

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Методичні рекомендації до вивчення курсу (лекцій)

для студентів денної форми навчання

за напрямом підготовки 6.100101

«Енергетика та електротехнічні системи в

агропромисловому комплексі»

Миколаїв

2011 р.

УДК 502.7(075.8)

ББК 28.081я73

Методичні рекомендації підготували:

Мамарін В.В. к.т.н., доцент

Марченко Д.Д. асистент

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри ТТ і ТС д.т.н., професор Бутаков Б.І.

Рецензенти:

Шумілов О.П. – к.т.н., професор, декан факультету механіки і екології НУК ім. адм. Макарова.

Табацков В.П. – к.т.н., доцент кафедри „Загальнотехнічних дисциплін” Миколаївського державного аграрного університету.

Основи екології: Методичні рекомендації до вивчення курсу (лекцій) для студентів денної форми навчання за напрямом підготовки 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» / Уклад.: [В.В. Мамарін, Д.Д. Марченко] – Миколаїв: МДАУ, 2011

Друкується за рішенням методичної комісії факультету механізації с.г. МДАУ від “29” вересня 2011 р., протокол № 1.

Надруковано в кількості 40 примірників

©Миколаївський державний аграрний університет

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
1. ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ	7
1.1. Предмет сучасної екології	7
1.2. Підходи до взаємин між людиною і природою	7
1.3. Структура макроекології	9
1.4. Головні проблеми і задачі	13
2. ПРИРОДА І ЛЮДИНА. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД	16
2.1. Загальні поняття. Властивості складних систем	16
2.2. Системні закони макроекології	19
2.3. Причинні зв'язки і системне поведження	24
2.4. Система: «Людин - Економіка - Біота - Середовище» (ЛЕБС)	29
3. ОСНОВИ БІОЛОГІЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ	32
3.1. Властивості живої системи	32
3.2. Рівні біологічної організації	33
3.3. Функція і рівні живої системи	34
4. ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЇ	37
4.1. Поняття і структура популяції	37
4.2. Стійкість і життєздатність популяцій	38
4.3. Етологічна структура популяцій	39
4.4. Популяційні аспекти розвитку людства	40
5. ЕКОСИСТЕМИ	41
5.1. Визначення	41
5.2. Склад і функціональна структура екосистеми	42
5.3. Основний процес у екосистемі	45
5.4. Харчові мережі і трофічні рівні	46
6. БІОСФЕРА	47
6.1. Поняття про біосферу	47
6.2. Загальні властивості біосфери	48
6.3. Кругообіг речовин у біосфері	49
6.4. Трансформація енергії у біосфері	50

7. ПРИРОДООХОРОННА ДІЯЛЬНІСТЬ ТА ЇЇ АСПЕКТИ	51
7.1. Міжнародне співробітництво в галузі охорони природи	51
7.2. Правові аспекти охорони навколишнього природного середовища	53
7.3. Економічні аспекти охорони навколишнього природного середовища	55
7.4. Ефективність заходів з охорони навколишнього природного середовища	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	60

ВСТУП

Сьогодні немає людини, яка б не відчувала на собі стрімкого погіршення стану свого життєвого довкілля. Забруднення води в ріках, озерах, морях та повітря, яким дихаємо. Проблема із забезпеченням якісною питною водою. Сумнівна якість більшості продуктів харчування через забруднення ґрунту і рослинності. Як наслідок – погіршення здоров'я більшості людей, поширення традиційних хвороб та поява нових.

Переважає більшість фахівців головною причиною погіршення стану природного довкілля вважає людську діяльність, головним чином – техногенну. Безліч локальних антропогенних дій різної інтенсивності, впливаючи на кругообігові природні процеси, призводить до регіональних і локальних змін. Це, перш за все, постійне підвищення кислотності атмосферних опадів, потепління і зміна клімату, зменшення потужності озонової оболонки, збільшення радіоактивності навколишнього середовища.

Разом із тим досвід окремих країн свідчить про можливість загальмувати негативні процеси і припинити погіршення регіонального стану середовища (чи навіть покращити його), що, безумовно, позитивно впливає на глобальну ситуацію. Екологічна політика цих країн ґрунтується на комплексі взаємопов'язаних принципів, серед яких важливе місце посідає рівень екологічної культури населення і активна участь влади і громадськості в природоохоронній діяльності.

У третє тисячоліття людина має увійти з новою філософією життя, згідно з якою вона є часткою єдиної людської сім'ї, планетарного братства з високою екологічною культурою, в основі якої лежить знання і дотримання законів розвитку біосфери. Ми маємо усвідомити, що цивілізація виникла в біосфері, є її частиною й ізольовано існувати не зможе. Подальший розвиток можливий лише як результат етико-культурного оновлення людства, формування нової моралі й системи цінностей. Необхідні радикальні зрушення у ставленні людини до природи і до захисту своїх нащадків від наслідків власної діяльності. Екологічна культура передбачає розуміння законів розвитку і стійкості біосфери, знання законів і принципів біотичної регуляції станом довкілля, підтримання стійкості

навколишнього природного середовища природними біологічними угрупованнями біосфери. Вона передбачає реалізацію екологічного імперативу, який визначає необхідність розв'язання таких основних проблем: збереження вцілілих і відновлення до рівня природної продуктивності низки zdeформованих екосистем, раціоналізацію споживання, екологізацію виробництва, стабілізацію чисельності населення. Головним чинником, який має допомогти розв'язанню зазначених проблем, має стати конверсія свідомості людей, її екологізація, формування екологічного мислення.

Екологічна культура покликана протистояти віковому імперативу підкорення природи, щоб виправити згубний перебіг історії цивілізації і зберегти біосферу для майбутніх поколінь.

Викладені в методичних рекомендаціях матеріал допоможе студентам оволодіти додатковою інформацією при вивченні курсу «Основи екології».

Методичні рекомендації до вивчення курсу (лекцій) для студентів денної форми навчання за напрямом підготовки 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» з дисципліни «Основи екології» складені у відповідності з робочою програмою курсу і кредитно – модульної схеми її вивчення.

Кредитно-модульна схема вивчення дисципліни

№ модуля	Назва модуля	Всього годин кредитів	Розподіл аудиторного навантаження		Самостійна робота студентів	Вагомість модуля у формуванні знань та умінь, %
			Лекції	Лабор.-практ. заняття		
8-й семестр						
1.	Соціально-екологічні проблеми сучасності	16 (0,44)	4	6	6	29,6
2.	Охорона навколишнього середовища	18 (0,5)	6	6	6	33,4
3.	Економічні аспекти охорони навколишнього середовища	20 (0,56)	8	6	6	37
	Всього	54 (1,5)	18	18	18	100

1. ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ

1.1. Предмет сучасної екології

У екології є безліч визначень. Найчастіше вона визначається як наука про взаємини живих організмів і середовища їх мешкання. Термін «екологія» (від греч. oikos - житло, обитель, будинок і logos - слово, навчання) ввів у науковий побут видатний німецький біолог Ернст Геккель (1866).

У його трактуванні екологія – «це пізнання економіки природи, одночасне дослідження усіх взаємин живого з органічними і неорганічними компонентами середовища». Запам'ятаємо вислів *«економіка природи»*, воно важливо для розуміння кількісних сторін екології і її зв'язків з економікою людини.

Поступово екологічні закономірності стали відносити до сукупностей організмів, популяціям, видам, багатовидовим співтовариствам, нарешті, до живої природи в цілому. Екологія придбала статус *науки про організацію і функціонування надорганізменних біологічних систем усіх рівнів*.

В останні десятиліття, коли загроза глобальної екологічної кризи торкнулася самої людини, відбулося швидке розширення екології. Увібравши в себе проблеми навколишнього середовища, вона не тільки використовує досягнення інших розділів біології, але і проникає у суміжні з біологією дисципліни – у науки про Землю, у фізику і хімію, у різні інженерні галузі, висуває нові вимоги до інформатики й обчислювальної техніки, знаходить своє місце за межами природничих наук – в економіці, політиці, соціології, етиці. Екологія стає гіпернаукою. Цей процес проникнення ідей і проблем екології в інші області знання одержав назву *екологізації*.

Екологія перетворилася з розділу біології, знайомому вузькому колу фахівців, у великий і ще остаточно не сформований комплекс фундаментальних і прикладних дисциплін, який Н.Ф. Реймерс (1992) назвав *мегаекологією*, тобто «великою екологією».

Не всі згодні з таким розширенням предмета екології. Деякі з біологів наполягають на збереженні традиційного кола об'єктів і методів екології рослин і тварин, а всю проблематику, зв'язану з екологією людини та охороною природи,

позначають як науку про навколишнє середовище. Такий розподіл переважає в західній літературі, у нашому трактуванні ці поняття частіше зливаються у терміні екологія.

1.2. Підходи до взаємин між людиною і природою

У сучасній екології існує дві системи поглядів, два різних підходи до проблеми взаємин Людини і Природи.

1. Відповідно до одного підходу ці *взаємини будуються за правилами, що встановлює сама людина*. Опановуючи законами природи, підкоряючи їх своїм інтересам, спираючись на свій розум, соціальну організацію і технологію, людина вважає себе вільною від тиску більшості сил, які діють у живій природі. Виникаючі проблеми навколишнього середовища представляються тільки як наслідок неправильного ведення господарства. Вважається, що всі проблеми можуть бути усунуті шляхом технологічної реорганізації і модернізації, що закони природи не можуть і не повинні заважати науково-технічному і соціальному прогресу людства.

Цей підхід називають *антропоцентричним, або технологічним*, тобто людина, її технології, її «влада над природою» знаходяться в центрі екологічних проблем. Він характерний для багатьох політиків, економістів, господарників і представляється коректним для більшості інженерів.

2. Відповідно до іншого підходу *людина як біологічний вид значною мірою залишається під контролем головних екологічних законів і у своїх взаєминах із природою змушена і повинна приймати її умови*. Розвиток людського суспільства розглядається як частина еволюції природи, де діють закони екологічних меж, необоротності і добору. Виникнення проблем навколишнього середовища в значній мірі викликано антропогенним, тобто породженим самою людиною, порушенням функцій регулювання біосфери. Останні не можуть бути відновлені технологічним шляхом. Прогрес людства обмежується законам природи. Це *біоцентричний* підхід, власне кажучи, що ставить у центр екологічних проблем стан і стійкість живої природи біосфери. Він характерний для відносно невеликого кола професійних екологів і системних аналітиків, що сприйняли

екологічну орієнтацію глобальних проблем, а також для стихійного екоцентризму багатьох людей.

Вибір між цими двома підходами або компроміс між ними багато в чому визначає стратегію подальшого розвитку людського суспільства. Більшість людей поки що схиляється до антропоцентричної точки зору, тому що вона виглядає простіше і базується на попередньому практичному досвіді людства. Однак у даний час вже існують дуже вагомні аргументи на користь ексцентризму.

1.3. Структура макроекології

Основні розділи сучасної екології:

теоретична екологія,
біоекологія,
геоекологія,
екологія людини,
соціальна екологія,
прикладна екологія.

Кожен розділ має свої підрозділи і зв'язки з іншими частинами екології і іншими науками (рис. 1.1).

Теоретична екологія

Теоретична екологія присвячена об'єднанню різноманітних екологічних знань на єдиному науковому фундаменті і встановлює загальні закономірності функціонування екологічних систем. Багато природних екологічних процесів відбуваються дуже повільно й обумовлені безліччю факторів. Для вивчення цих механізмів таких процесів недостатньо одних натурних спостережень, потрібний експеримент. *Експериментальна екологія* забезпечує методичним інструментарієм різні розділи науки. Але можливості експерименту в екології обмежені. Тому широко застосовується моделювання, зокрема, математичне моделювання. Разом з обробкою інформації і кількісним аналізом фактичного матеріалу моделювання входить до розділу теоретичної екології, що називають *математичною екологією*.



Рис. 1.1. Структура макроекології

Біоекологія

Головна частина біоекології – *системна екологія*, екологія природних біологічних систем.

Інша частина біоекології – *екологія систематичних груп організмів* – царств бактерій, грибів, рослин, тварин, а також більш дрібних систематичних одиниць: типів, класів, загонів і т.і.

Ще один підрозділ складає *еволюційна екологія* – навчання про значення екологічних факторів у еволюції.

Саме в біоекології на основі вивчення ролі потоків речовин, енергії та інформації в життєдіяльності організмів формується уявлення про екологію як про економіку природи.

Геоєкологія

Геоєкологія вивчає взаємини організмів і середовища мешкання з погляду їх географічного розташування. До її складу входять: *екологія середовищ* – повітряного, наземного, ґрунтового, прісноводного, морського, перетвореного людиною; *екологія природнокліматичних зон* – тундри, тайги, степу, пустелі, гір, інших зон і їхній більш дрібних підрозділів – ландшафтів (екологія річкових

долин, морських берегів, боліт, островів, коралових рифів і т.п.). До геоекології відноситься також екологічний опис різних географічних регіонів, країн, континентів.

Екологія людини

Екологія людини – комплекс дисциплін, що досліджує взаємодію людини як індивіда (біологічної одиниці) і особистості (соціального суб'єкта) з навколишнім природним і соціальним середовищем. Екологія людини відрізняється від екології тварин різноманіттям засобів пристосування людини до середовища, наявністю *цивілізації, культури*. Важливою особливістю екології людини є соціобіологічний підхід – правильне зрівноважування біологічних і соціальних аспектів. Соціальна екологія як частина екології людини – це об'єднання наукових галузей, що вивчають зв'язок суспільних структур (починаючи з родини й інших малих суспільних груп) із природним і соціальним середовищем. До цього об'єднання відносяться: екологія людських популяцій, екологія народонаселення – екологічна демографія, екологія етносів і етногенезу – утворення рас і націй. До соціальної екології відноситься також *екологія культури (цивілізації)* як головної риси людського співтовариства. Вершиною цієї галузі знання є *еволюційна (історична) екологія людства*, яка також входить у глобальну екологію.

Прикладна екологія

Прикладна екологія – великий комплекс дисциплін, зв'язаних з різними областями людської діяльності і взаємин між людським суспільством і природою. Вона формує екологічні критерії економіки, досліджує механізми антропогенних впливів на природу і навколишнє середовище, стежить за його якістю, обґрунтовує нормативи використання природних ресурсів, здійснює екологічну регламентацію господарської діяльності, контролює екологічну відповідність різних планів і проектів, розробляє технічні засоби охорони навколишнього середовища і відновлення порушених людиною природних систем. Поняття «екологічного» тут найчастіше означає відповідність вимогам до нормального існування людини і природних систем.

Виділяються наступні прикладні розділи екології: *Інженерна екологія* – вивчення і розробка інженерних норм і засобів, що відповідають екологічним

вимогам. Основні з них:

контроль і регламентація матеріально-енергетичних потоків виробництв і техногенних емісій від різних інженерних об'єктів;

екологічна безпека виробничого і невиробничого середовища, виробничих процесів, споруд, машин і виробів;

контроль стану виробничого середовища і навколишнього середовища людини в зонах впливу господарських об'єктів;

оптимізація галузевої структури промислових комплексів і розміщення потужностей будівництва та експлуатації цивільних і господарських об'єктів.

Сільськогосподарська екологія у своїй значній частині зливається з біологічними основами землеробства і тваринництва. Екосистемний підхід збагачує агробіологію принципами і засобами раціональної експлуатації земельних ресурсів, підвищення продуктивності й одержання екологічно чистої продукції.

Біоресурсна і промислова екологія вивчає умови, при яких експлуатація біологічних ресурсів природних екосистем (лісів, морів, океану) не приводить до їх виснаження і порушення, втраті видів, зменшенню біологічної розмаїтості. У задачі цієї дисципліни входить також розробка методів відновлення і збагачення біологічних ресурсів, наукове обґрунтування акліматизації рослин і тварин, створення заповідників.

Екологія поселень, комунальна екологія – розділи прикладної екології, присвячені особливостям і впливам різних факторів штучно перетвореного середовища мешкання людей у населених пунктах, у містах (урбоекологія).

Медична екологія – область вивчення екологічних умов виникнення, поширення і розвитку хвороб людини, у тому числі гострих і хронічних захворювань, обумовлених природними факторами і несприятливими техногенними впливами на середовище. Медична екологія включає в якості розділу рекреаційну екологію, тобто екологію відпочинку й оздоровлення людей.

Все це аж ніяк не свідчить про «розмивання» предмета екології або про «заміну вивісок» в угоду моді. У спільних областях відбувається взаємне збагачення наук. За висловом Н.Ф. Реймерса (1994), екологія «виросла з коротких

штанців, надягнутих на неї Е. Геккелем», але ще не удостоїлася «нового костюма» – наукового визнання, що відповідає її суспільній значимості. А масштаби екологізації лише вказують на те, що екологія займає усе більш лідируюче положення в сучасній науці і сприяє синтезові фундаментальних знань про природу і суспільство.

1.4. Головні проблеми і задачі

Головна задача сучасної екології як *науки* – консолідація різних її розділів і величезного фактичного матеріалу на єдиній теоретичній платформі, зведення їх у систему, яка відображає всі сторони реальних взаємин природи і людського суспільства. Це необхідно для розуміння сучасних екологічних проблем планети, вироблення нової екологічної ідеології і методології, правильній організації екологічної і практичної діяльності в області природокористування.

1.4.1. Глобальні проблеми.

Природа в цілому сама по собі не знає екологічних проблем у їхньому сьогоднішньому розумінні. Якщо вони і виникали у деяких груп організмів, то вирішувалися, як правило, повільним еволюційним шляхом протягом дуже великих проміжків часу, коли заміна одних форм іншими для всієї природи була майже непомітна. На відміну від цього екологічні проблеми людства стали достатньо вагомими проблемами всієї природи на Землі.

1. Обсяг антропогенного впливу на природу і навколишнє середовище у ХХ столітті став занадто великий і наблизився до межі стійкості біосфери, а по деяких параметрах і перевершив його. Прояви і свідчення цього різноманітні:

різке скорочення площі непорушених природних екосистем, їх істотна антропогенна деградація на іншій площі суші, зменшення біологічної розмаїтості послабляють і порушують природні потоки речовини та енергії, викликають необоротне кількісне і якісне змінення біосфери;

споживання і вилучення людиною поновлюємих природних ресурсів – прісної води, ґрунтового гумусу, біомаси і продукції рослин – досягло критичної швидкості або перевищило темпи їхнього природного відтворення;

відходи людського господарства забруднюють середовище, тому що вони

містять безліч речовин і матеріалів, не переробних у природних системах; забруднення призводить до хімічної деградації навколишнього середовища і несприятливим геокліматичним змінам, створює загрозу здоров'ю людей, викликає деградацію екосистем;

на потоках речовин і енергії в природі стало позначатися істотне розімкнення антропогенного круговороту речовин; з'явилися ознаки порушення біосферної рівноваги, ослаблення середовищеутворюючих і середовищерегулюючих функцій біосфери;

у ХХ ст. різко скоротилися і продовжують швидко зменшуватися запаси багатьох непоновлюємих, головним чином, мінеральних і паливних ресурсів Землі; це у свою чергу створює серйозні економічні проблеми. У геологічній історії Землі і раніше відбувалися значні зміни рослинного покриву, ландшафтної структури суші, хімічного складу атмосфери і клімату. Негативний вплив людини на природу також має тривалу історію. Але ніколи ще ці зміни і порушення не мали такої якісної структури і не відбувалися з такою швидкістю, як у наш час. Все це означає початок *глобальної антропогенної екологічної кризи*.

2. Природа відповідає на зростаючий антропогенний тиск часто непередбаченими змінами, що створюють екологічну небезпеку:

хімічне і радіаційне забруднення середовища прискорює мутації і приводить до появи нових біологічних форм, що володіють підвищеною стійкістю, адаптивністю, а іноді і небезпечними для людини властивостями;

вплив на окремі види мікроорганізмів, рослин або тварин, виключення цих організмів із природних співтовариств викликає неконтрольовані ланцюгові реакції, що торкаються багато видів і порушують стійкість екосистем, а також ведуть до руйнування багатьох з них;

антропогенне перетворення ландшафтів і забруднення середовища часто має неконтрольовану післядію, що приводить до виникнення зон підвищеного екологічного ризику, екологічних нещасть і економічних втрат. Відповіді природи відносяться безпосередньо і до природи людини.

3. Людина виявилася в «пастці» протиріччя між своєю консервативною біологічною сутністю і наростаючим відчуженням від природи. Використовуючи

технології і засоби життєзабезпечення, людина у великій мірі звільнилась від тиску природного добору і міжвидової конкуренції. Вона на кілька порядків перевищила біологічну видову чисельність і ще в десятки разів – обсяг використання речовин і енергії для задоволення надбіологічних потреб.

Величезне збільшення і продовження росту кількості людей аж ніяк не зв'язано з підвищенням їхньої біологічної якості. Навпаки, для людей у цілому характерні зовсім немислимі для диких тварин у природі: вантаж спадкоємних захворювань, спадкоємна схильність до хвороб, величезне число інфекцій. Проблеми екології людини усе більше стають проблемами охорони здоров'я.

Людство ХХ століття придбало риси *цивілізації споживання*, економіка якої підтримується переважно за рахунок провокації великого числа вторинних потреб. Саме їхнє задоволення веде в основному до надлишкового техногенного навантаження на природу і на навколишнє середовище.

Екологічні проблеми людства тісно сполучені з економічними і соціальними. Регіональні екологічні проблеми часто стають прямим джерелом майнової нерівності, соціальних і геополітичних колізій.

1.4.2. Головні задачі.

Перелік проблем і розглянута вище структура мегаекології дозволяють зрозуміти різноманіття її задач. Найважливіші загальні задачі сучасної екології в її широкому розумінні це:

Всеосяжна діагностика стану природи планети і її ресурсів; визначення порога тривалості живої природи планети стосовно антропогенного навантаження.

Розробка прогнозів змін біосфери і стану навколишнього середовища при різних сценаріях економічного і соціального розвитку людства.

Формування нової ідеології і методології екоцентризму, зв'язаної з переходом до постіндустріальної цивілізації і спрямованої на екологізацію економіки, виробництва, політики.

Розробка критеріїв оптимізації – вибору найбільш погодженого з екологічним імперативом і екологічно орієнтованого соціально-економічного розвитку суспільства.

Формування такої стратегії поведження людського суспільства, такої економіки і таких технологій, що приведуть масштаби і характер господарської діяльності у відповідність з екологічною стійкістю природи і зупинять глобальну екологічну кризу.

Всі ці глобальні і національні проблеми мають не тільки екологічні причини. Багато чого залежить від економіки, суспільної ідеології і політики. Але саме сучасна екологія вносить головні наукові підстави в їхнє комплексне вивчення і вирішення.

2. ПРИРОДА І ЛЮДИНА. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД

2.1. Загальні поняття. Властивості складних систем

Розглядаючи в попередньому розділі предмет сучасної екології, ми відразу ж зіштовхнулися з поняттям «система». Це поняття лежить в основі екології. *Екологічна система* – головний об'єкт екології.

Існують деякі загальні принципи, що дозволяють скласти єдину платформу для вивчення технічних, біологічних і соціальних систем.

Відповідно до загальної теорії систем, система – це реальна чи мислима сукупність частин, цілісні властивості якої визначають взаємодією між частинами (елементами) системи. Ми будемо розглядати тільки реальні матеріальні системи. По Р. Шеннону (1978), «система визначається як сукупність об'єктів, об'єднаних деякою формою регулярної взаємодії або взаємозалежності для виконання заданої функції».

2.1.1. Загальні властивості систем.

Емерджентність.

Властивості системи неможливо досягти лише на підставі властивостей складових її частин. Вирішальне значення має саме взаємодія між елементами. По окремих деталях машини перед зборкою не можна судити про її дію. Вивчаючи по окремоті деякі форми грибів і водоростей, не можна пророчити існування їхнього симбіозу у виді лишайника. Ступінь не зведення властивостей системи до властивостей окремих елементів, з яких вона складається, визначає

емерджентність системи.

Принцип необхідної розмаїтості елементів.

Система не може складатись з абсолютно ідентичних елементів. Ніяка система не може бути організована з елементів, позбавлених індивідуальності. Нижня межа розмаїтості – не менш двох елементів (болт і гайка, білок і нуклеїнова кислота, він і вона), верхній – нескінченність. Розмаїтість мікроскопічних властивостей частин системи, наявність у ній різних фазових станів речовини визначає гетерогенність системи.

Стійкість.

Перевага внутрішніх взаємодій у динамічній системі над зовнішніми визначає її *стійкість і здатність до самозбереження*. Зовнішній вплив на біологічну систему, який перевищує енергетику її внутрішніх взаємодій, приведе до необоротних змін і загибелі системи. Стійкість (стаціонарний стан) динамічної системи підтримується безупинним виконанням нею зовнішньої циклічної роботи. Для цього необхідна протока і перетворення енергії в системі.

По виду обміну речовиною і/або енергією з навколишнім середовищем розрізняють:

- а) *ізолювані системи* (ніякий обмін не можливий);
- б) *замкнуті системи* (обмін речовиною не можливий, але обмін енергією може проходити в будь-якій формі);
- в) *відкриті системи* (обмін речовиною й енергією може відбуватись у будь-якій формі).

Системи, елементи яких взаємозалежні переносами (потокami) речовини та енергії зветься *динамічними*. Динамічні системи є принципово відкритими. Перенос інформації можливий тільки в них. Будь-яка жива система являє собою динамічну і, отже, відкрити систему.

Принцип еволюції.

Виникнення й існування всіх систем обумовлено еволюцією. Динамічні системи еволюціонують у бік ускладнення організації і виникнення системної ієрархії – утворення підсистем у структурі системи (кооперативний, системоутворюючий принцип). Еволюція складається з послідовного закріплення

таких відхилень від стаціонарного стану, при яких протока енергії через систему зростає. Наслідком збільшення складності і розмаїтості є прискорення еволюції.

2.1.2. Деякі параметри систем.

Складність структури системи визначається числом n її елементів і числом m зв'язків між ними. Якщо в якійсь системі досліджується число приватних дискретних станів, то складність системи H_m визначається логарифмом числа зв'язків:

$$H_m = \lg m.$$

Системи умовно класифікуються по складності в такий спосіб:

системи, що мають до тисячі станів ($0 < H_m \leq 3$) відносяться до простих;

до мільйона станів ($3 < H_m \leq 6$) – до складних;

понад мільйон станів ($6 < H_m$) – до дуже складних.

Усі реальні природні біосистеми дуже складні. Навіть у структурі одиничного вірусу число біологічно значимих молекулярних станів на кілька порядків більше.

Є й інший критерій складності, зв'язаний з поведінкою системи, її реакцією на зовнішній вплив. Якщо система здатна до акта рішення, тобто до вибору альтернатив поведінки (у тому числі і за допомогою випадкового механізму), то така вирішальна система вважається складною. Складною буде і будь-яка система, що включає до себе як підсистему хоча б одну вирішальну систему.

Розмаїтість складу взаємозв'язків у системі оцінюється за показником Сімпсона як:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2;$$

чи по формулі Шеннона:

$$H = -\sum p_i \cdot \lg p_i,$$

де D , H – індекси розмаїтості, p – нормована відносна чисельність i -го виду елементів у сукупності n .

Обидва показники мають максимум при рівності значимості усіх видів у

сукупності. Ці показники важливі при кількісній оцінці біорізноманіття екосистем і принципово відрізняються від числа представлених у екосистемі видів.

Оцінка відносної організації системи, що залежить від складності і розмаїтості складу, розраховується по формулі:

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}$$

По цьому параметрі системи також розділяються на три групи.

Якщо R мала ($0 < R \leq 0,1$), система вважається вірогідною, хитливою, що володіє малою твердістю і здатної легко змінювати свої стани.

Якщо R порівняно велика ($0,3 < R < 1$), то система вважається детермінованою, тобто консервативною, твердою, стійкою.

Середнє положення займають квазідетерміновані системи ($0,1 < R \leq 0,3$).

Більшість природних біосистем має вірогідносний, або квазідетермінований характер.

Біологічні індивідууми, організми, види (квазідетерміновані системи) мають системну ієрархію структур і функцій, у якій у міру ускладнення організації зростає розмаїтість системних якостей. У ході еволюції таких систем виділяються структури і механізми регулювання і керування усіма внутрішніми процесами, що доходять у вищих тварин до центральної нервової системи, а в соціумах – до державної адміністрації. На відміну від них природні вірогіднісні системи, що складаються з великого числа окремих, різноманітних індивідуумів, хоча і можуть мати ієрархію положень особей, але не мають і не мають потреби у виділеній внутрішній системі керування. Вони здатні до самопідтримки й у багатьох випадках без яких би то ні було «центральної регуляторів» виявляють дивно тонку і точну авторегуляцію.

2.2. Системні закони макроекології

Сучасна екологія має у своєму розпорядженні сукупність правил і законів. Тут розглянуті тільки найбільш великі узагальнення, зв'язані з фундаментальними законами природи. Ми скористаємося широко відомими змістовними аксіомами-приказками американського еколога Б. Коммонера (1974):

усе зв'язано з усім;
усе повинно кудись подітись;
ніщо не дається даром;
природа знає краще.

Сам вчений назвав їх законами екології. Вони не претендують на системологічну строгість, але виражають важливі закономірності.

Про загальний зв'язок речей і явищ у природі й у людському суспільстві («Усе зв'язано з усім»).

Всеохоплення зв'язків входить у саме поняття системи і може бути продемонстровано на будь-якому системному рівні. У світі живих істот тотальність зв'язків виявляється особливо яскраво, тому що при фізико-хімічній єдності всього живого живі системи характеризуються найбільшим різноманіттям, розгалуженими й інтенсивними взаємопереходами речовини, енергії та інформації. Вони утворюють екологічні мережі взаємозв'язків.

Відповідно до принципу еволюції всі динамічні системи необоротно розвиваються від простого до складного, одночасно збільшуючи число і розмаїтість зв'язків. При цьому підтримується визначене співвідношення між консервативними і прогресивними елементами системи (спадковість і мінливість; види, що визначають тип співтовариства, і конкуруючі з ними види; консервативні і радикальні сили в суспільстві і т.і.

Можна відзначити наступні важливі для екології наслідки загального зв'язку:

Закон великих чисел – сукупна дія великого числа випадкових факторів приводить, при деяких загальних умовах, до результату, який майже не залежить від випадку, тобто що має системний характер. Випадкове, хаотичне поведіння великого числа молекул у деякому обсязі газу обумовлює цілком визначені значення температури і тиску. Сполучення великого числа випадкових актів попиту та пропозиції формують відносно постійний товарообіг і ціноутворення вільного ринку.

Принцип Ле Шательє – при зовнішньому впливі, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщається в напрямку, при якому ефект

зовнішнього впливу зменшується. Розроблений спочатку для умов хімічної рівноваги цей принцип став застосовуватись для опису поведінки всіляких систем, які здатні самопідтримуватись. На біологічному рівні він реалізується у виді здатності екологічних систем до авторегуляції.

- Будь-яка приватна зміна в системі неминуче приводить до розвитку ланцюгових реакцій, що йдуть у бік нейтралізації зробленої зміни або формування нових взаємозв'язків.

- Будь-яка система функціонує з найбільшою ефективністю в деяких характерних для неї просторово-тимчасових межах (*закон оптимальності*).

- Будь-які системні зміни в природі створюють прямий або опосередкований вплив на людину – від стану індивідуума до складних суспільних відносин.

Закон збереження («Усі повинні кудись подітися»).

Закон збереження маси речовини одночасно є й одним з найважливіших вимог раціонального природокористування. На відміну від людського виробництва і побуту природа в цілому майже безвідхідна, у ній немає такої речі, як сміття. Всі опалі листи, екскременти і трупи тварин стають їжею для інших організмів – комах, хробаків, грибів, бактерій – розкладаються ними до простих з'єднань і в такому виді рано чи пізно знову споживаються рослинами. При цьому в цілому для біосфери завжди дотримується кількісний баланс мас і рівність швидкостей синтезу і розпаду. Це означає високий ступінь замкнутості круговороту речовин у біосфері.

Екологічна інтерпретація закону збереження включає щонайменше два постулати, які мають практичне значення:

Закон розвитку системи за рахунок навколишньої середовища: будь-яка природна або суспільна система може розвиватись тільки за рахунок використання матеріально-енергетичних і інформаційних можливостей навколишнього середовища. Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий.

Закон непереборності відходів і побічних впливів виробництва, відповідно до якого в будь-якому господарському циклі відходи, що утворюються, і виникаючі ефекти непереборні, вони можуть бути лише переведені з однієї форми

в іншу, перенесені в просторі, а їхня дія може бути розтягнута в часі. Цей закон виключає принципову можливість безвідхідного виробництва і споживання в сучасному суспільстві.

Про ціну розвитку («Ніщо не дається даром»).

В екологічному контексті за цим твердженням ховається думка про якісну спрямованість еволюції систем. Ми вже говорили про здатність великих систем до еволюції у бік ускладнення та удосконалювання організації. Але розвиток відбувається за рахунок не тільки навколишнього середовища, але і власних якісних ресурсів: будь-яке нове придбання в еволюції системи обов'язково супроводжується втратою якоїсь частини колишнього надбання.

Звідси витікають:

Закон необоротності еволюції (однієї спрямованості розвитку): великі системи еволюціонують тільки в одному напрямку – від простого до складного, інволюція, регрес можуть відноситись тільки до окремих частин протягом окремих періодів розвитку системи;

Правило прискорення еволюції: з ростом складності організації систем темпи еволюції зростають. Це правило рівною мірою відноситься і до змінюваності видів в еволюції органічного світу, і до людської історії, і до розвитку техніки.

(«Природа знає краще»).

Це твердження не настільки очевидно, але дуже важливо для розуміння взаємин людини і природи.

Люди створили безліч речей, яких немає в природі. Технічний прогрес досяг небувалих висот. Але його побічним продуктом стала людська самовпевненість, переконання в перевазі над природою. Багато чого з того, що створила людина природа і справді не має, але не тому, що не могла створити, а тому, що не поразувала потрібним або випробувала і не стала розвивати. Так було з колесом, електродвигуном, радіозв'язком, ядерною енергією. Безсумнівно, людська техніка перевершила багато можливостей живих організмів, особливо по таких характеристиках, як міцність, потужність, концентрація енергії, швидкість руху, дальність передачі сигналів і т.п. Але по винахідливості використання законів

природи, по принципах, оригінальності, досконалості і красі конструктивних рішень, по економічності й ефективності, по здоровому глузду технічні пристрої набагато уступають біологічним системам. Після недовгого опору це змушено була визнати біоніка – наука про застосування принципів дії живих систем і біологічних процесів для рішення інженерних задач.

Щоб переконатися в цьому, досить зіставити повні техніко-економічні параметри в таких гомологічних парах: автомобіль – кінь; підводний човен – дельфін; промисловий каталізатор – фермент; сонячна батарея – зелений лист рослини; гідравлічний компресор – серце; комп'ютер – людський мозок. Біоніка лише переводить геніальні знахідки й ідеї природи на мову людської техніки і вирішує їх іншими засобами, «з іншого кінця».

Перевага живого повною мірою відноситься і до екологічних систем. Це стосується не тільки більш високої стійкості природних екосистем у порівнянні зі штучними. Принцип «природа знає краще» визначає насамперед те, що може і що не повинно мати місця в біосфері. Можливість і право такого «знання» вироблені протягом мільярдів років у незліченному чергуванні актів добору, проб і помилок, кожної нової органічної форми до всього комплексу умов існування, до величезної безлічі інших речовин і форм.

Все в природі – від простих молекул до людини – повинне було пройти дуже жорстокий конкурс на вакансію в біосфері. З багатьох мільйонів можливих органічних мономерів залишено усього кілька десятків; відібрана лише одна стомільйонна частина можливих білків; ще на багато порядків жорсткіше був добір нуклеїнових кислот; сьогодні планету населяє лише одна тисячна частина випробуваних еволюцією видів рослин і тварин.

Природа знає краще, що робити, а люди повинні вирішити, як зробити це можливо краще.

Закон обмеженості ресурсів («На усіх не вистачить»).

Цього формулювання немає серед приказок – «законів екології» Б. Коммонера. Але вона також відображає загальну системну закономірність.

У природі діє правило максимального «тиску життя»: організми розмножуються з інтенсивністю, що забезпечує максимально можливе їхнє число.

Репродуктивний потенціал багатьох організмів такий великий, що якби на якийсь час були зняті обмеження розмноження і зупинене вмирання, то відбувся б «біологічний вибух» космічного масштабу: за лічений час маса живої речовини перевищила б масу земної кулі. Цього не відбувається через обмеження по речовині: маса живої речовин для усіх форм життя на Землі є константою та обмежена. Її не вистачає для всіх кліток, спор, насіннь, яєць, личинок, зародків. Це означає, що загальна кількість живої речовини всіх організмів планети порівняно мало змінюється, у всякому разі в межах великих відрізків часу. Ця закономірність була сформульована В.И. Вернадським у виді *закону константності кількості живої речовини: кількість живої речовини біосфери (для даного геологічного періоду) є константа*. Тому значне збільшення чисельності і маси яких-небудь організмів у глобальному масштабі може відбуватися тільки за рахунок зменшення чисельності і маси інших організмів.

На протиріччя між швидкістю розмноження й обмеженістю ресурсів харчування стосовно до людського народонаселення вперше звернув увагу Т.Р. Мальтус (1798). Цим він намагався обґрунтувати неминучість соціальної конкуренції. Саме у Мальтуса Ч. Дарвін запозичав поняття «боротьба за існування» для пояснення механізму природного добору в живій природі.

2.3. Причинні зв'язки і системне поводження

2.3.1. Причинні зв'язки.

Взаємодія між елементами системи може мати різну природу і виражатись різними функціями. Науковий аналіз систем завжди був зосереджений в основному саме на вивченні цих функцій. Тим часом, поводження системи часто визначається не стільки функціональними характеристиками зв'язків, скільки їхньою причинною спрямованістю. Це продемонстрував у ряді своїх робіт відомий системний аналітик Д. Медоуз. Тут ми використовуємо його методичний підхід.

Основні типи поводження, які можна спостерігати в системах, можна зобразити у виді графіка базової динаміки (рис. 2.1), де на осі абсцис відкладається час, t , а на осі ординат – істотні фактори динаміки системи F (рис.

2.1).

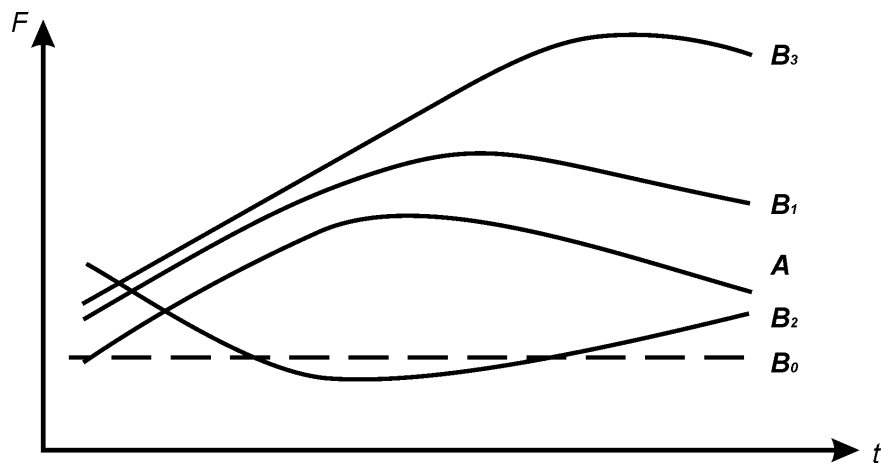


Рис. 2.1. Графік базової динаміки

Припустимо, що деякий фактор A з перебігом часу спочатку зростає, а потім починає зменшуватись. Це може бути хід температури за час вегетаційного періоду, зміна родючості ґрунту за ряд років, вікові зміни фізичної активності людини, темпи економічного росту і т.і. Є інший фактор B . Він може бути не зв'язаний з фактором A и не реагувати на його зміни (0-зв'язок). Якщо ж зв'язок між ними існує, то можливі варіанти цієї залежності. В одному випадку зміни A приводять до односпрямованих змін B_1 : між A і B знак $+$ тут означає саме односпрямованість змін.

В іншому випадку зміни A приводять вже до протилежних змін B_2 . Це протилежний (негативний) причинний зв'язок. З ростом числа комах-шкідників падає врожай плодів у саду; здоров'я людини знаходиться в зворотній залежності від споживання алкоголю; нарощування озброєнь зменшує безпеку людей і т.д. Іноді зміна A не відразу приводить до зміни B ; подібне запізнювання позначається як B_3 . Наявність негативного причинного зв'язку зовсім не означає, що це обов'язково якийсь поганий вплив: варто розрізняти спрямованість впливів і якісний результат. Адже зі зменшенням числа шкідників врожай саду підвищується, а зниження цін веде до підвищення рівня життя. Це позитивні результати при негативному причинному зв'язку.

2.3.2. Мережі взаємодій і контури зворотних зв'язків.

У реальних системах розглянуті залежності утворюють складні ланцюги і мережі причинних зв'язків, тому що A впливає не тільки на B , а B у свою чергу

може впливати на ряд інших елементів або факторів системи. Між натисканням клавіші на клавіатурі комп'ютера і появою букви на екрані монітора відбувається безліч елементарних електронних процесів. Так саме поява в навколишньому середовищі шкідливої речовини впливає на самопочуття людини через довгий ланцюг молекулярних процесів.

Багато ланцюгів причинних зв'язків утворюють замкнуті кільця, контури зворотних зв'язків. Найпростішим прикладом такого контуру може бути модель взаємовпливу чисельності популяції хижака і жертви (рис. 2.2):

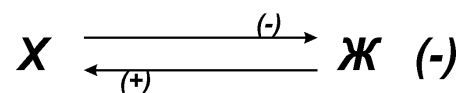


Рис. 2.2. Модель взаємовпливу чисельності популяцій хижака і жертви

Вони зв'язані і негативною, і позитивною причинними залежностями. Чим більше чисельність хижака, тим менше стає чисельність жертви (негативний зв'язок, $-$), але чим менш жертв, тим менше їжі для хижаків, і чисельність їхньої популяції зменшується (позитивний зв'язок, $+$). Якщо мова йде про один вид хижака та один вид жертви (реально в природі така ситуація зустрічається дуже рідко), хижак не може собі дозволити знищити всіх жертв. Велика частина жертв звичайно уникає зустрічі з хижакком.

У цілому такий контур має негативний знак ($-$): «плюс і мінус дають мінус». Це означає, що система здатна сама себе підтримувати, хоча і коливається біля якогось більш-менш стабільного рівня. Можна сказати, що в якийсь період кількість жертв зменшилася тому, що в попередньому періоді вона збільшилася. Кожний зі зв'язаних у такий спосіб членів системи стає причиною свого власного поведження в часі.

Розглянемо поведження більш складного контуру (рис. 2.3). В екологічній системі замкнутої водойми можна виділити такі компоненти: розчинені у воді мінеральні живильні речовини (позначимо їх як M); водорості (B); тварини, що поїдають водорості й інші тварин (T); відмерлі залишки організмів і продукти їхньої життєдіяльності – детрит (D) і бактерії (B).

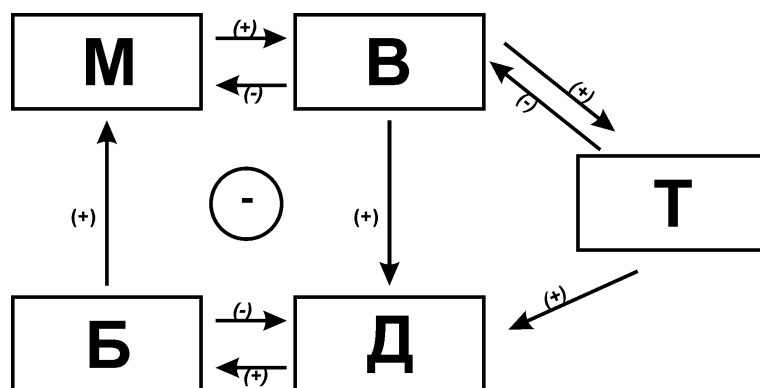


Рис. 2.3. Модель системи замкнутої водойми

Припустимо, що під впливом зовнішнього фактора, наприклад, підвищеної температури або влучення у водойму добрив почався посилений розвиток фітопланктону – водоростей. Це приводить до зменшення запасу мінеральних речовин і росту кількості тварин – від зоопланктону до риб. Викликане цим підвищене поїдання планктону приводить через якийсь час і до обмеження розмноження тварин. Тимчасове підвищення біомаси гідробіонтів веде до наростання маси детриту. Будучи їжею для бактерій, детрит обумовлює їхнє посилене розмноження і перетворюється ними у мінеральні продукти. Цикл замикається. Контур у цілому має негативний знак. Система здатна до самопідтримки. На подібних механізмах засновані процеси самоочищення водойм.

Необхідно підкреслити виняткове значення негативних зворотних зв'язків і негативних контурів для будь-яких систем, у яких здійснюється регуляція. Негативний зворотний зв'язок – головний елемент будь-якого регулятора. На принципі негативного зворотного зв'язку побудовані всі механізми регуляції фізіологічних функцій у будь-якому організмі і підтримка сталості внутрішнього середовища, і внутрішніх взаємозв'язків – гомеостазу кожної авторегуляторної системи. Всі екологічні системи включають контури негативних зворотних зв'язків.

На відміну від них контури позитивних зворотних зв'язків не тільки не сприяють регуляції, а навпаки, генерують дестабілізацію систем, приводячи їх до гноблення і загибелі, або до росту, що прискорюється, за яким, як правило, також наступає зрив і руйнування системи. Так, нарощуючи виробництво і застосування

пестицидів, ми через якийсь час зіштовхуємося з підвищенням стійкості шкідників до отрут і їхнім посиленням розмноженням через те, що виявилися отруєними їхні природні вороги в природі – птаха. Залишається розробляти нові препарати і знову збільшувати їхнє виробництво, хоча зрозуміло, що перемога може бути тільки тимчасовою.

У будь-якому рослинному співтоваристві родючість ґрунту ($РГ$), врожай рослин ($ВР$), кількість відмерлих залишків рослин – детриту ($Д$) і кількість гумусу, що утворюється з нього, ($Г$) утворюють замкнутий контур позитивних зв'язків (рис. 2.4). Система знаходиться в хиткій рівновазі, тому що досить утрати частини родючого шару ґрунту в результаті ерозії або вилучення частини врожаю рослин без наступного повернення в ґрунт необхідної кількості живильних речовин щоб почався процес деградації ґрунту і зниження продуктивності рослин.

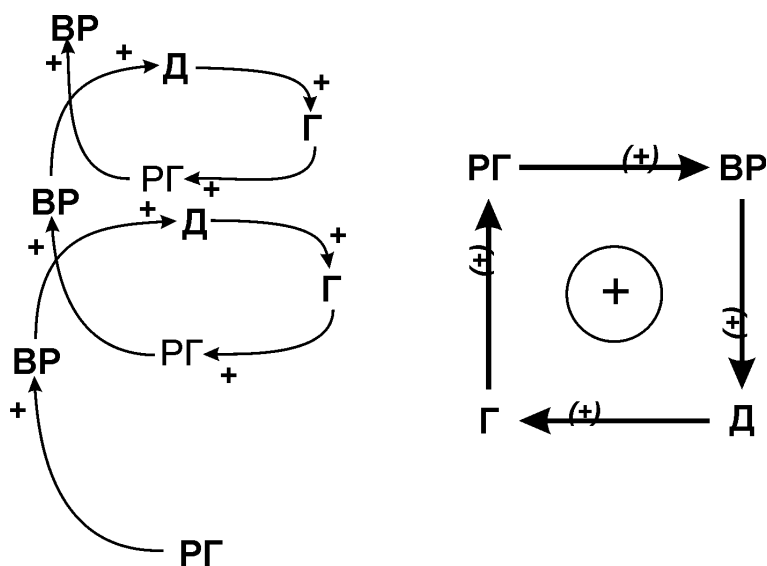


Рис. 2.4. Модель замкнутого контуру позитивних зв'язків

На контурах позитивного зворотного зв'язку засновані деякі механізми сучасної економіки, коли зростання виробництва підтримується взаємною стимуляцією пропозиції та попиту за допомогою нав'язливої реклами, яка штучно провокує нові потреби. Яскравим прикладом фатальності позитивного зворотного зв'язку може бути гонка озброєнь, при якій збільшення кількості зброї збільшує ризик поразки зброєю і потреба в посиленні збройного захисту, що веде до нового витка виробництва ще більш могутніх озброєнь.

У складних системах завжди сполучаються контури обох знаків. При розгляді контурів з великим числом зв'язків існує важливе правило: *при парному*

числі послідовних негативних зв'язків у контурі він стає контуром позитивного зворотного зв'язку («мінус і мінус дають плюс»).

Варто повторити, що поведження подібних систем у більшому ступені визначається наявністю контурів зворотного зв'язку, а не конкретними значеннями коефіцієнтів, що обумовлюють силу кожного окремого причинного зв'язку. Щоб змінити поведження системи, недостатньо змінити коефіцієнти, набагато важливіше додати або вилучити якісь кола зв'язків, які могли б змінити знак системи.

2.4. Система: «Людин - Економіка - Біота - Середовище» (ЛЕБС)

Задача спільного розгляду надзвичайно складна і разом з тим, при деяких умовах і застереженнях, може бути зведена до дуже простої системної моделі, у якій використані описані прийоми встановлення причинних зв'язків. Підійдемо до неї в три етапи.

Спочатку візьмемо «найпростіший» контур взаємодії «людина – природа» (рис. 2.5):

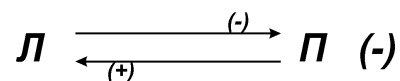


Рис. 2.5. «Найпростіший» контур взаємодії «людина – природа»

За умови рівноваги він був би такий як і контур «хижак – жертва». У зв'язку з тим що ця система з негативним зворотнім зв'язком (-), вона повинна бути здатний до самопідтримування та авторегулювання. У дійсності в даний час ця система не знаходиться у рівновазі і не стійка: міцний прямий негативний зв'язок ($L \Rightarrow \bar{P}$) не врівноважується слабким позитивним зворотним зв'язком ($L^+ \Leftarrow P$). Людина поводить ся так, начебто майже не існує для неї обмежень і опору з боку природи.

«Розгорнемо» компоненти системи в такий спосіб (рис. 2.6). Тут система «Природа» (P) підрозділяється на *біоту* – сукупність усіх живих організмів біосфери – і на їхнє середовище, включаючи середовище людини. А система «Людина» (L) підрозділяється на власне людину, людей, і на людське господарство – економіку.

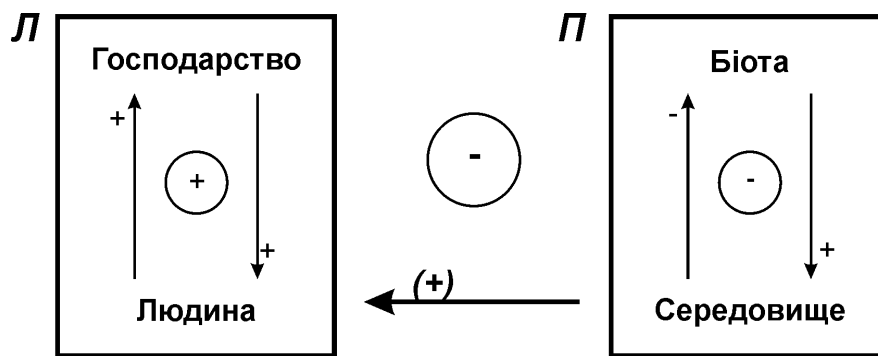


Рис. 2.6. Компоненти системи ЛЕБС

Виділення «середовища» в окремий підблок, як би рівноправний з іншими елементами, у даному випадку зроблено лише для зручності формального аналізу. У дійсності всі елементи системи знаходяться в одному загальному середовищі.

Контур *Л* має позитивний знак, оскільки взаємозалежність між людьми та економікою позитивна; людство росте і нарощує виробництво продуктів – ресурсів для свого подальшого росту. Другий контур *П* має негативний знак, тому що взаємодії між організмами і середовищем у природі в цілому досконало врівноважені. Вплив людського господарства на біосферу протиспрямований (негативно), а стан середовища і людського співтовариства сполучені позитивним причинним зв'язком. Контур усієї суперсистеми має негативний знак. Але й у такому виді модель не відображає усіх важливі особливості взаємодії.

На наступному етапі ми розглядаємо всю систему як єдиний контур причинних зв'язків (рис. 2.7). На відміну від схеми на рис. 2.5 тут усі класи систем матеріального світу Землі замкнуті в одну динамічну суперсистему.

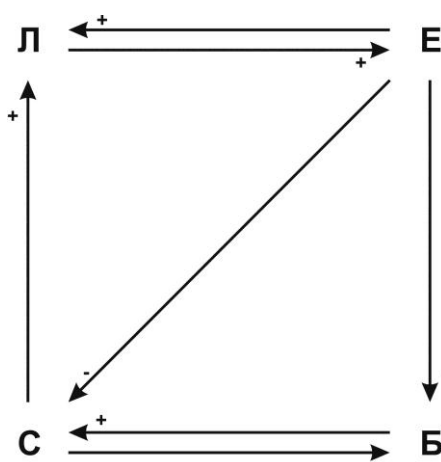


Рис. 2.7. Модель єдиного контуру причинних зв'язків

Вся жива природа, сукупність живих організмів біосфери Землі представлена на схемі як «Біота» (*B*). Під «Середовищем» (*C*) мається на увазі і природне, і навколишнє середовище людини, які як сукупність безпосередньо впливають на людей та умови їх мешкання. «Людина» (*L*) представляє все людство. Нарешті, «Економіка» (*E*) позначає все людське господарство, усі матеріальні ціннісні, суб'єкти і форми господарської діяльності (включаючи ресурси надр, виробництво, техніку), які прямо або опосередковано впливають на природу планети і навколишнє середовище людини. На перший погляд може уявлятися, що «економіка» у такій моделі – це надлишкова категорія, що природі як би «немає справи» до «нематеріальної» частини економіки – грошей, цін, кредитів, ренти, прибутку і т.і. Безпосередній вплив на природу роблять саме матеріальні техногенні потоки. Виходячи з цього «економіку» можна було б замінити «виробництвом» або «технікою».

Мільярд років існувала стабільна система $B_+ \leftrightarrow^- C$. Людина увійшла у цю систему природним шляхом, приблизно два мільйони років тому. Але поступово вона створила хитливу, швидко зростаючу систему $L_+ \leftrightarrow^+ E$. І всього два сторіччя – мить у масштабах еволюції – вона нарощує конкуренцію з її природною системою.

Мабуть, у межах такого ж масштабу часу за законом зворотного зв'язку вся суперсистема повинна стабілізуватись, стати рівноважною. Це неминуче. Питання лише в тому, чи збережеться при цьому вся структура ЛЕБС або залишиться тільки БС – пограбована і знівечена людиною природа планети, якій знадобиться мільйони років, щоб залікувати рани, але яка вже ніколи не стане колишньою.

Соціальна психологія відкидає такий варіант – шлях апокаліпсиса, загибелі людства. Але тоді виникає друге питання: який повинна стати стабілізована та урівноважена система ЛЕБС і яку участь у цій стабілізації повинна прийняти людина – самий активний елемент системи? Чи розуміють люди і чи погодяться вони з тим, що стабілізація повинна відбуватися в основному за їхній рахунок? Адже саме людина запустила бумеранг техногенезу по замкнутій орбіті ЛЕБС і зараз знаходиться під його ударом, опосередкованим навколишнім середовищем. Уся система ЛЕБС, і природа, і людство знаходяться зараз у крапці біфуркації,

може бути, самої драматичної в історії Землі. Необхідно зробити вибір нової розумної стратегії. Цей вибір стає найважливішою задачею людства. Але можливості вибору дуже обмежені.

3. ОСНОВИ БІОЛОГІЧНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

3.1. Властивості живої системи

Між живим і неживим не існує нездоланної межі.

Живою системою може бути названа динамічна система, яка активно сприймає і перетворює молекулярну інформацію з метою самозбереження.

Молекулярна інформація – це сукупність сигналів, переданих специфічними молекулами. Сигналом відносно елемента динамічної системи є вплив який особливо змінює функціонування цього елемента. Активне сприйняття і перетворення інформації означає випереджальне (охоронне) сигнальне реагування на зовнішній вплив і зв'язані з ним внутрішні зміни системи. Для сприйняття і трансформації сигналу, що забезпечує випереджальне реагування, і для самої реакції необхідні наступні умови:

Система повинна мати структурну організацію. Це припускає гетерогенність, дискретність і структурну стійкість, що одночасно є й умовою, і метою випереджального реагування.

Повинен бути запас концентрованої енергії, яка могла б бути використана для сприйняття і виникнення сигналів, реагування на них і збереження структури. У живих системах ця енергія ув'язана у певних хімічних зв'язках ряду речовин.

Для звільнення цієї енергії і звертання її у роботу потрібні речовини, які знижують потенційні бар'єри хімічних реакцій – каталізатори (їхню роль в організмі виконують ферменти) і молекули-перетворювачі, які трансформують хімічну енергію, що виділилася, у молекулярну інформацію і роботу – хімічну (осмос, активний транспорт речовин, біосинтез макромолекул) і механічну (робота росту, м'язове скорочення).

У структурі перетворювачів, що виконують інформаційну функцію, закодовані програми зчитування і реалізації інформації. Існує два роди таких

програм:

програми відтворення структур (генетична пам'ять); ці програми закодовані в молекулярній структурі нуклеїнових кислот – ДНК і РНК;

програми оперативного сигнального реагування - індивідуальної поведінки (сигнальна пам'ять); вони записані в системах рефлекторних структур. Інформація виникає в результаті взаємодії програми з потоком енергії.

Оскільки сигнали в живій системі передаються особливими молекулами, що сприймають структури – рецептори повинні мати властивість молекулярного дізнавання. Ці процеси здійснюються за рахунок слабких не валентних взаємодій і досягаються сполученням просторових конфігурацій молекул, які зближуються.

3.2. Рівні біологічної організації

Звичайно виділяють шість головних рівнів організації живої матерії, які утворюють формальну ієрархію: молекулярний, клітинний, організменний, популяційний (популяційно-видовий), екосистемний, біосферний (екосферний).

Усі перераховані вище основні властивості живих систем реалізуються вже на клітинному рівні. Однак повнота всіх природних життєвих прояв представлена тільки на двох останніх – екосистемних рівнях (або навіть тільки на екосферному), тому що жодна клітка, жоден організм, жоден вид не можуть існувати без безлічі інших кліток, організмів, видів і створюваних ними умов середовища.

Єдність і розмаїтість живих систем.

У живій природі, як і в усім матеріальному світі, практично нескінченна розмаїтість виникає на основі сполучення деяких елементів. До складу живих організмів входять ті ж хімічні елементи, що і до складу об'єктів неживої природи, але їх кількісне співвідношення неоднаково. Тільки на шість елементів – вуглець, кисень, водень, азот, сірку і фосфор – припадає в середньому майже 99 % складу всіх живих істот від вірусів до людини. Ці елементи називають біогенними. Їх з'єднання утворюють кілька десятків природних біомономерів і інших органічних речовин, різні сполучення яких, у свою чергу, дають вже величезну кількість індивідуальних біополімерів.

Спільність хімічного складу і молекулярно-структурних властивостей живих систем відбита в сформульованому В.И. Вернадським законі фізико-хімічної єдності живої речовини: *уся жива речовина Землі хімічно єдина і тому підкоряється основним фізико-хімічним закономірностям*. Закон не виключає біохімічної специфіки видів і індивідуумів, але підкреслює якісну єдність всього живого.

3.3. Функція і рівні живої системи

Цільова функція живої системи – самозбереження за допомогою випереджального реагування – визначають й інші фундаментальні властивості життя. При кожній реакції, при кожному елементарному акті в живій системі витрачається якась частина запасу енергії та енергоносіїв, а також каркасних структур. Для їх відтворення і збереження цілісності необхідна притока речовин і енергії з навколишнього середовища. Ці процеси звичайно позначаються як обмін речовин і енергії – метаболізм. У метаболізмі об'єднані та урівноважені взаємозалежні процеси асиміляції, тобто синтезу речовин, і дисиміляції – розпаду складних сполук на прості зі визволенням енергії.

Поступове накопичення в кожній окремій живій системі необоротних структурних змін обмежує її існування в часі. Тому клітка, організм прагнуть до самовідтворення і розмноження, не очікуючи, поки виникне загроза їхньому життю. Наявність програми відтворення у вигляді ДНК і її велика стабільність у порівнянні з іншими структурами біологічної системи обумовлюють властивість спадковості. Але спадковість не абсолютна, вона так само, як і жива система в цілому, має мінливість під впливом випадкових або спонтанних змін у генетичному апараті – мутацій.

Повітря і вода, рослинність і ґрунти, звірі й птахи та інші живі організми утворюють взаємозв'язану і взаємозумовлену світову біосферу, яка підтримує все живе і яка, незважаючи на могутню життєздатність, складається з тендітних і надто уразливих систем, рівновага в яких дуже легко порушується. Природні системи досить різноманітні, вони складаються з величезної кількості різноорганізованих, взаємозумовлених і взаємозамінних компонентів, які

об'єднані безліччю прямих і зворотних зв'язків. Незважаючи на те, що системи досить різноманітні, їм притаманний ряд спільних рис:

- система – це цілісний комплекс взаємозв'язаних елементів, але значно складніший, ніж просто сума елементів;
- система утворює особливу єдність з середовищем;
- будь-яка досліджувана система є елементом системи більш високого рангу;
- в свою чергу елементи будь-якої досліджуваної системи звичайно виступають як система нижчого рангу.

На думку багатьох вчених, світ організований у вигляді ланцюжка, що складається з ланок зростаючої складності. Ця послідовність починається з елементарних частинок, з яких складається атом, йде до молекул, клітин і поширюється до складних індивідумів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Рівні організації органічного світу

Основна група	Рівень
Біологічні мікросистеми	молекулярний (молекулярно-генетичний)
	субклітинний
	клітинний
Біологічні мезосистеми	тканинний
	органный
	організмівий
Біологічні макросистеми	популяційно-видовий
	біоценотичний
	біосферний (глобальний)

Одиниці одного рівня організації є частинками, з яких утворюється наступний вищий рівень. Молекули, об'єднуючись, утворюють клітини, клітини утворюють тканини і органи, які в свою чергу утворюють багатоклітинні організми, організми утворюють надорганізміві системи: види, популяції, біоценози, біогеоценози. Живе на нашій планеті – це окремі організми, особини.

Кожен організм з однієї сторони складається з одиниць підпорядкованих йому рівнів організації (органів, клітин, молекул), з іншої – сам є одиницею, що входить до складу надорганізмових біологічних макросистем (популяцій, видів, біоценозів, екосистем, біосфери).

На всіх рівнях життя спостерігається певна впорядкованість, обмін речовин, енергії, інформації та ін. Завдяки обміну речовин та енергії встановлюється єдність живого з середовищем.

Ті зміни, що успадковуються, і їх відбір під впливом екологічних чинників зумовлюють видоутворення і збільшення біологічного розмаїття. Різноманітність видів забезпечує більшу ймовірність збереження життя за рахунок найкраще пристосованих до змін довкілля форм. Відбувається біологічна еволюція.

Нині виокремлюють шість головних рівнів організації живої матерії:

- молекулярно-генетичний – редуплікація генів, формування ідентичних молекул на основі матеріалів, що забезпечують спадковість і мінливість;
- організменний – цілісність функцій, ріст, онтогенетичний розвиток;
- клітинний;
- популяційно-видовий – еволюція, тривале існування, таксономічні характеристики;
- біоценотичний – трофічні, хімічні, енергетичні зв'язки, колообіг хімічних елементів, перетворення енергії;
- біосферний – форма життя, яка поза біосферою не існує.

Кожен із цих рівнів має особливості, але всі вони тісно пов'язані між собою, впливають один на одного, створюючи єдине ціле – живу речовину, що об'єднує чотири царства природи: дроб'янок, грибів, рослин і тварин.

Зазначені вище основні властивості живих систем реалізуються вже на клітинному рівні, однак уся повнота життя представлена тільки на екосистемному та біосферному.

4. ЕКОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЇ

4.1. Поняття і структура популяції

Популяція – це сукупність організмів одного біологічного виду, що населяють одну територію, мають загальний генофонд і можливість вільно схрещуватись.

До складу одного виду організмів може входити декілька, а іноді багато популяцій, у більшому або меншому ступені ізольованих одна від одної. Якщо представників різних популяцій одного виду помістити в однакові умови, вони збережуть свої розходження. Але приналежність до одного виду забезпечує можливість одержання плідного потомства від представників різних популяцій.

Популяція – елементарна форма існування виду в природі. Популяції еволюціонують і є одиницями еволюції видів і видоутворень.

Розрізняють статеву, вікову, генетичну, просторову та екологічну структури популяцій.

Статева структура популяції – співвідношення в популяції представників різної статі.

У багатьох організмів співвідношення статей визначається розходженням хромосомних наборів чоловічих і жіночих. Таке двофакторне хромосомне визначення статі забезпечує рівну чисельність представників різних статей. Але у деяких рослин і тварин спостерігається не двофакторне, а трьох- і більш факторне генетичне визначення статі. Це призводить до того, що у визначених умовах поряд з нормальними з'являються і такі представники жіночої статі, які приносять тільки самок або (рідше) тільки самців. У результаті через якийсь час співвідношення статей у популяції може відхилитися від 1:1.

Вікова структура популяції – співвідношення в складі популяції організмів різного віку, що представляють один або різні приплоди одного або декількох поколінь.

Вікова структура популяції відображає інтенсивність розмноження, рівень смертності, швидкість зміни поколінь.

Генетична структура популяції визначається мінливістю і розмаїтістю

генотипів, частотами варіацій окремих генів, а також розподілом популяції на групи генетично близьких організмів, між якими відбувається постійний обмін. Для кожної популяції характерний також, визначений рівень розмаїтості ознак організму, який залишається під спільним контролем генів і екологічних факторів. Розмаїтість генотипів залежить від розміру популяції і зовнішніх факторів, що впливають на її структуру. У невеликих ізольованих і стабільних популяціях закономірно зростає частота близько родинних схрещувань, що в свою чергу зменшує генетичну розмаїтість і збільшує погрозу вимирання.

Просторова структура популяції – це характер розміщення і розподілу окремих членів популяції і їхніх угруповань на популяційній території (ареалі). У популяції реалізується принцип територіальності: всі організми і їх групи мають індивідуальний і груповий простір, який виникає в результаті активного фізико-хімічного або поведінкового роз'єднання. Воно часто сполучиться з агрегацією, угрупованням організмів, підсилюючи конкуренцію між індивідами, але сприяє виживанню групи в цілому. Так утворюються зграї, череди, колонії й інші об'єднання, завдяки чому досягаються різні захисні ефекти. Розрізняють скупчений, випадковий і рівномірний розподіл організмів у популяціях.

Екологічна структура популяції – це розподіл усякої популяції на групи організмів, по-різному взаємодіючих із факторами середовища. Легко виявляються угруповання по харчуванню, тому що представники різної статі і віку володіють різною харчовою перевагою. Різні члени популяції відрізняються один від одного по орієнтованому поведінженню і по руховій активності; у багатьох тварин добре виражені розходження реакцій передбачення небезпеки або оптимізації пошуку. Часто спостерігається розподіл функцій («розподіл праці») при полюванні або при нагляді за потомством і т.п.

4.2. Стійкість і життєздатність популяцій

Здатність багатьох форм до швидкого розмноження створює ілюзію того, що для «продовження роду» досить однієї пари. У дійсності це можливо лише у виняткових випадках. Для підтримки тривалого існування природних популяцій потрібні інші умови.

Головними факторами стійкості популяцій є:

збереження повного контролю над генетичною структурою популяції з боку природного відбору, зокрема, збереження необхідного рівня розмаїтості і дрейфу генів у популяції, для чого необхідний зв'язок між популяціями одного виду;

збереження нормального системного співвідношення між усіма параметрами популяційної структури, а також між ними і характерною для популяції сукупністю екологічних умов;

збереження ефективної чисельності популяції, а також мінімальний ризик переходу за межу мінімально припустимої чисельності при збереженні репродукційного потенціалу.

4.3. Етологічна структура популяцій

Характерною особливістю популяцій є система взаємовідносин між її членами. Закономірності поведінки організмів вивчає наука етологія. Залежно від способу життя виду форми спільного існування особин у популяції надзвичайно різноманітні. Розрізняють самотній спосіб життя, при якому особини популяції незалежні й відокремлені один від одного, але лише тимчасово, на певних стадіях життєвого циклу. Повністю ізольоване існування організмів у природі не зустрічається, оскільки було б неможливим здійснення їхньої основної життєвої функції - розмноження. У видів з ізольованим способом життя часто утворюються тимчасові угруповання особин у місцях зимівлі (сонечка, жулики) або в період, який передуює розмноженню.

При сімейному способі життя помітно посилюються зв'язки і взаємовідносини між батьками і їхнім потомством: турбота про відкладені яйця, пташенят, їх охорона. Розрізняють сім'ї батьківського, материнського і змішаного типів. При сімейному способі життя помітно виявляється територіальна поведінка тварин, коли різноманітними сигналами, маркуванням тощо забезпечується володіння ділянкою, яка необхідна для вирощування потомства. В основі формування більш-менш великих об'єднань тварин (зграя, стадо, колонія) лежить ускладнення поведінки, а отже, і зв'язків у популяції.

Зграя – це тимчасове об'єднання тварин, які виявляють біологічно корисну організованість дій (для захисту від ворогів, добування харчування, міграції і т. ін.). Найбільше зграї поширені серед риб, птахів, рідше зустрічаються у ссавців (собачі зграї).

Стадо – тривале або постійне об'єднання тварин, в якому здійснюються всі основні функції життя виду: добування корму, захист від хижаків, міграції, розмноження, виховання молодняка. Основу групової поведінки в стаді складають взаємовідносини домінування – підпорядкування, які базуються на індивідуальних відмінностях між особинами. Для стада характерна наявність тимчасового або постійного лідера, який зумовлює поведінку інших особин і часто стада в цілому.

Колонія – це групове поселення осілих тварин. Колонії можуть існувати довго або виникати на період розмноження (наприклад, чайки, мідії, ластівки, грачі, альбатроси, терміти, бджоли).

4.4. Популяційні аспекти розвитку людства

За останні сто п'ятдесят років населення Землі росло дуже швидкими темпами. З древніх історичних епох до початку минулого століття чисельність населення світу, досягла близько декількох сотень мільйонів осіб. Тільки у 1830 р. популяція людини досягла 1 млрд осіб, вже через сто років її чисельність сягнула 2 млрд, а в 1960 р., всього через 30 років, – 3 млрд осіб, через 15 років (1975 р) – 4 млрд, в 1987 р – 5 млрд. В 1999 р чисельність населення планети сягнула 6 млрд осіб. За останні роки темпи збільшення населення Землі почали знижуватися. Та, навіть незважаючи на це, якщо не відбудеться ніяких різких змін, такий приріст популяції швидше всього збережеться і в ХХІ столітті.

Порівняно з основними показниками натурального руху населення в світі – рівнями народжуваності, смертності, натурального приросту – Україна за рівнем народжуваності (10,8 чол. на 1000 жителів) посідає останнє місце серед колишніх республік СРСР, смертності населення (14,2 на 1000 жителів) – "почесне" друге місце серед розвинених країн світу, дитячої смертності – 17-те місце серед усіх

країн світу, за показником середньої тривалості життя населення – 47-ме місце у світі.

Для нормального щодо соціально-економічних умов індустріально розвинутих країн, тобто мінімально розширеного, відтворення популяції людини в Україні потрібно, щоб кожна жінка народила за своє життя в середньому 2,2 – 2,4 дитини.

Жінки України фактично до 33-річного віку вже припиняють дітонародження. Народжуваність зменшується через безплідність шлюбних пар, збільшення гінекологічних захворювань, кількості абортів, ранньої дитячої смертності за рахунок змін у період внутрішньоутробного розвитку (стан здоров'я матері, несприятливі екологічні умови, генетичні відхилення).

За останнє десятиріччя серед населення України майже втричі зросла кількість хворих цукровим діабетом, майже в сім разів – гіпертонічними хворобами, в чотири рази – стенокардією, у два рази – інфарктом.

Той факт, що смертність в Україні перевищує народжуваність, – це сумне і вельми тривожне явище для нашого народу, це – національне лихо. Саме тому зараз всі соціально-економічні проблеми в нашій самостійній державі повинні вирішуватися лише через призму збереження нації, збереження генофонду України.

5. ЕКОСИСТЕМИ

5.1. Визначення

Основний об'єкт екології – це екологічна система, або *екосистема* – просторово визначена сукупність живих організмів і середовища їх мешкання, об'єднаних матеріально-енергетичними й інформаційними взаємодіями.

Термін «екосистема» було введено в екологію англійським ботаніком А. Тенслі в 1935. Поняття екосистеми не обмежується якимись ознаками рангу, розміру, складності та походження. Тому воно застосовується як до відносно простих штучних (акваріум, теплиця, пшеничне поле, космічний корабель), так і до складних природних комплексів організмів і середовища їх мешкання (озеро,

ліс, океан, екосфера). Розрізняють водні і наземні екосистеми. Усі вони утворюють на поверхні планети густу строкату мозаїку. При цьому в одній природній зоні зустрічається безліч подібних екосистем – або злитих в однорідні комплекси або розділених іншими екосистемами. Наприклад, ділянки листяних лісів, що перемежуються хвойними лісами, або болота серед лісів і т.і.

У кожній локальній наземній екосистемі є:

абіотичний компонент – біотоп або екоотоп;

– *екотоп* – ділянка з однаковими ландшафтними, кліматичними, ґрунтовими умовами;

біотичний компонент – співтовариство, або біоценоз;

– *біоценоз* – сукупність усіх живих організмів, що населяють даний біотоп;

– *біотоп* є загальним місцеперебуванням для всіх членів співтовариства.

Біоценози складаються з представників багатьох видів рослин, тварин і мікроорганізмів. Практично кожен вид у біоценозі представлений багатьма організмами різної статі і віку. Вони утворюють популяцію (або частину популяції) даного виду в екосистемі.

Члени співтовариства так тісно взаємодіють із середовищем мешкання, що біоценоз часто важко розглядати окремо від біотопу. Наприклад, ділянка землі це не лише «місце», але і безліч ґрунтових організмів і продуктів життєдіяльності рослин і тварин. Тому все це об'єднується у понятті біогеоценоз:

біотоп + біоценоз = біогеоценоз

Біогеоценоз – це елементарна наземна екосистема, головна форма існування природних екосистем. Поняття біогеоценозу визначив В.Н.Сукачев у 1942. Для більшості біогеоценозів визначальною характеристикою є тип рослинного покриву, за яким можна судити про приналежність однорідних біогеоценозів до даного екологічного співтовариства (співтовариства березового лісу, ковилового степу, і т.і.).

5.2. Склад і функціональна структура екосистеми

Кожна екосистема має власне матеріально-енергетичне господарство і

визначену функціональну структуру.

У кожному екосистемі входять групи організмів різних видів, які розрізняються за способом харчування – автотрофи і гетеротрофи.

Автотрофи («саможивильні») – організми, які утворюють органічну речовину свого тіла з неорганічних речовин (двоокису вуглецю та води) за допомогою процесів фотосинтезу і хемосинтезу. *Фотосинтез* здійснюють фотоавтотрофи – всі хлорофілоносні (зелені) рослини і мікроорганізми. *Хемосинтез* спостерігається у деяких хемоавтотрофних бактерій, що використовують як джерело енергії окислювання водню, сірки, сірководню, аміаку, заліза. Хемоавтотрофи в природних екосистемах грають відносно невелику роль.

Автотрофи складають основну масу всіх живих істот і цілком відповідають за утворення всієї нової органічної речовини в будь-якій екосистемі, тобто є виробниками продукції – *продуцентами* екосистем.

Гетеротрофи («ті що харчуються іншими») – організми, які споживають готову органічну речовину інших організмів і продукти їхньої життєдіяльності. Це усі тварини, гриби і велика частина бактерій. У деяких груп бактерій, так само, як і у більшості рослин-паразитів і комахоїдних рослин сполучаються автотрофні і гетеротрофні функції. На відміну від автотрофів-продуцентів гетеротрофи виступають як споживачі і деструктори (руйнівники) органічних речовин. У залежності від джерел харчування та участі у деструкції вони також підрозділяються на кілька категорій: *консументи*, *детритофаги* та *редуценти*.

Консументи – споживачі органічної речовини живих організмів. До них відносяться:

рослиноїдні тварини (*фітофаги*), ті що харчуються живими рослинами (попелиця, гусак, вівця, олень, слон);

м'ясоїдні тварини (*зоофаги*), ті що поїдають інших тварин – різні хижаки (хижі комахи, комахоїдні і хижі птахи, хижі рептилії та звірі), вони нападають не тільки на фітофагів, але і на інших хижаків (хижаки другого, третього порядків);

паразити, ті що існують за рахунок речовин організму-хазяїна; це вже не тільки тварини (хробаки, комахи, кліщі), але і різні мікроорганізми (віруси,

бактерії, найпростіші), а також деякі гриби і рослини;

симбіотрофи - бактерії, гриби, найпростіші, які, харчуються соками або виділеннями організму-хазяїна, виконуючи разом з цим і життєво важливі для нього трофічні функції.

Детритофаги або *сапрофаги* – організми, що харчуються мертвою органічною речовиною – залишками рослин і тварин. Це різні гнильні бактерії, гриби, хробаки, личинки комах і інших тварин – усі вони виконують функцію очищення екосистем. Детритофаги беруть участь в утворенні ґрунту, торфу, донних відкладень водою.

Редуценти – бактерії і нижчі гриби – завершують деструктивну роботу консументів і сапрофагів, доводячи розкладення органіки до її повної мінералізації і повертають у середовище екосистеми останні порції двоокису вуглецю, води і мінеральних елементів.

Усі перелічені групи організмів у будь-якій екосистемі тісно взаємодіють між собою, забезпечуючи необхідні потоки речовини й енергії. Їх спільне функціонування не тільки підтримує структуру і цілісність біоценозу, але і впливає на абіотичні компоненти біотопу, обумовлюючи самоочищення екосистеми та її середовища.

Важливою характеристикою екосистем є розмаїтість видового складу. При цьому виявляється ряд закономірностей:

- чим різноманітніше умови біотопів у межах екосистеми, тим більше видів містить відповідний біоценоз;
- чим більше видів містить екосистема, тим менше організмів нараховують відповідні видові популяції;
- чим більше розмаїтість біоценозу, тим більше екологічна стійкість екосистеми; біоценози з малою розмаїтістю піддаються значним коливанням чисельності домінуючих видів.

Експлуатовані людиною системи, представлені одним чи дуже малим числом видів (агроценози з землеробськими монокультурами) хитливі по своїй природі і не можуть самопідтримуватися.

Ніяка частина екосистеми не може існувати без іншої частини. Якщо з якої-

небудь причини відбувається порушення структури екосистеми, зникає група організмів, вид, то за законом ланцюгових реакцій може сильно змінитися або навіть зруйнуватися все співтовариство. Але часто відбувається і так, що через якийсь час після зникнення одного виду на його місці з'являються інші організми, інший вид, який виконує подібну функцію в екосистемі.

Ця закономірність називається правилом заміщення, або дублювання: у кожного виду в екосистемі є «дублер». Таку роль звичайно виконують види менш спеціалізовані та у той же час екологічно більш адаптивні. При цьому вирішальну роль грає не систематичне положення, а близькість екологічних функцій груп організмів.

5.3. Основний процес у екосистемі

У переважній більшості екосистем здійснюється фундаментальний зворотній хімічний процес: де загальний множник n визначає масштаб перетворень речовини та енергії в екосистемі.



ΔG_i – енергія світла, спожита при фотосинтезі;

ΔH_e – енергія теплоти, яка виділяється при подиху.

Тут синтезована органічна речовина, що розпадається, представлена вуглеводом (CH_2O). Це може бути, наприклад, глюкоза при $n = 6$. Кількості поглиненої і виділеної енергії дорівнює:

$$n \cdot [-\Delta G_i = \Delta H_e \approx -560] \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Дане рівняння описує ідеальний випадок для екосистеми, замкнутої за речовиною. У реальних екосистемах пряма і зворотна реакції, як правило, не збігаються через обмін учасниками реакції (переносу води, газів і органіки) з іншими системами. У екосистемах великих глибин, печер, під землею, де немає світла і не може здійснюватись фотосинтез, органічна речовина поставляється або місцевими хемоавтотрофами, або надходить з інших систем.

Принципове розходження між потоками речовини та енергії в екосистемі полягає в тім, що біогенні елементи, які складають органічну речовину, можуть

багаторазово брати участь у круговороті речовин, тоді як потік енергії односпрямований і необоротний. Кожна порція енергії використовується тільки однократно. У відповідності з другим законом термодинаміки на кожному етапі трансформації енергії значна її частина неминуче губиться, розсіюється у виді теплоти.

5.4. Харчові мережі і трофічні рівні

Спостерігаючи харчові взаємодії між членами біоценозу ("хто кого і у якій кількості поїдає»), можна побудувати харчові ланцюги і харчові мережі харчування різних організмів. Прикладом довгого харчового ланцюга може служити послідовність тварин арктичного моря: мікроводорості (фітопланктон) \Rightarrow дрібні рослиноїдні ракоподібні (зоопланктон) \Rightarrow м'ясоїдні планктонофаги (хробаки, ракоподібні, молюски) \Rightarrow риби (можливі 2-4 ланки послідовності хижих риб) \Rightarrow тюлені \Rightarrow білий ведмідь. Харчові ланцюги наземних екосистем звичайно коротше. Харчові мережі утворюються тому, що практично будь-який член якого-небудь харчового ланцюга одночасно є ланкою й в іншому харчовому ланцюзі: він споживає і його споживають кілька видів інших організмів.

Розрізняють кілька типів харчових ланцюгів. *Пасовищні* харчові ланцюги, або ланцюги визискувачів починаються з продуцентів; для таких ланцюгів при переході з одного трофічного рівня на інший характерно збільшення розмірів організмів при одночасному зменшенні щільності популяцій, швидкості розмноження і продуктивності по біомасі. (Наприклад, трава \Rightarrow полівки \Rightarrow лисиця).

Ланцюги *паразитів* (яблуня \Rightarrow щитівка \Rightarrow наїзник або корова \Rightarrow гедзь \Rightarrow бактерії \Rightarrow фаги) характеризуються зменшенням розмірів організмів при збільшенні чисельності, швидкості розмноження і щільності популяцій.

Детритні ланцюги, ті що включають тільки редуцентів (опалі листи \Rightarrow цвілеві гриби \Rightarrow бактерії), вони подібні з ланцюгами паразитів. Але якщо, як це звичайно буває, вони включають і консументів-детритофагів (хробаків, личинок комах), то частково переходять у ланцюги визискувачів і паразитів.

Завдяки визначеній послідовності харчових відносин розрізняються окремі трофічні рівні переносу речовин і енергії в екосистемі, зв'язані з харчуванням визначеної групи організмів.

перший трофічний рівень в усіх екосистемах утворюють продуценти – рослини;

другий – первинні консументи – фітофаги

третій – вторинні консументи – зоофаги і т.д.

Як вже відзначено, багато тварин харчуються не на одному, а на декількох трофічних рівнях (прикладом можуть служити дієти сірого пацюка, бурого ведмеда і людини).

6. БІОСФЕРА

6.1. Поняття про біосферу

Біосфера – це сукупність частин земних оболонок (літо-, гідро- і атмосфери), яка заселена живими організмами, знаходиться під їхнім впливом і зайнята продуктами їхньої життєдіяльності.

Біосфера – глобальна екосистема. Вона не утворює суцільного шару з чіткими границями, а як би «просочує» інші геосфери планети, охоплюючи всю гідросферу, верхню частину літосфери і нижню частину атмосфери. Термін «біосфера» вперше визначив австрійський геолог Е. Зюсс у 1873 р. Але розвиток навчання про біосферу належить В.І. Вернадському.

Винятково важливе місце в працях В.І. Вернадського займають представлення про ролі людини в еволюції природи Землі. Ці погляди пізніше стали відомі як навчання про ноосферу – сферу розуму – людській «оболонці» Землі.

Згідно з В.І. Вернадським речовина біосфери складається з:

живої речовини – біомаси сучасних живих організмів;

біогенної речовини – усіх форм детриту, а також торф, вугілля, нафта і газ біогенного походження;

біокісткової речовини – суміш біогенних речовин з мінеральними породами

небіогенного походження (грунт, іл, природні води, газо- і нафтоносні сланці, бітумінозні піски, частка осадових карбонатів);

відсталої речовини – гірські породи, мінерали, опади, не порушені прямим біогеохімічним впливом організмів.

За даними, заснованим на вмісті енергії або вуглецю, кількості живі, біогенні і біокісткової речовини в біосфері співвідносяться як 1:20:4000.

Сучасні дослідження внесли виправлення в представлення структури біосфери. Вважається, що в поняття біосфера варто включати тільки ті елементи і характеристики, які знаходяться під контролем біоти, і не слід включати компоненти природи, що відносяться до геологічного минулого (Горшков, 1993). Таким чином, до біосфери відноситься вся сукупність живих організмів (жива речовина) і всі речовини, які знаходяться під контролем споживання, утворення і трансформації живими організмами (тобто сучасна «біогенна речовина»).

Таке розуміння збігається зі введеним раніше і широко використовуваним поняттям *екосфери* – планетарної сукупності сучасних біомів.

Верхня границя екосфери розташована на висоті декількох метрів (< 30 м) над поверхнею рослинного покриву на суші та над океаном; нижня – по обрію ґрунтових вод та максимального проникнення тварин і коренів рослин. В океані екосфера обмежена проникненням сонячних променів, достатніх для здійснення фотосинтезу (не більш 100 м) та глибиною збереження біологічної активності у донних опадах. За цими межами залишається незначна частина живих організмів, але знаходяться величезні масиви продуктів їхньої життєдіяльності – і в атмосфері (гази, пари води), і в гідросфері (розчинена і зважена органіка).

6.2. Загальні властивості біосфери

Все живе в біосфері утворює живу речовину. Живі організми відіграють дуже важливу роль у геологічних процесах, які формують Землю. Хімічний склад сучасних атмосфери та гідросфери зумовлений життєдіяльністю організмів. Велике значення мають організми також для формування літосфери – більшість порід, і не лише осадових, а й таких, як граніти, так чи інакше пов'язані своїм походженням з біосферою. Мінеральна інертна речовина переробляється живими

організмами, перетворюється в якісно нову. Живі організми не лише пристосовуються до умов зовнішнього середовища, а й активно їх змінюють. Таким чином, жива та нежива речовини на Землі становлять гармонійне ціле.

Одним з виявів біологічної активності організмів є швидкість їх розмноження. Згідно з сучасними оцінками, суха маса живої речовини на Землі становить 2 – 3 трильйони тонн. Це порівняно з основними сферами Землі дуже мала величина. Жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема, дуже швидким кругообігом речовин. Вся жива речовина біосфери оновлюється в середньому за вісім років. Життєдіяльність тварин, рослин і мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між організмами та середовищем, внаслідок чого всі хімічні елементи земної кори, атмосфери й гідросфери багаторазово входять до складу тих чи інших організмів.

6.3. Кругообіг речовин у біосфері

Утворення живої речовини та її розклад – це дві сторони єдиного процесу, який називається біологічним кругообігом хімічних елементів. Життя – це кругообіг елементів між організмами і середовищем.

Причина кругообігу – обмеженість елементів, з яких будується тіло організмів. Біологічний кругообіг – це багаторазова участь хімічних елементів у процесах, які протікають у біосфері. У зв'язку з цим біосферу визначають як частину Землі, де протікають три основних процеси: кругообіг вуглецю, азоту, сірки, в яких беруть участь п'ять елементів (H, O₂, C, N, S), що рухаються через атмосферу, гідросферу, літосферу. У природі кругообіг здійснюють не речовини, а хімічні елементи. Ці 5 елементів рухаються і окремо, і в таких сполуках як вода, нітрати, двоокис вуглецю, двоокис сірки.

Кругообіг вуглецю. У біосфері вуглецю понад 12000 млрд т. Це пояснюється тим, що сполуки вуглецю безперервно виникають, змінюються і розкладаються. Кругообіг вуглецю відбувається фактично між живою речовиною та двоокисом вуглецю. У процесі фотосинтезу, здійснюваного рослинами, двоокисом вуглецю вуглекислий газ і вода за допомогою енергії сонячного світла перетворюються на різні органічні сполуки.

Кругообіг кисню. Щорічно лісові масиви виробляють 55 млрд т кисню. Він використовується живими організмами для дихання і бере участь в окисних реакціях в атмосфері, літосфері й гідросфері. Циркулюючи через біосферу, кисень перетворюється то на органічну речовину, то на воду, то на молекулярний кисень. Весь кисень атмосфери кожні 2 тис. років проходить через живу речовину біосфери.

Кругообіг азоту, фосфору, сірки. Діяльність людини прискорює кругообіг цих елементів. Головна причина прискорення – використання фосфору в добривах, що призводить до еутрифікації – надудобрення. При еутрифікації відбувається бурхливе розмноження водоростей - "цвітіння" води. Це призводить до зменшення кількості розчиненого у воді кисню. Продукти обміну водоростей знищують рибу та інші організми.

Кругообіг води. Вода покриває 3/4 поверхні Землі. За одну хвилину під дією сонячного тепла з поверхні водойм Землі випаровується 1 млрд т води. Після охолодження пари утворюються хмари, випадає дощ і сніг. Опади частково проникають у ґрунт. Ґрунтові води повертаються на поверхню землі через коріння рослин, джерела, насоси тощо.

А з іншого боку, живі організми пристосовуються до різного хімічного складу середовища, можуть переносити велику концентрацію тих елементів, які тут звичайно є у великих кількостях. Елементи, які рідко зустрічаються у природі і у малих концентраціях, при нагромадженні стають отруйними для живих істот.

6.4. Трансформація енергії у біосфері

Живі організми постійно споживають енергію. Джерело енергії - Сонце. Живий світ Землі, її біосфера, складаються з організмів трьох основних типів. Потік енергії у біосфері має один напрямок: від Сонця через рослини (автотрофи) до тварин (гетеротрофи), або від продуцентів до консументів.

Потік енергії від рівня продуцентів супроводжується перетворенням енергії і великими її витратами: від одного рівня до другого біомаса і кількість енергії зменшується приблизно в 10 разів. Редуценти споживають частину поживних речовин, розкладають мертві тіла рослин і тварин до простих хімічних сполук

(води, вуглекислого газу та мінеральних солей), замикаючи таким чином кругообіг речовин у біосфері.

Всі функції живих організмів у біосфері (утворення газів, окисні й відновні процеси, концентрація хімічних елементів тощо) не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення, розроблене Вернадським: біосфера Землі сформувалася з самого початку 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. Отже, біосфера дуже неоднорідна. Вона складається з великої кількості різної величини угруповань.

7. ПРИРОДООХОРОННА ДІЯЛЬНІСТЬ ТА ЇЇ АСПЕКТИ

7.1. Міжнародне співробітництво в галузі охорони природи

При використанні міжнародних ресурсів особливо важливими є наявність та дотримання міжнародних домовленостей. Їх спільне використання має супроводжуватися співробітництвом, а не протиставленням. Та й розвідка, раціональний видобуток і використання невідновлюваних ресурсів, охорона та відтворення відновлюваних ресурсів, в міру їх вичерпання та забруднення, все більше будуть перетворюватися з внутрішньої справи кожної країни в загальнолюдську проблему забезпечення виживання.

Вирішення проблем оптимізації природокористування вимагає наявності високого наукового потенціалу, коштів для проведення експериментів, обладнання, яких багато країн, особливо тих, що розвиваються, не мають. Багатьом країнам є чому вчитися одній в одній.

Найбільші проблеми постають при сумісному використанні запасів риби та мігруючих тварин і птахів, адже для біогеоценозів не існує державних кордонів. Внаслідок цього виникає багато проблем, коли тварини, котрі знаходяться під охороною на території однієї країни, стають об'єктом промислу на території іншої.

Це проблема не лише екологічна, але й економічна, оскільки виходить, що країна-споживач отримує додатковий прибуток за рахунок того, що країна-охоронець витрачає кошти на охорону і відмовляється від здобичі заради збереження гаснучого виду. Внаслідок цього зростає і політична напруженість у стосунках між країнами. Вирішити конфлікт можна прийняттям відповідної двосторонньої угоди.

Важливою проблемою сьогодення є забруднення Світового океану нафтою, промисловими стічними водами, побутовими відходами з кораблів, контейнерами з радіоактивними відходами та затонулими реакторами і босзарядами атомних підводних човнів.

Нарешті, існування всієї біосфери залежить від того, чи зможуть люди запобігти початку атомної, бактеріологічної, хімічної та екологічної (існують проекти навмисного знищення озонового шару над територією ворога) воєн. Кожна з цих воєн може викликати незворотні екологічні зміни.

Таким чином, зростаючий вплив людської діяльності на довкілля викликає небажані зміни в природному середовищі: забруднення повітряного басейну, океанів, виснаження природних ресурсів у всесвітньому масштабі. А порушення екологічної рівноваги завдає величезної шкоди генофонду всього живого, зокрема людини. Тому проблема гармонізації відносин суспільства і природи, охорони навколишнього середовища набула глобального значення. Виникла потреба розробки ефективних міжнародних механізмів, які забезпечували б розумне використання ресурсів планети, їхню охорону, сприяли б збереженню екологічної рівноваги.

Рішення всіх цих проблем можливе лише на базі міжнародного співробітництва, здійснюваного на двосторонній і багатосторонній основах. Формами такого співробітництва є організація наукових та практичних зустрічей; створення міжнародних організацій, що координують спільні зусилля з охорони природи; укладання офіційних договорів та угод, а також діяльність міжнародних громадських партій та організацій («зелених» та «екологістів»).

7.2. Правові аспекти охорони навколишнього природного середовища

Роль права у регулюванні взаємодії природи і суспільства полягає у встановленні науково обґрунтованих правил поведінки людини щодо природи. Найбільш суттєві правила такої поведінки закріплюються державою в законодавстві і стають загальнообов'язковими для виконання та дотримання нормами права, які забезпечуються державним примусом у випадку їх невиконання.

Беручи до уваги синтетичний характер проблем екології, їхній органічний зв'язок з усіма політичними, соціальними та економічними факторами, стратегія природокористування в Україні має бути однією з фундаментальних складових стратегії розбудови правової, демократичної держави з розвиненою ринковою економікою. Одним з таких незаперечних прав є право громадян на екологічну безпеку. Воно забезпечується комплексом юридичних, економічних, технологічних і гуманітарних чинників.

Серйозною вадою чинного на сьогодні природоохоронного законодавства є той факт, що формувалося воно за поресурсною ознакою, тобто окремому регулюванню підлягають земельні, водні, гірничі, лісові, атмосфероохоронні та інші відносини. Такий підхід не забезпечував комплексності в регулюванні відносин щодо природного середовища як єдиного організму.

Вже з перших законотворчих кроків суверенної України визначено основи забезпечення екологічних прав людини. Закон *«Про охорону навколишнього природного середовища»* від 25 червня 1991 року не лише проголошує, але й передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить певну впорядкованість в систему управління в галузі природокористування. Він закріплює право громадян України на безпечне для життя навколишнє середовище. Це невід'ємне право реалізується шляхом участі громадян в обговоренні проектів законодавчих актів та інших рішень в галузі охорони навколишнього середовища; участі в розробці та здійсненні заходів щодо охорони природного середовища, раціонального використання природних ресурсів; об'єднання в громадські природоохоронні організації; отримання повної і достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища.

Земельний кодекс України, прийнятий 13 березня 1992 року, регулює охорону і раціональне використання земель. У цьому кодексі встановлено три форми власності на землю: державна, колективна і приватна. Право на одержання земельної ділянки у приватну власність за плату або безоплатно мають громадяни України. Земельні ділянки можуть надаватись в постійне або тимчасове користування, в тому числі на умовах оренди.

Водний кодекс Української РСР (1972 рік) забезпечує правову охорону вод від забруднення, засмічення і виснаження і регулює порядок їхнього використання.

Лісовий кодекс України, прийнятий 21 січня 1994 року, регулює відносини з охорони і відтворення лісів, посилення їх корисних властивостей та підвищення продуктивності, раціонального використання лісів з метою задоволення потреб суспільства у лісових ресурсах.

Кодекс України про надра, прийнятий 24 липня 1994 року, регулює гірничі відносини з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства у мінеральній сировині, охорони надр, гарантування безпеки людей, майна, навколишнього природного середовища при користуванні надрами.

Закон України про охорону атмосферного повітря, прийнятий 16 жовтня 1991 року, спрямований на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також відвернення шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

Закон «Про природно-заповідний фонд України», прийнятий 16 червня 1992 року, визначає правові основи організації, охорони і використання природно-заповідного фонду, відтворення його природних комплексів і об'єктів. До природно-заповідного фонду належать природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

7.3. Економічні аспекти охорони навколишнього природного середовища

Поліпшенням екологічного виховання та освіти важливим завданням держави є створення таких умов діяльності підприємств, коли б вони були змушені займатися природоохоронною діяльністю або були матеріально зацікавленими у реалізації заходів у цій галузі.

Перший шлях стосується адміністративного механізму управління, котрий базується на встановленні норм, стандартів, правил природокористування та відповідних планових показників підприємствам з охорони навколишнього природного середовища та покарань від догани до тюремного ув'язнення або зняття з роботи та виплати штрафів підприємством і його керівниками. Однак цей шлях дорогий та малоефективний, оскільки вимагає постійного контролю та значного числа контролерів.

Значно ефективнішим є шлях економічного стимулювання, коли за допомогою різноманітних важелів (цін, платежів, податкових пільг та покарань) держава робить більш вигідним матеріально, більш прибутковим, дотримання природоохоронного законодавства, ніж його порушення.

Отже, адміністрування, не пов'язане з матеріальною зацікавленістю, не може змусити підприємство постійно, ефективно і дбайливо ставитись до довкілля. З другого боку, економічні методи, не підсилені безпосереднім примусом у найбільш важливих екологічних проблемах, теж не завжди забезпечують необхідний якісний рівень та терміни здійснення природоохоронної діяльності. При цьому слід врахувати, що деякі адміністративні та економічні методи переплітаються. Наприклад, штраф – це і адміністративний, і економічний захід, а встановлення лімітів користування та забруднення природних ресурсів спирається на такий адміністративний захід, як нормування.

Тому найкращих результатів досягають при розумному поєднанні економічної зацікавленості з достатньо жорстким контролем та позаекономічним примусом.

Економічний механізм охорони навколишнього природного середовища містить цілий ряд інструментів впливу на матеріальні інтереси підприємств та окремих працівників.

Лімітування природокористування – дієвий елемент механізму охорони навколишнього природного середовища. Існують підприємства, котрі, і екологічної точки зору, краще було б закрити або перепрофілювати, тобто перевести на випуск іншої продукції, що завдавало б менше шкоди навколишньому середовищу. Наприклад, целюлозопаперовий комбінат можна перепрофілювати в меблеву фабрику. Проте, з економічної точки зору, а часом і з соціальної, це не завжди реально, оскільки підприємство може бути постачальником потрібних суспільству товарів та робочих місць. У цьому випадку його діяльність в галузі природокористування деякий час регулюється не нормативами ГДС та ГДВ, а індивідуальними лімітами, тобто ТПВ.

Довгий час природокористування в країні було безкоштовним, тобто підприємства використовували землю, воду та інші природні ресурси, а також забруднювали навколишнє природне середовище безкоштовно. Лише у випадку сильного забруднення з катастрофічними наслідками для навколишнього середовища підприємства виплачували штрафи, але не завжди. Така безвідповідальність зумовлювала нераціональне використання природних ресурсів.

З метою заохочення дбайливого використання природних ресурсів та відшкодування державі частини витрат на охорону та відновлення природних ресурсів навколишнього середовища, з 50-х років поступово впроваджується плата за окремі види ресурсів, котрі вилучаються з природи.

На початку 90-х років було запроваджено *платність природокористування*, що передбачає плату за практично всі природні ресурси, за забруднення навколишнього природного середовища, розташування в ньому відходів виробництва та за інші види впливів. При цьому плата за понадлімітне використання та забруднення в декілька разів перевищує плату за використання та забруднення в межах встановлених нормативів (лімітів). Однак внесення плати

за використання та забруднення не звільняє природокористувача від виконання заходів з ОНПС та відшкодування збитків.

Одним з важливих методів економічного управління є *фінансування*, тобто надання грошових коштів на чітко визначені природоохоронні заходи. Джерелами фінансування можуть бути бюджетні кошти, власні кошти підприємств (собівартість продукції або прибуток), банківські кредити та різні екологічні фонди.

Створення екологічних фондів також є одним з економічних методів управління в природокористуванні. Під фондами слід розуміти установи, покликані надавати будь-яку матеріальну допомогу, та самі грошові матеріальні кошти, а також їхні джерела. Наприклад, в екологічні фонди надходять платежі всіх підприємств за природокористування. А потім ці кошти видаються на проведення невідкладних та дорогих природоохоронних заходів. Крім цього, підприємства можуть робити внески у фонди екологічного страхування.

Важливим економічним методом управління є правильне застосування *матеріального стимулювання* – забезпечення зацікавленості, вигідності для підприємства та його працівників природоохоронної діяльності. При цьому передбачається застосування не лише заохочувальних заходів, але й покарань.

До заохочувальних заходів належать:

- встановлення *податкових пільг* (сума прибутку, з котрого стягується податок, зменшується на величину, що повністю або частково відповідає природоохоронним видаткам);
- *звільнення від оподаткування* екологічних фондів та природоохоронного майна;
- застосування *заохочувальних цін та надвишок* на екологічно чисту продукцію;
- застосування *пільгового кредитування* підприємств, котрі ефективно здійснюють ОНПС (зниження процента за кредит або безпроцентне кредитування);

- запровадження спеціального додаткового оподаткування екологічно шкідливої продукції та продукції, що випускається із застосуванням екологічно небезпечних технологій;
- штрафи за екологічні правопорушення.

7.4. Ефективність заходів з охорони навколишнього природного середовища

Природоохоронні заходи мають на меті поліпшення стану навколишнього природного середовища або створення умов для цього. Ознаками природоохоронних заходів є:

- підвищення екологічності продукції, що випускається;
- скорочення споживання природних ресурсів на одиницю продукції, що випускається та здійснення господарської діяльності;
- зниження забруднення природних комплексів викидами, стоками, відходами, фізичними випромінюваннями;
- зниження концентрації шкідливих речовин у викидах, стоках, відходах;
- поліпшення стану середовища існування людей.

Метою заходів з охорони та раціонального використання водних ресурсів є підтримання оптимального стану малих річок, будівництво обладнаних майданчиків, причалів та під'їзних шляхів для навантажувально-розвантажувальних робіт; ліквідація осередків забруднення підземних вод; розробка та будівництво магістральних колекторів для збирання господарсько-побутових, промислових та зливових стічних вод; розробка та будівництво головних та локальних очисних споруд; створення системи оборотного та безстічного водокористування, розробка пристроїв для збирання та переробки стічних вод.

Заходами з охорони атмосферного повітря є створення газоуловлювальних установок та пристроїв для технологічних систем та вентиляції; розробка пристроїв для нейтралізації вихлопів двигунів внутрішнього згоряння; створення приладів та пристроїв для контролю забруднення атмосферного повітря; впровадження пристроїв для допалювання та очищення газів від котелень та

інших нагрівальних печей; створення пристроїв для утилізації речовин з газів, що викидаються; переведення нагрівальних печей та пристроїв на паливо з меншою кількістю шкідливих речовин тощо.

Заходи з охорони та раціонального використання земель передбачають будівництво протилавинних, протизсувних, протиселевих споруд; закладання лісозахисних смуг; протиерозійні лісові насадження; технічна та біологічна рекультивация земель; благоустрій території тощо.

Обґрунтування та оцінка природоохоронних заходів є основою економічного методу управління охороною навколишнього природного середовища. Оцінка ефективності природоохоронних заходів здійснюється за соціальними, екологічними, економічними, соціально-економічними, еколого-економічними результатами.

Соціальними результатами природоохоронних заходів є скорочення захворюваності людей, зростання тривалості їхнього життя, умови життєдіяльності нинішнього та майбутніх поколінь, збереження пам'ятників природи та історичних цінностей.

Економічні результати передбачають скорочення збитків, що завдаються природі, економію витрати природних ресурсів, зниження забруднення навколишнього середовища, зростання продуктивності фауни, підвищення працездатності людей.

Екологічні результати – це зниження негативних впливів на природу, покращання стану флори та фауни, зменшення витрати природних ресурсів.

Соціально-економічні результати оцінюються за комплексними показниками покращання рівня життя людей, ефективності суспільного виробництва, зростання національного багатства країни.

Еколого-економічні результати – це зниження витрачання природних ресурсів, зменшення збитків, що завдаються навколишньому середовищу забрудненнями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна література:

1. Акимова Т.А. Екологія. Учебное пособие / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин – М.: ЮНИТИ, 1998 – 454 с.
2. Білявський Г.О. Основи екологічних знань / Г.О. Білявський, Р.С. Фурдуй – К.: Либідь, 1997. – 288 с.
3. Білявський Г.О. Основи екології. Навчальний посібник / Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко – К.: Лібра, 2006. – 368 с.
4. Данилов-Данильян В.И. Окружающая среда между прошлым и будущим: Мир и Розсип / В.И. Данилов-Данильян, В.Г. Горшков, Ю.М. Арский, К.С. Лосев – М.: ВИНТИ, 1994. – 362 с.
5. Закон України „Про охорону навколишнього середовища”. – Київ: Відомості Верховної Ради України, 1991. – №41 – Ст. 546.
6. Кучерявий В.П. Екологія / В.П. Кучерявий – Львів: Світ, 2000, – 386 с
7. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні в 2001 році. – К.: Видавництво Раєвського, 2002. – 96 с.
8. Мазур И.И. Инженерная экология / И.И. Мазур, О.И. Молдованов, В.Н. Шишов – М.: Высшая школа. – 1996. – 654 с.
9. Глухов В.В. Экономические основы экологии / В.В. Глухов, Т.В. Лисочкина, Т.П. Некрасова – С.-Пб.: Специальная литература, 1997. – 304 с.
10. Международное публичное право. Сборник документов. Т. 2. – М.: БЕК, 1996. С. 8 – 31.
11. "Безопасность населения, территорий и хоз. объектов" Нормативно-периодическое издание.
12. "Охрана окружающей среды. Международные правовые акты: Справочник", Санкт-Петербург, 1994 год, стр. 17.
13. "Міжнародні договори України", 1986 - 1990. – Том 1. – К.: 1997 р.
14. Организация Объединенных Наций. Сборник документов", М., Наука,

- 1981 год.
15. "Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами" вып. XXXII, М., 1978 г.
 16. Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР", вып. XXXIX, М., 1985 год.
 17. Постанова Ради Міністрів УРСР, № 188.
 18. Постанова РМ УРСР, № 282.
 19. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера / Н.Н. Моисеев – М.: Молодая гвардия, 1990. – 491 с.
 20. Черников В.А. Агрехимия / В.А. Чернишов, А.И.Чекерос – М.: Колос 2006. – 534 с.
 21. Шевчук В.В. Екологічне підприємства. Навчальний посібник / В.В. Шевчук, Ю.О. Саталкін – К.: Мета, 2001.

Додаткова література:

1. Одум Ю. Екологія / Ю. Одум – М.: Мир, 1986.
2. Мюлер И. Деградация природы. Экономические и социально-политические аспекты // Экологические очерки о природе и человеке / Под ред. Б. Гржимека. – М.: Прогресс, 1989.
3. Барановський В.А. Екологічний атлас України / В.А. Барановський – К.: Географіка, 2000. – 41 с
4. Закон України “Про екологічну експертизу”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1995. – № 8. – Ст. 54.
5. Закон України “Про охорону атмосферного повітря”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1992. – № 50. – Ст. 678.
6. Закон України “Про плату за землю”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1992. – № 38. – Ст. 560.
7. Закон України “Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи”. –

- К.: Відомості Верховної Ради України, 1991. – № 16. – Ст. 198; 1992. – № 13. – Ст. 177.
8. Закон України “Про природно-заповідний фонд”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1992. – № 34. – Ст. 502
 9. Закон України “Про тваринний світ”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1993. – № 18. – Ст. 191
 10. Земельний кодекс України. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1990. – № 10. – Ст. 98; 1992. – № 25. – Ст. 98; 1993. – № 23. – Ст. 276.
 11. Кодекс України “Про надра”. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1994. – № 36. – Ст. 340.
 12. Лісовий кодекс України. – К.: Відомості Верховної Ради України, 1994. – № 17. – Ст. 99.
 13. Лабораторний та польовий практикум з екології / За редакцією В.П. Замостяна і Я.П. Дідуха. - К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 216 с.
 14. Шевчук В.В. Екологічний аудит: Підручник / В.В. Шевчук, Ю.О. Сеталкин – К. Вища школа, 2000. – 192 с.
 15. Злобін Ю.А. Основи екології . Підручник / Ю.А. Злобін – К.: Лібра, 1998. – 248 с.
 16. Коробльова А.І. Екологічна експертиза та екологічна інспекція / А.І. Коробльова, Л.Г. Чесанов та ін. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 2002. – 220 с.
 17. Степановских А.С. Екологія / А.С. Степановских – М.: ЮНИТИ, 2001. – 704 с.
 18. Шевчук В.В. Ноосферогенез і гармонійний розвиток / В.В. Шевчук, Г.О. Білявський – К.: Геопрінт, 2002. – 305 с.