під час проходження радіоактивних хмар випадали інтенсивні дощі, забруднення  $^{137}Cs$ ,  $^{90}Sr$  та іншими радіонуклідами має чітко виражений плямистий характер. Найвищі рівні забруднення радіонуклідами спостерігають в межах 30-кілометрової зони відчуження, утвореної навколо Чорнобильської АЕС.

Чорнобильська катастрофа призвела до загибелі значних просторів лісу на Українському Поліссі, який не витримав радіаційного опромінення. В межах так званого «рудого лісу» радіоактивне забруднення досягало декількох тисяч  $Ki/км^2$ .

В окремих місцях по Україні в ґрунтах встановлені аномальні рівні плутонію, які здебільшого співпадають з ареалами забруднення  $^{90}\text{Sr}$ . Максимальна кількість забруднених ділянок зустрічається у Чернігівській області, де щільність плутонію коливається в межах  $0,2\text{--}0,8\text{ мКі/км}^2$ .

Аварія на ЧАЕС призвела до різкого погіршення радіоекологічної ситуації в басейні Дніпра. Радіоактивного забруднення зазнали і п'ять водосховищ, що розміщені нижче за течією р. Дніпро: Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське і Каховське. З часом почала проявлятися тенденція до зниження радіонуклідного забруднення води. Зниження відбувалось внаслідок розпаду короткоіснуючих радіонуклідів, а також поглинання довгоіснуючих радіонуклідів донними відкладами. Проте, в окремі періоди внаслідок змиву радіонуклідів з прилеглих територій, процесів скаламучування та десорбції з донних відкладів вміст радіонуклідів у воді підвищувався.

Загальна площа сільськогосподарських угідь, забруднених радіонуклідами, складає в Україні близько 6,7 млн. га, з них з рівнем забруднення до  $1\text{ Кі/км}^2$  – 5,6 млн. га;  $1\text{--}5\text{ Кі/км}^2$  – 1 млн. га;  $5\text{--}15\text{ Кі/км}^2$  – 100 тис. га; понад  $15\text{ Кі/км}^2$  – 27 тис. га. Зона відчуження займає 58 тис. га.

У теперішній час радіаційний фон у більшості регіонів на території України за межами прямого впливу аварії на Чорнобильській АЕС коливається в основному в межах  $0,10\text{--}0,18\text{ мкЗв/год}$  (до аварії він складав  $0,05\text{--}0,10\text{ мкЗв/год}$ ). Збільшення потужності радіаційного фактору зумовлене надходженням у навколишнє середовище довгоживучих штучних радіонуклідів.

### Контрольні питання

1. Назвіть екологічні проблеми України.
2. Якими є основні джерела забруднення атмосфери в Україні?
3. Що таке кислотні дощі?
4. Які причини деградації ґрунтів в Україні?
5. Як пестициди впливають на організм людини?
6. Якими є основні джерела забруднення водних об'єктів в Україні?
7. Які радіонукліди визначають основне радіоактивне забруднення України?
8. Вкажіть сучасний радіаційний фон на території України.
9. Де знаходиться територія, яка є максимально забрудненою радіоактивними речовинами?
10. Яка площа сільськогосподарських земель на території України забруднена радіонуклідами?

## Лекція 9. Прикладні аспекти екології (Частина I)

9.1 Природні ресурси та їх класифікація.

9.2 Раціональне використання та охорона водних, атмосферних, земельних, біологічних ресурсів.

### 9.1 Природні ресурси та їх класифікація.

Природними ресурсами називають компоненти природи, які на даному рівні розвитку продуктивних сил використовуються або можуть бути використані як засіб виробництва чи предмет використання. Природними ресурсами можуть бути об'єкти та явища, що прямо чи опосередковано використовуються для створення матеріальних благ суспільства та підтримки умов існування людства. Використання природних ресурсів має тенденцію до постійного розширення і зміни пріоритетів – до цього спонукає як науково-технічний прогрес, так і зростання чисельності населення Землі. Величезні обсяги використання людством природних ресурсів надзвичайно загострили проблеми їх раціонального використання і охорони.

Існує безліч класифікацій природних ресурсів. Наприклад, класифікація природних ресурсів, що ґрунтується на особливостях їх походження, економічного значення та специфіки господарського використання, передбачає:

1) природну класифікацію за природними групами (земельні, водні, мінеральні, біологічні, кліматичні тощо); 2) екологічну класифікацію за ознаками вичерпності і відновлюваності природних ресурсів (невичерпні і вичерпні, в складі останніх – відновлювані і невідновлювані). Відновлювані – біологічні, земельні, водні та ін.), невідновлювальні – мінеральні (підземні корисні копалини); 3) господарську класифікацію природних ресурсів, що враховує можливості їх використання (реальні та потенційні природні ресурси). Теоретично всі речовини Землі можна розглядати як потенційні корисні копалини.

Цілі екосистеми та його окремі компоненти служать ресурсами для людини. При їх використанні необхідно насамперед враховувати ту роль, яку вони мають для біосфери.

*Роль атмосфери.* Кліматорегулюючі функції атмосфери проявляються в регуляції нею основних кліматичних параметрів: температури, вологості, тиску, швидкості і напрямку вітру. Завдяки атмосферній регуляції основних кліматичних параметрів на Землі представлені різноманітні кліматичні пояси і погодні умови. Присутність атмосфери істотно нівелює добові і сезонні контрасти температур біля земної поверхні.

Атмосфера регулює інтенсивність протікання процесів кругообігу речовин і енергії, кожен з яких проходить атмосферну стадію. В залежності від прозорості атмосфери регулюється процес надходження до земної поверхні сонячних променів.

Йони, які утворились в атмосфері під дією земного радіаційного випромінювання і космічних променів, позитивно впливають на живі організми.

Атмосфера – невід’ємна складова частина середовища існування живих організмів. Повітря насичує воду і пронизує ґрунти і гірські породи. Води насичені атмосферними газами, вони присутні в ґрунтах і гірських породах.

*Роль літосфери.* До складу літосфери входять два найголовніших компоненти – надра Землі і ґрунт. Надра Землі – частина природного середовища, яка знаходиться під поверхнею, включаючи мінерали, елементи і гірські породи, які виходять на поверхню землі. Надра – мінеральна основа біосфери; для людини надра є традиційним об’єктом добування корисних копалин: паливних (вугілля, нафта, горючі сланці), рудних (залізо, алюміній, мідь, олово та ін.), нерудних (фосфати, апатити та ін.), природних будівельних матеріалів (вапняки, піски, гравій та ін.).

Ґрунт – тонкий верхній шар континентальної земної кори, один з найголовніших ресурсів планети, гігантська екологічна система, яка поряд зі Світовим океаном вирішальним чином впливає на всю біосферу.

Літосфера, як елемент глобальної екосистеми, виконує важливі функції: 1) на її поверхні живе більшість рослинних і тваринних організмів, у тому числі і людина; 2) верхня тонка оболонка літосфери на материках – це ґрунти, що забезпечують умови життя для рослин і є основним джерелом отримання продуктів харчування для людей; 3) літосфера – це джерело енергетичної сировини, руд металів, мінеральних добрив, будівельних матеріалів тощо.

*Роль гідросфери.* Гідросфера – сукупність усіх водних об’єктів земної кулі: океанів, морів, річок, озер, водосховищ, боліт, підземних вод, атмосферних вод, льодовиків і снігового покриву. Загальні запаси водних ресурсів становлять близько 1454,3 млн. км<sup>3</sup> (з них менше 2 % – прісні води, а доступними для використання є лише 0,3 %).

Гідросфера виконує наступні функції: 1) вода входить до складу усіх живих організмів; 2) з участю води здійснюються більшість обмінних процесів у екосистемах; 3) вода є універсальним розчинником для багатьох хімічних сполук і елементів; 4) гідросфера виступає основним кліматотвірним фактором накопичуючи запаси енергії влітку, та «віддаючи» їх узимку; 5) вода – один із найважливіших видів сировини, основний природний ресурс що споживаються людством у більшості сфер його діяльності; 6) гідросфера є одним із провідних чинників формування рельєфу, у формуванні екзогенних процесів.

*Біологічні ресурси.* Біологічними ресурсами називають сукупність живих організмів планети, які забезпечують існування біосфери. Діяльність живих організмів забезпечує найважливіші процеси, що протікають у природі (фотосинтез, дихання, біогеохімічні кругообіги тощо) і з якими тісно пов’язане формування всіх інших природних ресурсів: сировинних, кліматичних, водних, земельних, рекреаційних. Експлуатація біоресурсів планети включає такі основні види діяльності людини як сільське господарство, лісівництво, збирання продукції лісів, промисел звірів, птахів, риби та морепродуктів. Така діяльність часто призводить до порушення та знищення природних біоценозів, зменшує біологічне різноманіття.

Одним з найважливіших ресурсів є ліс. Можна визначити такі основні напрями використання лісових ресурсів господарською метою: 1) джерело

деревини та супутніх частин дерев для деревообробної промисловості, для паперової промисловості як паливо, для лісохімічної промисловості (смола, дьоготь та ін.); 2) постачальник продуктів харчування: гриби, ягоди, м'ясо диких тварин; 3) кормова база для тваринництва; 4) об'єкт рекреації (лісові санаторії, відпочинок населення, екологічні стежки та ін.).

Звичайно, основна господарська цінність лісу полягає в можливості отримання різних видів деревини. Запас деревини бореальних лісів Євразії дорівнює 62 млрд м<sup>3</sup>, а дрібнолистих – ще 10 млрд м<sup>3</sup>. У Канаді запаси деревини становлять 24 млрд м<sup>3</sup>, а в США – 13 млрд м<sup>3</sup>. Виступаючи джерелом деревини та іншої лісової продукції, необхідної для задоволення потреб народного господарства і населення, ліси виконують важливі економічні функції.

Важливою складовою лісових ресурсів є недеревні ресурси, які включають в себе лісові рослини – харчові, лікарські, технічні, кормові та ін.

В умовах зростання урбанізації, збільшення масштабів господарської діяльності посилюється оздоровче, науково-пізнавальне та естетичне значення лісів у житті людей.

Ліси активно перетворюють деякі атмосферні забруднення. Найбільша окисна здатність притаманна хвойним – сосні, ялині, ялівцю, а також липі, березі. Ліси, особливо хвойні, виділяють фітонциди – леткі речовини, що володіють бактерицидними властивостями.

## **9.2 Раціональне використання та охорона водних, атмосферних, земельних, біологічних ресурсів.**

Заходи по запобіганню антропогенних навантажень на атмосферу:

Серед системи заходів спрямованих на запобігання атмосферних забруднень, виокремлюють декілька основних груп: до першої групи відносять заходи, спрямовані на скорочення валових викидів забруднювачів в атмосферу: вдосконалення технологічних процесів промислових підприємств; орієнтація на екологічно безпечні джерела виробництва електроенергії (вітрові-, геліо-, припливні- тощо); покращення карбюрації палива, перехід транспортних засобів на екологічно безпечні види палива.

Для захисту атмосферного повітря від забруднень автотранспортом велике значення мають заходи з планування та розбудови міських поселень. Зокрема озеленення автомагістралей, зонування жилих масивів, створення різнорівневих транспортних розв'язок, кільцевих доріг, використання підземного простору для розміщення автостоянок, гаражів, створення швидкісних автомагістралей, санітарно-захисних зон.

До іншої групи заходів із запобігання атмосферним забрудненням належать екологоосвітні та екологовиховні. Формування складових екологічної культури населення дозволяє впорядкувати побутове забруднення повітряного середовища, з розумінням відноситись до запровадження повітряноочисних заходів на робочих місцях, в установах, організаціях і підприємствах.

Заходи по запобіганню антропогенних навантажень на літосферу:

Для збереження фізичних властивостей ґрунтів (структури, пористості, оптимального водно-повітряного режиму) слід різко скоротити повторність

обробітку, перейти на прогресивні форми обробітку і ефективні легкі машини і механізми. Обробіток ґрунту та догляд за посівами повинні бути комплексними, виконуватись повним набором якісних навісних та причепних знарядь.

Альтернативою ультрахімізованого методу господарювання є органічне (біологічне) землеробство, яке повністю виключає застосування отрутохімікатів і неякісних мінеральних добрив. Проте це землеробство вимагає високої культури, дотримання всіх термінів та вимог обробітку ґрунту і догляду за рослинами, застосування біологічних методів захисту рослин від шкідників та бур'янів.

Раціональне використання та охорона надр передбачають такі заходи: 1) створення нових високоекологічних технологій розробки родовищ корисних копалин; 2) вилучення з добутої мінеральної сировини (у тому числі й бідних руд) усіх хімічних елементів або сполук, що містяться в них; 3) утилізація відпрацьованої породи або надійне її захоронення; 4) запобігання втратам мінеральної сировини в період експлуатації родовищ; 5) вилучення з руд основних і супутніх компонентів; 6) збереження чистоти водоносних горизонтів, очищення й утилізація стічних вод; 7) забезпечення економії мінеральної сировини при транспортуванні й переробці; 8) удосконалення методів захоронення радіоактивних відходів із метою запобігання радіоактивного забруднення навколишнього середовища; 9) охорона родовищ корисних копалин від затоплення при створенні водосховищ, організації звалищ промислових і побутових відходів; 10) охорона родовищ від пожеж; 11) пошук природних і штучних замінників дефіцитних мінеральних сполук, більш повне використання вторинних ресурсів; 12) використання альтернативних екологічно чистих джерел енергії.

Одним із найважливіших завдань раціонального використання мінеральних ресурсів є зменшення втрат корисних копалин під час їх розробки, які бувають дуже значними. Так, при шахтному видобутку сировини вони становлять 20–60 %, вугілля – 20–40, руд чорних і кольорових металів – 15–25 %.

Істотно зменшити споживання руд можна за рахунок вилучення корисних речовин із викидних газів, пилу та стічних вод. З цих відходів можна добувати сірку, ванадій, цинк, свинець, молібден та рідкісні метали.

Заходи по запобіганню антропогенних навантажень на гідросферу:

Для того, щоб зберегти гідросферу від остаточного забруднення і виснаження, необхідно перейти до раціонального використання водних ресурсів. Воно повинно базуватися на таких основних принципах: суворій економії водовитрат; запровадженню вододефіцитних («сухих») технологій, ефективному очищенні стічних вод; санітарній охороні поверхневих та підземних вод від забруднення та виснаження.

Застосування на виробництві замкнених циклів водокористування, заміна на підприємствах існуючих водомістких технологій на більш прогресивні, вдосконалення технології іригаційних робіт, ефективне очищення і широке використання для зрошення та для виробництва стічних вод, заміна старої аварійної системи водопостачання населених пунктів на сучасні, встановлення



лічильників – всі ці заходи повинні зменшити обсяги використання води для господарських та побутових потреб.

Охорона рослинного світу (в тому числі лісових ресурсів):

Вона забезпечується: 1) встановленням правил і норм охорони, використання та відтворення об'єктів рослинного світу; 2) заборонаю та обмеженням використання природних рослинних ресурсів у разі необхідності; 3) проведенням екологічної експертизи та інших заходів із метою запобігання загибелі об'єктів рослинного світу в результаті господарської діяльності; 4) захистом земель, зайнятих об'єктами рослинного світу, від ерозії, селів, підтоплення, затоплення, заболочення, засолення, висушення, ущільнення, засмічення, забруднення промисловими і побутовими відходами та стоками, хімічними і радіоактивними речовинами та від іншого несприятливого впливу; 5) створенням і оголошенням територій і об'єктів природно-заповідного фонду; 6) організацією наукових досліджень, спрямованих на забезпечення здійснення заходів щодо охорони та відтворення об'єктів рослинного світу; 7) розвитком системи інформування про об'єкти рослинного світу та вихованням у громадян дбайливого ставлення до них; 8) створенням системи державного обліку та здійсненням державного контролю за охороною, використанням та відтворенням рослинного світу; 9) занесенням рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин до Червоної книги.

### **Контрольні питання**

1. Що таке природні ресурси?
2. Які критерії є основою класифікації природних ресурсів?
3. Якою є роль атмосфери для біосфери?
4. У чому роль літосфери для функціонування біосфери?
5. У чому значення гідросфери для біосфери?
6. Що таке біологічні ресурси?
7. Яке ресурсне значення лісу?
8. Як можна захистити атмосферу від негативного антропогенного впливу?
9. Назвіть заходи по запобіганню антропогенних навантажень на літосферу.
10. Чим забезпечується охорона рослинного світу?

## Лекція 10. Прикладні аспекти екології (Частина II)

10.1 Екологічні основи інтродукції.

10.2 Біологічні методи боротьби зі шкідниками.

10.3 Фітомеліорація.

### 10.1 Екологічні основи інтродукції.

Інтродукція – переселення особин окремих видів рослин і тварин (або інших організмів) за межі їх ареалів і адаптація їх до нового середовища життя. Завезення видів на нові території може бути випадковим чи зумисним. Випадково людина сприяла завезенню на нові території багатьох шкідників, паразитів та збудників хвороб. Поряд з цим на нові території завозяться види з метою акліматизації або хижаки і паразити для біологічної боротьби зі шкідниками. Завозяться об'єкти лабораторних досліджень, які іноді випадково із лабораторій попадають у природу. Можливість існування виду в регіонах, куди він може потрапити вперше, а також його подальше розповсюдження визначаються перш за все його екологічною валентністю. Найчастіше натуралізувалися види з високою екологічною пластичністю.

У разі завезення тварин (та інших) у нові природно-кліматичні умови в їхньому організмі відбуваються фізіологічні зміни, причому в одних випадках глибокі, в інших – поверхові. Перебудова систем організму тим глибша, чим більша відмінність між новими і минулими умовами існування. Процес пристосування тварин до нових умов існування називається акліматизацією.

Якщо спеціально завезені види-інтродуценти виходять з під контроль людини вони можуть витіснити місцеві види і порушувати екологічну рівновагу в екосистемах. Наприклад, ввезення в Європу американської норки, у якої більш цінне хутро і яка є менш вибагливим видом, ніж місцеві європейські норки, призвело до повного витіснення місцевих норок.

На деяких островах і континентах відбулася майже повна заміна ендемічних видів інтродуцентами. На Гавайських островах, наприклад, більшість співучих птахів – інтродуковані.

Європейських кроликів завезли до Австралії колоністи в 1859 р. Кролики випадково потрапили в природні екосистеми, де через відсутність природних хижаків і патогенів, незабаром стали національним лихом Австралії. Кролики поїдали рослинність, якій харчувалися місцеві види тварин, що призвело до вимирання багатьох видів. Крім того, кролики винні в зникненні Австралійських лісів, оскільки вони поїдали молоді пагони дерев – коли дорослі дерева відмирили, то від лісу залишалася лише пустеля. Тоді, в 1950 році був ввезений вірус мікросоми (споріднений віспі), який знищив 60 % популяції кроликів.

Жаба ага (*Bufo marinus*) була спеціальна ввезена в 1930-х рр. з Південної Америки до Австралії для боротьби з комахами – шкідниками посівів цукрової тростини. Земноводні почали швидко поширюватися по країні, завдаючи великої шкоди місцевим екосистемам (оскільки вони є отруйними: при поїданні цих жаб гинуть місцеві австралійські тварини).

Непарний шовкопряд (*Lymantria dispar*) (його гусениці – небезпечні шкідники лісів) був завезений в США з Європи в 1860-х рр. для проведення селекційних робіт з отримання високопродуктивних шовковиків. Однак, випадково потрапив в природні екосистеми лісів США і з тих пір викликає їх сильне пошкодження.

У 1958 р. на Гватемалі в озеро Атітлан випустили північноамериканського окуня для риболовлі. Через 25 років, через розселення окуня, з озера зникла місцева популяція крабів, деякі види риб, а популяції деяких берегових птахів опинилися на межі зникнення.

Водний гіацинт (*Eichornia crassipes*) був завезений в 1884 р. з Південної Америки в США як декоративна водна рослина. Однак, незабаром став основним водним бур'яном в південних акваторіях США, Європи, Азії, Африки, Австралії.

## **10.2 Біологічні методи боротьби зі шкідниками.**

Біологічні методи захисту рослин – використання організмів і продуктів їх життєдіяльності (або їх синтетичних аналогів) для контролю щільності популяцій комах-шкідників, бур'янів і грибів, що викликають хвороби сільськогосподарських рослин.

Одним з перших на початку 80-х рр. XIX століття використовувати біологічні методи для контролю комах запропонував І. І. Мечников (спори цвілевих грибів проти хлібного жука). Проте перший промисловий препарат на основі тюрінгської бацили (*Bacillus thuringiensis*) був отриманий у Франції. Приблизно в цей же час біологічний метод був успішно застосований в Каліфорнії. У 1872 р. в цей район США був випадково занесений австралійський жолобчастий червець (*Icerya purchasi*), який став злісним шкідником цитрусових культур. У 1889 р. для боротьби з ним з Австралії був завезений його природний ворог – сонечко родолія (*Rodolia cardinalis*). Протягом кількох місяців зараженість дерев червцем різко знизилася. Цей прийом був успішно повторений ще в 50 країнах, де цитрусові страждали від червця.

В цілому, напрямки у біологічному захисті рослин можна звести у таку схему:

1) використання зоофагів та паразитів. Наприклад, для боротьби із шкідниками широко використовують яйцеїда-трихограму проти лускокрилих на посівах цукрових буряків, кукурудзи, капусти, у плодово-ягідних насадженнях. Технологія промислового розведення трихограми розроблена у 30-ті роки С. Фляндерсом (Каліфорнійський університет).

Для захисту від павутинних кліщів застосовується кліщ фітосейулюс (родина Phytoseiidae). При випуску фітосейулюса у великих вогнищах шкідників співвідношення хижака і жертви має становити не менше 1:600. За такого співвідношення через 6–12 днів фітосейулюс повністю знищує павутинного кліща.

Для боротьби з непарним шовкопрядом в ліси США з Європи був завезений жук красотіл пахучий (*Calosoma sycophanta*), який поїдає гусениць непарного шовкопряду. Один жук за літо знищує до 300 гусениць непарного шовкопряду.

2) застосування гормональних препаратів та інших біологічно активних речовин, що порушують метаморфоз шкідливих видів. Нині в практиці застосовують близько десяти ювеноїдів (синтетичні аналоги гормонів комах, що регулюють їх постадійний розвиток). Наприклад, на основі ювеноїдів створені препарати майнекс (проти тепличної білокрилки), інсегар (для боротьби з плодовими та іншими листокрутками) тощо.

Використовують також інгібітори синтезу хітину – гормоноподібні сполуки, які пригнічують розвиток комах, порушуючи формування кутикули під час линянь.

3) використання феромонів (біологічно активні речовини, які комахі виділяють в навколишнє середовище для дії на поведінкові реакції інших особин свого виду). Відомі феромони різного призначення: статеві феромони, або статеві атрактанти, забезпечують хімічну комунікацію статей у комах; агрегаційні – визначають реакцію тривоги у багатьох перетинчастокрилих; слідові – вказують шлях до колонії, їх виявлено в термітів, мурашок, бджіл. Найбільш вивчено феромони, відомі для багатьох комах з групи лускокрилих, твердокрилих, напівтвердокрилих, сітчастокрилих. Феромони самок призначені переважно для приваблення самців. Останні розрізняють феромони самок на значних відстанях і в дуже невеликій кількості. У захисті рослин найширшого застосування набули статеві феромони.

4) стерилізація комах. Так, для масової їхньої стерилізації (знепліднення) використовують радіоактивні випромінювання (гамма-випромінювання). У лабораторіях розводять комах і впливають на самців радіоактивним ізотопом кобальту  $^{60}\text{Co}$ . Схожого ефекту можна досягти введенням у корм хімічних стериліантів (диматиф, тіоцеф, третамін та ін.). Такі самці є безплідними. Випуск великої кількості стерилізованих самців шкідника в природну популяцію призводить до різкого зниження чисельності дочірнього покоління шкідника. Самки після спаровування з ними виплоджують нежиттєздатні яйця. Випромінювання з успіхом застосовували в боротьбі із середземноморською плодовою мухою і шкідниками запасів.

5) використання біопрепаратів. Наявність масових захворювань комах у природі та їхня роль в обмеженні чисельності шкідливих видів є передумовою для штучного відтворення захворювань комах, тобто для розробки мікробіологічного методу захисту. Наприклад, з грибних біопрепаратів промисловість виробляє боверин. Перспективним є використання вірусних біопрепаратів. Так, препарат Вірин-ЕКС застосовується проти гусениць капустяної совки 1–3 віків способом дворазового обприскування капусти у період вегетації (з інтервалом 8–10 днів проти кожного покоління шкідника).

6) одержання рослин, стійких до комах-шкідників. Для створення рослин стійких до комах-шкідників розроблено декілька стратегій. Найпопулярнішою з них є перенесення в рослини генів, що відповідають за синтез інсектицидного протоксину бактерії *Bacillus thuringiensis*.

Іншим варіантом є перенесення генів рослинних білків типу інгібіторів амілази або протеази. Коли в організм комах-шкідника потрапляє такий

інгібітор, вона стає не здатною перетравлювати рослинну їжу, тому що інгібітори перешкоджають гідролізу крохмалю або рослинних білків.

Стійкість до комах-шкідників може бути досягнута також шляхом перенесення до рослин генів, що кодують природні інсектициди грибів.

Окрім боротьби з комахами-шкідниками, біологічні методи використовують для зниження чисельності популяцій шкідливих видів гризунів. Біологічні методи боротьби з гризунами включають використання природних ворогів: хижі ссавці, птахи та збудників хвороб гризунів. Біотехнологічні препарати почали використовувати у боротьбі з гризунами ще наприкінці ХІХ ст. Метод базується на зараженні гризунів специфічними патогенами, які належать, наприклад, до роду *Salmonella*. Зараження гризунів відбувається при поїданні бактеріальних препаратів у чистому вигляді або разом із приманками.

### 10.3 Фітомеліорація.

Фітомеліорація – це процес використання природної перетворювальної функції рослинності в оптимізації навколишнього середовища.

Виділяють три групи фітомеліорантів:

1) спеціальні, в яких фітомеліоративна функція має провідне значення. Наприклад, полезахисні лісові смуги – лінійні лісові насадження, створені на рівнинних територіях (на зрошуваних та незрошуваних землях) для захисту орних земель та сільськогосподарських рослин від несприятливих природних факторів. Вони відіграють важливу природоохоронну роль. Полезахисні лісові смуги знижують швидкість вітру, рівномірно затримують на полях сніг, зменшують поверхневий стік, підвищують вологість ґрунту, зменшують випаровування вологи, перешкоджають вивітрюванню ґрунтового покриву, оптимізують мікроклімат та гідрологічний режим території, захищають посіви сільськогосподарських рослин культур від вимерзання, посухи, суховіїв, пилових буревіїв та підвищують їх врожайність. Полезахисні лісові смуги закладають з однієї головної породи або з декількох порід, що є найстійкішими для певної місцевості.

Іншим прикладом є створення паркових зон на техногенних ландшафтах. Основою створення лісопаркових (лісопарк – обширний природний ліс біля великого міста або усередині нього, пристосований для масового відпочинку, спорту, розваг і задоволення культурних потреб населення) і паркових комплексів на порушених територіях повинен бути екологічний метод, який враховує екологію рослин в умовах техногенного середовища та взаємозв'язок створюваних елементів зелених територій між собою. Формування лісопаркового та паркового ландшафту залежить від ґрунтових умов, підбору асортименту рослинності та якості посадкового матеріалу. Необхідними вимогами до рослинності паркових зон на рекультивованих територіях є невисока вибагливість до ґрунтових умов, швидкий ріст на початковій стадії розвитку та їх естетично привабливий вигляд.

Лісові насадження можна використовувати для захисту водойм від замулення і забруднення речовинами, що містяться в поверхневому стоці. Встановлено позитивний і ефективний вплив деревних та чагарникових

насаджень на зміну органолептичних властивостей і хімічного складу поверхневого стоку. Під їх впливом в 1,5–2 рази зменшується каламутність води, в 2–5 разів знижується кольоровість. Вміст аміачного азоту в воді після пропуску по 5-метровій площадці в березовому насадженні зменшується в середньому на 0,9 мг/л, нітратного азоту – на 0,4 мг/л.

2) продуктивні, в яких перше місце відводиться одержанню продукції, а фітомеліорація має другорядне значення (ліси, поля, луки, сади, виноградники тощо).

3) рудеральні, які спонтанно виконують фітомеліоративні функції. Трав'янисті рудеральні угруповання в цілому поступаються за ефективністю природним трав'янистим і деревно-чагарниковим, але, проте, виконують низку важливих функцій: закріплюють порушені субстрати, перешкоджаючи запиленню атмосфери, поглинають значну кількість токсичних речовин, що поступають у навколишнє середовище з виробництвом підприємств і вихлопними газами від автотранспорту.

Усі три категорії фітомеліорантів так чи інакше виконують перетворювальні функції: меліоративну (лісові культури, посадки та посів рослин на рекультивованих землях), сануючу (санітарно-захисні смуги й просто лісові масиви), інженерно-захисну (полезахисні та протиерозійні смуги), рекреаційну (парки і лісопарки) (рекреаційна зона – ділянки суходолу та водного простору, призначені для організованого масового відпочинку населення і туризму), етико-естетичну (духовне виховання людини), архітектурно-планувальну (міська система озеленення). Важливе місце відводиться фітомеліорації деастрованих ландшафтів – еродованих земель, кар'єрів, звалищ, териконів тощо.

Перспективним напрямом є відновлення техногенно забруднених важкими металами ґрунтів за використання біологічних методів з використанням рослин. Переваги використання біологічних методів ремедіації ґрунтів (ремедіація – комплекс робіт, спрямованих на очищення території від небезпечних забруднювачів, відновлення продуктивності) є такі: екологічна чистота й безпека використання біологічних методів ремедіації, мінімальне порушення фізичного й хімічного складу ґрунтів; їх застосування не потребує значних витрат матеріальних ресурсів; висока ефективність за низьких концентрацій забруднювача.

### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення поняття «інтродукція».
2. Наведіть приклади видів-інтродуцентів.
3. У чому суть біологічних методів боротьби зі шкідниками сільського та лісового господарства?
4. Які організми використовують як зоофагів для боротьби зі шкідниками?
5. Наведіть приклади біопрепаратів, які використовують у біологічній боротьбі зі шкідниками.
6. Яким чином використовують феромонні препарати у біологічній боротьбі зі шкідниками?

7. Яким чином у біологічній боротьбі зі шкідниками можуть бути використані методи біоінженерії?
8. Що таке фітомеліорація?
9. Назвіть групи фітомеліорантів?
10. З якою метою проводиться ремедіація?

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2018. 315 с.
2. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія : навч. посібн. Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
3. Гайченко В. А., Царик Й. В. Екологія тварин : навч. посібн. Херсон : Олді-плюс, Київ : Ліра-К, 2012. 232 с.
4. Екологія / Бобильов Ю. П. та ін. ; за ред. О. Є. Пахомова. Харків : Фоліо, 2014. 667 с.
5. Житова О. П., Романчук Л. Д. Загальна екологія : навч. посібн. Житомир : ЖНАЕУ, 2019. 201 с.
6. Заверуха Н. М., Серебряков В. В., Скиба Ю. А. Основи екології : навч. посібн. Київ : Каравела, 2019. 304 с.
7. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія : навч. посібн. Суми : Університетська книга, 2018. 414 с.
8. Коваленко І. М. Лісова екологія з основами лісовідновлення та лісорозведення : підручник. Суми : Університетська книга, 2018. 239 с.
9. Кучерявий В. П. Екологія. Львів : Світ, 2001. 500 с.
10. Моніторинг довкілля : підручник / Боголюбов В. М. та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.
11. Проценко Г. Д. Метеорологія та кліматологія : навч. посіб. К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2008. 266 с.
12. Рома В. В., Степова О. В. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Загальна екологія (та неоекологія)». Полтава : ПолтНТУ, 2014. 164 с.
13. Соломенко Л. І., Боголюбов В. М., Волох А. М. Загальна екологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2020. 345 с.
14. Hoffman A. R. Water, Energy, and Environment – A Primer. London : IWA Publishing, 2019. 192 p.

### Допоміжна

1. Білоніжка П. Геохімія біосфери : монографія. Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2018. 182 с.
2. Білоус Л. Ф. Біогеографія : навч. посіб. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2020. 260 с.
3. Біогеографія : навч. посіб. / Ішук О. В. та ін. ; за заг. ред. О. В. Ішук ; Житомир. нац. агрокол. ун-т. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 335 с.
4. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика : навч. посібн. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 365 с.
5. Булахов В. Л., Пахомов О. Є. Функціональна зоологія : підручн. Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2010. 392 с.



6. Войцицький А. П., Дубровський В. П., Боголюбов В. М. Техноекологія : підручн. ; за ред. В. М. Боголюбова. К. : Аграрна освіта, 2009. 533 с.
7. Гандзюра В. П. Екологія. Вид. 3-те, перероб. і доп. К. : Сталь, 2012. 390 с.
8. Гудков І. М. Радіобіологія : підручн. К. : НУБіП України, 2016. 485 с.
9. Домбровський К. О. Загальна екологія та неоекологія: демекоелогія, біоценологія та неоекологія : навч.-методичн. посібн. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 114 с.
10. Екологія : тлумачн. словн. / Мусієнко М. М. та ін. К. : Либідь, 2004. 376 с.
11. Екологія поверхневих вод: навч. посібн. / Петрушка І. М. та ін. Львів : Львівська політехніка, 2019. 154 с.
12. Запольський А. К., Салюк А. І. Основи екології : підручн. ; за ред. К. М. Ситника. К. : Вища шк., 2001. 358 с.
13. Злобін Ю. А., Скляр В. Г. Біологія та екологія фітопопуляцій : монографія. Суми : Універс. книга, 2022. 512 с.
14. Іванов Є. Радіаційна екологія : навч.-методичн. посібн. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 217 с.
15. Іванов Є. А. Радіоекологічні дослідження : навч. посібн. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 149 с.
16. Інтегрований захист рослин / Писаренко В. М. та ін. Полтава, 2020. 245 с.
17. Кундельчук О. П. Теорія еволюції: Генетичні та екосистемні основи еволюційних процесів. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2018. 474 с.
18. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Словник – довідник з екології : навч.-методичн. посібн. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. 226 с.
19. Москалик Г. Г. Екологія рослин : навч. посібн. Чернівці : Рута, 2021. 131 с.
20. Мягченко О. П. Основи екології : підручн. К. : ЦУЛ, 2010. 312 с.
21. Основи екології : навч. посіб. / М. Федоряк та ін. ; Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці : Рута, 2020. 119 с.
22. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування : навч. посібн. Одеса : ОДЕКУ, 2002. 226 с.
23. Сологор К. А., Омельковець Я. А. Основи зоогеографії : навч. посібн. Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. 148 с.
24. Станкевич С. В. Управління чисельністю комах-фітофагів : навч. посіб. Х. : ФОП Бровін О. В., 2015. 178 с.
25. Стратегія біорізноманіття ЄС до 2030 року: Повернення природи у наше життя. Звернення Комісії до Європейського Парламенту, Ради, Європейського Економічно-Соціального Комітету та Комітету Регіонів / пер. з англ. О. Осипенко ; ред. та адапт. А. Куземко та ін. Чернівці : Друк Арт, 2020. 36 с.
26. Теорія систем в екології : підручн. / Масікевич Ю. Г. та ін. Суми : Сумський державний університет, 2015. 330 с.
27. Фізіологія рослин : підручн. / Макрушин М. М. та ін. ; за ред. проф. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
28. Naczi R, Androw R. A, Rosenfeld J. *Tomoxia bucephala* A. Costa (Coleoptera: Mordellidae), a Palearctic tumbling flower beetle established in North America. *Insecta Mundi*. 2022. Iss. 0939. P. 1–15.