

10. *Новиков Б.И.* Донные отложения днепровских водохранилищ / Б.И. Новиков – К.: Наук. думка, 1985. – 170 с.
11. *Одум Ю.* Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 742 с.
12. *Плигин Ю.В.* Сукцессии сообществ макрозообентоса водохранилищ под влиянием природных и антропогенных факторов / Ю.В. Плигин, С.Ф. Матчинская // Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. – 2001. – № 3 (14). – С. 83–84.
13. *Реймерс Н.Ф.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы / Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. – Л.: Наука, 1982. – 144 с.
14. *Сондак В.В.* Відновна іхтіоекологія водойм Західного Полісся України / В.В. Сондак. – Рівне: Волинські обереги, 2008. – 290 с.
15. *Фильчагов Л.П.* Возрождение малых рек / Фильчагов Л.П., Полищук В.В. – К.: Урожай, 1989. – 182 с.

Й.В. Гриб

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ МЕЛКОВОДИЙ И ПРИДАТОЧНОЙ СЕТИ ДНЕПРОВСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ (ТИПИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ)

Разработана типизация экологических сукцессий гидробиоценозов придаточной сети каскада днепровских русловых водохранилищ и методы предотвращения их старения.

Ключевые слова: экологические сукцессии, макроэкосистема, типизация, реабилитация

Yo.V. Gryb

Institute hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

ECOLOGICAL SUCCESSIONS OF SHALLOW WATER AND ADDITIONAL NETWORK OF DNEPR STORAGE POOLS (TYPIFICATION, MANAGEMENT)

Typization of ecological successions of hydrobiocenoses of shallow areas and additional system of the Dnieper reservoirs and methods to prevent their aging have been developed

Key words: ecological successions, macroecosystem, typification, rehabilitation

УДК [577.23 +615.9]574.64

В.В. ГРУБІНКО

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна

ПРИНЦИПИ ОПИСАНИЯ СТАНУ БИО-, ЕКО- СИСТЕМ

Розглянуто структурні, кінетичні та термодинамічні принципи організації і реакції біо-, еко- систем у контексті дії на них несприятливих факторів.

Поняття “різноманіття” розглядається як комплексна гетерогенність (генетична, морфологічна, функціональна з фізіологічної та біоценологічної точок зору різноякісність, внутрішньопопуляційна мінливість, видове багатство, екотип на різноякісність тощо), а в поняття “продуктивність” – здатність системи за рахунок забезпечення функціонування якомога більшої кількості і швидкості внутрішніх циклів, що формують в ній потік енергії певної смності і швидкості, фіксувати внутрішню енергію як результат різноманіття форм певної кількості і складності (формування як наслідок кількісного і якісного розвитку системи). Пропонується при оцінці стану біо-, еко- системи розглядати її гетерогенність та продуктивність в конкретних просторово-часових межах як такі, що забезпечує стійкість стаціонарного стану (дискретний стан) та накопичення потенціалу для континуального переходу в нову якість, в результаті чого забезпечується існування системи в загальноеволюційному процесі, формується її еквіфінальність як інтегральна властивість доцільності існування.

Ключові слова: структура, динаміка, термодинаміка, біо-, еко- системи, різноманіття, продуктивність, стійкість, еквіфінальність

Одним з найпоширеніших способів оцінки стану біоценологічного середовища є **видова різноманітність** (відображає структуру біоценозу, генетичну різноякісність, співвідношення та функціональну роль у ньому представників окремих популяцій в їх екотопах), критерії якої розраховують за формулою Шеннона, та **біопродуктивність** як наслідок кількісного і якісного

розвитку угруповань [20, 22]. Згідно твердження цих авторів, вивчення цих угруповань при оцінці якості води дає досить надійні результати. Однак, для цього треба систематично проводити аналіз його складу і структури біоценозу, що досить трудомістко [15]. Разом з тим про значну ступінь деградації біоценозу, а відповідно, і про порушення умов середовища, роблять висновок на основі низьких для даного угруповання величин чисельності й біомаси домінантного виду (видів). Антропогенний вплив на водойми призводить, як правило, до зниження показників видового різноманіття внаслідок елімінації видів, чутливих до несприятливих змін факторів середовища і до зростання чисельності толерантних видів. Однак, показник видового розмаїття Шеннона не завжди характеризує стан екосистем, оскільки його низькі значення типові не лише для забруднених районів, але і для інших біоценозів, де виразно домінує один вид. Тобто при погіршенні умов середовища частка домінуючого виду в угрупованні зменшується, що призводить до зростання величини видового різноманіття [15].

Виходячи з зазначеного, видове різноманіття для оцінки трансформації середовища, включно токсичного, важливе не само по собі як показник, оскільки немає його ідеальної величини (остання визначається як наслідок довготривалого розвитку структурного стану біоценозу у середовищі, де комплексно реалізується дія всіх значимих чинників – зовнішніх і внутрішніх (результат внутрішньопопуляційних та біоценотичних взаємодій), а з точки зору його швидкої (флуктуаційної) зміни. Як стверджують автори роботи [5]: “... методи біоіндикації, які базуються на оцінці видового складу біоти забруднених водойм, виправдали себе під час визначення нетоксичних забруднень (органічних, сапробних). Проте, у разі токсичних забруднень вони недостатньо придатні до застосування, оскільки не забезпечують адекватних показників. В забруднених водоймах відбуваються суттєві зміни видового складу, чисельності і біомаси популяцій, порушуються їх життєві цикли, окремі види повністю зникають, проте інтерпретувати такі зміни надзвичайно важко, оскільки вони можуть бути викликані метеорологічними чинниками, природними коливаннями чисельності тощо”.

Зважаючи на величезну кількість чинників, що визначають якість середовища (лише кількість речовин, занесених до класу полотантів, складає близько 150 тис., з яких до водойм потрапляє до 40 тис.), найперспективнішою (можливо єдиною можливою) є оцінка його якості за станом самих біосистем, що найповніше віддзеркалюватиме ступінь адекватності середовища особливостям живої матерії, а зміни у стані середовища мають оцінюватися за функцією відгуку біосистем різного рівня. В цьому аспекті пріоритет, безперечно, належить структурно-функціональним параметрам живих систем, які можуть однаково успішно застосовуватися як до будь-яких організмів, незалежно від їхнього систематичного положення, так і до їхніх угруповань. Проте, описання біологічних систем з точки зору їх структурно-функціональної єдності нині не має чіткої універсализації, що утруднює інтерпретацію результатів досліджень показників представників окремих видів і їх уніфікацію на рівні характеристики екосистем. Тому, насамперед, коротко зупинимося на аналізі системного уявлення про біо-, еко- логічні утворення.

Біологічні утворення як системи. Для пояснення стану будь-яких явищ і процесів використовують загальнотеоретичне (філософське) осмислення їх організації і динаміки як цілісних структур, що описуються з точки зору теорії систем. На сучасному етапі розвитку науки ідеї системності, поняття системи і теорії Луї фон Берталанфі [3] отримали загальне визнання і поширення. У визначенні «система» вкладають два основних поняття: одне тяжіє до філософського трактування (В.Н. Садовський, 1974); інше ґрунтується на практичному використанні системної методології і тяжіє до вироблення загальнонаукового поняття системи (У.Р. Ешбі, Дж. Клір) [1]. Багатоплановість розуміння системи стало підставою для об'єднання системного руху в єдиній концепції.

Онтологічний зміст поняття “система” полягає в тлумаченні системи як “цілого, складеного з частин”, усвідомлення цілісності і розчленованості як природних, так і штучних об'єктів. Система як комплекс взаємодіючих компонентів. Нині саме за цим розумінням системи закріпився термін “матеріальна система як цілісна сукупність матеріальних об'єктів”. Тому ґносеологічний зміст поняття “система” в сучасній системній парадигмі висуває три найважливіші вимоги до системності знання, а значить, і ознаки системи: повнота вихідних підстав (елементів, з яких виводиться решта знань); виводимість (визначальність) знань; цілісність створеного знання.

Отже, інтегрований зміст поняття “система” полягає в тому, що система є сукупністю, композицією елементів і стосунків, але і цілісну властивість самого об'єкту, відносно якого і будеться система [23].

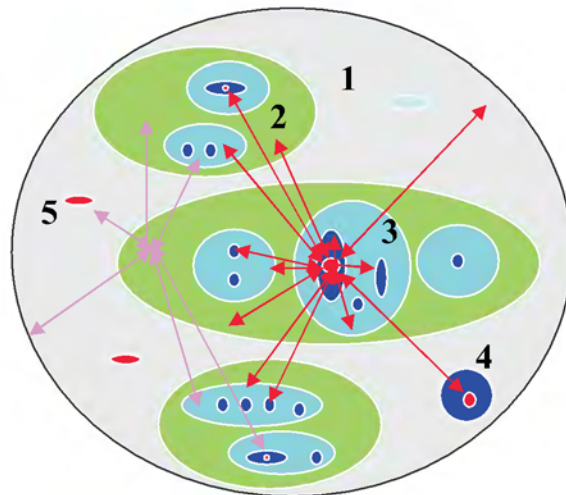
Щодо біологічних систем, то відомим фізіологом П.К. Анохіним в 1932-1933 рр. запропоновано поняття “функціональна система” – система, що сформована для досягнення в

процесі свого функціонування заданого корисного результату (цільової функції). Основоположне початкове положення теорії функціональних систем полягає в тому, що системоутворюючим чинником є конкретний результат (цільова функція) функціонування системи. У цьому контексті система виступає як комплекс вибірково залучених елементів, які взаємно сприяють досягненню заданого корисного результату. Ієрархія підсистем повинна формуватися як ієрархія результатів, що відкриває спосіб і механізм поєднання ієрархічних рівнів. Функціональні системи зазвичай складаються з неоднорідних елементів підсистем, кожен з яких несе своє функціональне і специфічне навантаження в досягненні результату. Ці підсистеми, у свою чергу, розчленовуються на ряд неоднорідних елементів підсистем, які також не повинні розглядатися розрізнено і поза єдиною функціональною системою, створеною для досягнення загального результату – мети. Мета розглядається як заданий результат; критерій – як ознака, за якою визначається відповідність цьому результату; обмеження – міра свободи, необхідна для досягнення результату. Згідно з цим функціями системи є призначення, коло діяльності, обов'язок системи, зумовлений заданим результатом її функціонування.

Виходячи з зазначеного, виділяють критерії біологічних систем [19, 23, 25]: детермінація системоутворення (системоутворюючий фактор); структурно-функціональна цілісність та інтегративність; упорядкована (організована) взаємодія (дисипативність), цілеспрямованість, мультиплікативність; декомпозиція (структурно-функціональна індивідуальність елементів та їх інтегративна єдність); функціональна ієрархічність та емергентність ($S_{\text{сис.}} \geq S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{n-1}$); комунікативність (наявність внутрішніх і зовнішніх взаємодій); стійкість (самопідтримання): аналіз, саморегуляція, адаптивність; самовідтворення та спадковість (морфогенез, розмноження, сукцесійні серії); саморозвиток: феноменологічна та динамічна функціональність – континуальність і дискретність, еквіфінальність (онтогенез, сукцесія, еволюція).

Всі зазначені властивості біологічних систем можна віднести до трьох категорій: структурна цілісність та функціональна єдність; динамічний саморозвиток; саморегуляція і адаптація.

Перша з основних в сукупності властивостей біологічних систем є організація біологічних систем за принципом включеності структурних елементів, що забезпечує цілісність системи та



1, 2, 3, 4, 5 - елемент 1-го; 2-го, 3-го, 4-го, 5-го, ... *i*-го порядку

функціональну єдність її елементів (рис. 1).

Рис. 1. Схема організації системи згідно принципу включеності

Наведена схема показує, що в системах поряд з ієрархічністю елементів кожен з них, володіючи унікальною структурно-функціональною індивідуальністю, є обов'язковим (унікальним) компонентом системи, що завдяки цьому та численній кількості функціональних зв'язків (векторні взаємодії) забезпечує стійкість та самоорганізацію і самопідтримання системи в цілому. Згідно твердження Ю.А. Урманцева [25] основними структурними характеристиками системи є: **Mi** – множина елементів системи; **Ri** – взаємодії між елементами; **Zi** – закон композиції (композиційність як фактор функціональної ефективності); **Ai** – виокремлення елементів множини **Mi** з множини **M**. Загальні характеристики системи є єдністю властивостей елементів, разом з тим

не їх сумою, а новою властивістю, за характеристикою ширшою і важливішою, ніж властивості кожного елемента. Тому можна говорити про гетерогенність (поліморфізм і ізоморфізм), симетрію і асиметрію систем. Випадання (елімінація) будь-якого і-го структурно-функціонального елемента будь-якого порядку організації зменшує ступінь реалізації цих глобальних властивостей і унаслідок цього дестабілізує систему. Тому, як зникнення (руйнування або відсутність синтезу) будь-якої молекули в клітині, так втрата функцій у тканині, органі чи системі органів, а також елімінація популяції (видів) в біоценозі (екосистемі), призводить до втрати сукупності властивостей системи вищого порядку в цілому.

Організація системи за принципом включеності разом з тим не означає її повну замкненість (ізолюваність) від середовища в цілому та окремих елементів, особливо нижчих ієрархічних порядків, зокрема. Як система в цілому, так її кожна складова, незалежно від ієрархічного розміщення і ступеня інтегративності можуть мати чисельні взаємодії з середовищем прямо чи опосередковано. Їх кількістю та інтенсивністю, а також енергетичним потенціалом взаємодії (зміна ентропії), визначається ступінь відкритості системи, її залежність (чутливість) від зовнішніх чинників та, відповідно, здатність підтримувати певний рівень гомеостазу.

Динамічний (функціональний) рівень реалізації задач, що виконуються системою, визначається праметричною (величина-сила відповіді) та кодовою (частота відповіді) реакціями систем на інформацію, що надходить до них (дію фактора), і здатністю до внутрішнього аналізу, зворотньої реакції та організації саморегуляції (забезпечення підтримання гомеостазу) (рис. 2).



Рис. 2. Структурно-функціональна організація реакції систем на дію факторів

Реакція-відповідь системи на дію фактора(ів) характеризується часово-просторовими фазами(етапами): рецепція і первинна(миттєва) реакція (дія); внутрішня реакція системи (самоаналіз), зворотній зв'язок (самоконтроль) та саморегуляція (гомеостаз); еферентна реакція (зовнішня відповідь) системи, результат її функціонування – кінцева дія [2]. Згідно цього функціональна ефективність системи залежить як від збалансованості діяльності системи на кожному етапі її реакції на факторіальний вплив, так і здатності підтримувати структурно-функціональний гомеостаз, що формує ступінь відкритості та опірності (забезпечення структурної цілісності та енергетичного (термодинамічного) статусу).

Згідно з Кенноном [3], під гомеостазом систем слід розуміти сукупність органічних регуляцій, що підтримають їх стійкий стан, причому дія регулюючих механізмів може здійснюватися не в одному і тому ж, а нерідко в різних і навіть протилежних напрямках – згідно відповідними зовнішніми змінами, що підкоряються деяким фізичним законам. Простим прикладом гомеостазу є гомеотермія. Згідно правила Вант-Гоффа зменшення температури веде до зниження швидкості хімічних реакцій: така закономірність характерна для звичайних фізико-хімічних систем, а також екзотермних тварин. Проте у ендотермів зниження температури викликає протилежну дію, а саме – збільшення швидкості метаболічного процесу, внаслідок чого підтримується постійна температура тіла. Це зумовлено дією механізму зворотнього зв'язку: зниження температури стимулює термогенні центри в таламусі мозку, які “вмикають” механізми, що виробляють тепло. Подібну схему зворотнього зв'язку можна знайти в різноманітних формах фізіолого-біохімічних регуляцій та регуляції стану і управління діями при цілеспрямованій активності біологічних і екологічних систем загалом.

Іншим чинником функціональної ефективності і гомеостазу систем є динамічна взаємодія усередині систем з багатьма змінними. Причому для біологічних систем у зв'язку з цим має значення дослідження поняття відкритості системи. Для такої системи характерним є те, що до неї постійно надходить ззовні речовина та енергія. Усередині системи остання піддається різним реакціям, які частково утворюють компоненти вищої складності – анаболізм (продуктивність). Одночасно з цим відбувається катаболізм речовини і кінцеві продукти виводяться з системи. Проста модель відкритої системи зображена на рис. 3.

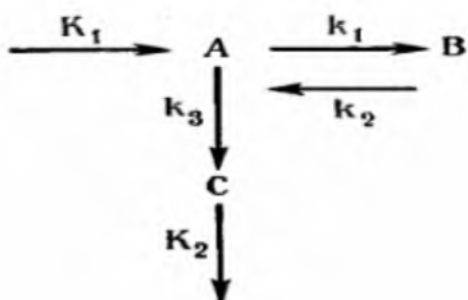


Рис. 3. Модель простої відкритої системи

Компонент **A** надходить в систему і перетворюється унаслідок зворотної реакції у компонент **B**; одночасно з цим шляхом прямої реакції відбувається катаболізм і отриманий продукт в кінцевому результаті виводиться з системи. K_1 , K_2 – константи надходження і виведення; k_1 , k_2 , k_3 – константи реакцій. Ця модель у загальних рисах відповідає, наприклад, білковому обміну, де: **A** – амінокислоти, **B** – протеїни, **C** – продукти фізіологічного виділення катаболізму амінокислот (за [3]).

Межі функціонування відкритих, на відміну від закритих, систем полягають в тому, що за відповідних умов відкрита система досягає стану динамічної рівноваги, в якій її структура залишається постійною, але в протилежність звичайній рівновазі ця постійність зберігається в процесі безперервного обміну і руху речовини, що складає її. Динамічна рівновага відкритих систем характеризується **принципом еквіфінальності**, тобто на відміну від стану рівноваги в закритих системах, повністю детермінованих початковими умовами, відкрита система може не залежного від часу досягати стану, який не залежить від її вихідних умов і визначається винятково параметрами системи. Більше того, у відкритих системах виявляються термодинамічні закономірності, які здаються парадоксальними і суперечать другому закону термодинаміки. Відповідно до цього загальний хід фізичних подій у закритих системах відбувається у напрямку збільшення ентропії, елімінації відмінностей і досягнення стану максимальної неупорядкованості. Разом з тим у відкритих системах, в яких відбувається перенесення речовини, цілком можливе введення негентропії завдяки потоку речовини і енергії через систему. Тому подібні системи можуть зберігати високий рівень і навіть розвиватися у бік збільшення порядку та складності, що дійсно є однією з найбільш важливих особливостей життєвих процесів [2].

Отже, “зворотний зв’язок”, “відкритість систем” та “гомеостаз” – це функціональні особливості біологічних систем і біологічних явищ взагалі. Проте за умови стабільно визначеної для кожної біо-, еко- системи (підсистем та їх елементів) еквіфінальності (консерватизм функції і, відповідно, результату діяльності системи), рівень (міра, ступінь) виявлення результату (його параметричні і кодові характеристики) можуть коливатися в межах функціональних задач системи та характеру зовнішнього впливу (тиску факторів, особливо критичних). Тому в системах за умови збереження загального рівня динамічної рівноваги можливі дисипативно-континуальні зміни (переходи) станів: вихідний в даних конкретних умовах та в даний час стаціонарний стан системи змінюється з її наступним кількісним і якісним переходом на новий рівень структурно-функціональної еквіфінальності (революція, еволюція) (рис. 4).

При цьому переходи від одного до іншого дискретного стану можуть здійснюватися по-різному (еволюційні зміни чи революційні стрибки в один чи декілька етапів) та за різними механізмами (фено- чи гено- типові адаптації) у напрямку структурно-функціонального ускладнення (прогрес) або спрощення (регрес), що визначається еквіфінальною доцільністю.

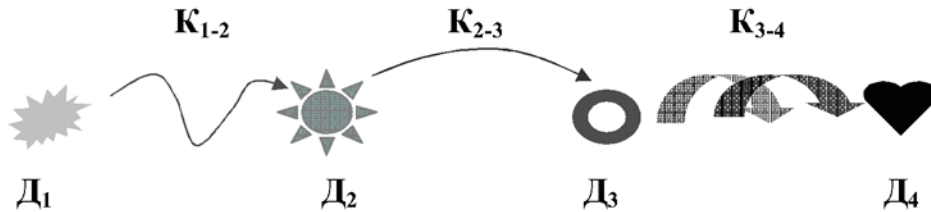


Рис. 4. Динаміка дискретно-континуальних переходів за зміни стану та в процесі розвитку систем. (Д – дискретний стан системи в даний момент часу; К – континуальний перехід системи до наступного в часі стану)

Дисипативно-континуальний принцип, наприклад, можна застосувати до широко відомого явища гомеостазу систем, що має в біології в даний час декілька трактувань. З одного боку це поняття використовується в його первинному розумінні, запропонованому Кенноном і ілюстрованому прикладами підтримання температури тіла і інших фізіологічних змінних за допомогою механізмів зворотного зв'язку. В розумінні, що використовується для описання органічної регуляції взагалі і адаптації як динамічного процесу біо-, еко- систем, гомеостаз розглядається як комплекс структурно-функціональних змін, що, реагуючи на зовнішні і внутрішні стимули, не тільки і не стільки зберігає стан системи в часі, а здатні змінити її властивості адекватно характеру, силі і частоті впливів. Динамізація станів живих систем детермінована як внутрішніми чинниками (генетично, фізіолого-біохімічно тощо), так і потребами постійного реагування на змінювані умови існування (абіотичні та біотичні), що в тривалому вимірі призводять до адаптацій та їх еволюціонування.

Узагальнюючи, можна зазначити, що живі системи можна вважати ієрархічно організованими відкритими системами, які здатні зберігати себе (певний час незмінними або шляхом континуальних переходів у вигляді нових дисипативних станів) у вигляді динамічної рівноваги з метою забезпечення постійного досягнення функціонального (діючого) результату. Будь-яку патологію в живих системах в зв'язку з цим слід розглядати як деякий процес певних порушень функціонування, що призводить до зменшення або втрати результату діяльності (порушення еквіфінальності: росту, продуктивності, конкурентноздатності, різноякісності і різноманіття, розвитку тощо).

Отже, з наведеного виникає питання: "Що може дати дослідникові представлення об'єкта як системи в системі об'єктів такого ж роду?". Як зазначає Ю.А. Урманцев [25] побудова системи об'єктів даного роду дозволяє здійснити таке:

1. Представити об'єкт, що вивчається, як систему, тобто як деяку єдність, складену з певного типу елементів, пов'язаних в ціле деякими стосунками (в окремому випадку взаємодіями), що складають умови для підтримання деякої динамічної структури (композиції). Представлення об'єктів як систем і виведення на цій основі їх цілісних властивостей є першим основним завданням і першою основною методологічною вимогою будь-якого дослідження. Коротко його можна виразити у вигляді вимоги вивчати об'єкт як систему, бо це, насамперед, дасть можливість виявити механізми організації, управління і контролю цілого явища чи процесу.

2. Отримати систему об'єктів даного роду, тобто систему як класифікацію. Побудова системи як класифікації, послідовне здобування і аналіз наступних тверджень, є другим основним завданням і другою основною методологічною вимогою дослідження. Коротко її можна виразити у вигляді вимоги вивчати систему як класифікацію.

3. Виявити в системі-класифікації гетерогенність (поліморфізм і ізоморфізм), симетрію і асиметрію, систему і хаос, способи породження підсистем. Між елементами в системі треба виявити вертикальні, горизонтальні, діагональні відповідності.

4. Пояснювати явища на основі реалізації в них механізмів забезпечення «зворотного зв'язку», «відкритості систем» та регуляції "гомеостазу".

5. Здійснювати прогнози динаміки системи (дисипативно-континуальних переходів) і напрямків саморозвитку (еволюції) процесів в ній.

6. Встановлювати зв'язки системи-класифікації з іншими системами.

7. Математизувати описання системи.

З огляду на системні закономірності організації та функціонування біологічних та екологічних систем розглянемо основні закономірності їх системної реакції на дію токсикантів.

Загальні принципи реакції біологічних систем на дію факторів. Дію факторів, що приводить до порушення функцій біологічних систем, називають несприятливою дією. В її основі лежить взаємодія фізичних, хімічних та біологічних структур з біологічним об'єктом на молекулярному рівні. Формування і розвиток реакцій біосистеми на дію, що приводить до її пошкодження (тобто порушення її функцій, життєздатності) або загибелі, називають патологічним процесом. Наслідком несприятливої дії на біологічні системи є розвиток пошкоджуючого процесу (рис. 5).

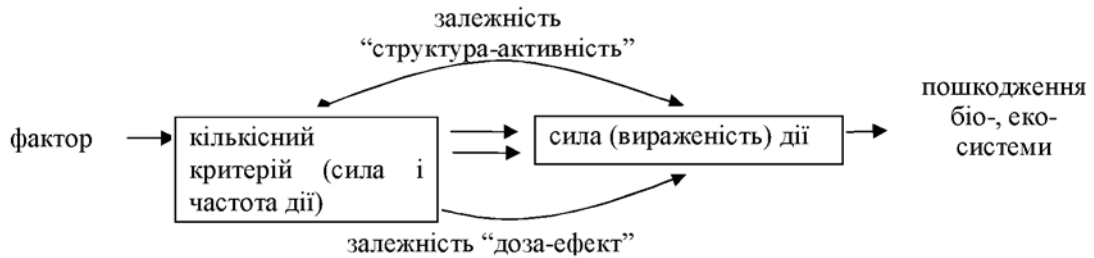


Рис. 5. Схема розвитку пошкоджуючого процесу

Пошкодження біологічних систем в залежності від механізму їх дії різноваріантні. Насамперед, різними є механізми дії факторів. В процесах, що розвиваються за пороговим принципом, причинно-наслідковий зв'язок між фактом дії і розвитком процесу носить безумовний характер: при дії фактору в дозах, нижчих певних рівнів, пошкоджуючий процес не розвивається, а досягши певної дози, процес розвивається неодмінно. Залежність "доза-ефект" простежується на рівні кожної окремої біо-, еко системи. При цьому, як правило, чим більша доза, тим значніший прояв пошкоджуючого процесу. У процесах, що розвиваються за безпороговим принципом, причинно-наслідкові зв'язки між фактом дії і розвитком процесу носять імовірнісний характер: вірогідність формування ефекту зберігається при дії на організм навіть однієї елементарної структурної одиниці (фізичного чи хімічного носія фактора), разом з тим в окремих біо-, еко- системах процес може і не розвинутиися, не зважаючи на значне збільшення дози (близькі до смертельних).

Тому пошкодження, залежно від механізму їх дії, багатоваріантне (флуктуаційне). Розвиток пошкодження та наступною за ним патології носить ланцюговий, взаємозалежний, підпорядкований, пролонгований, у результаті – цілісний (системний) характер [6, 16, 26, 28, 30]. Крім того, існують різні варіанти прояву дозозалежності, пов'язані з величиною (сила і частота дії) фактора у середовищі та біо-, еко- системі: дозонечутлива; концентраційна, концентраційна з насиченням; кумулятивна (рис. 6).

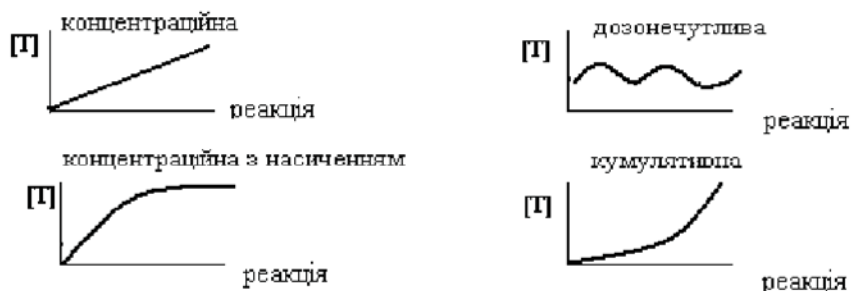


Рис 6. Варіанти дозозалежної реакції біологічних систем на дію факторів

У зв'язку з виявленими ефектами в кожному конкретному випадку дії та реакції на неї молекулярних структур, метаболічних систем чи надорганізмових утворень необхідно враховувати концентраційно-часові відклики та не допускати автоматичного (без експериментального підтвердження) перенесення виявлених ефектів з одних експериментальних систем на інші.

Загальним принципом пошкодження є їх різноспрямованість і рівневість та каскадність розвитку патологічного процесу [4, 6-10]. Зміни, які викликаються дією несприятливого фактору, можуть виявлятися у: порушеннях метаболізму у клітинах (генетична чи модифікаційна детермінація); структурних ушкодженнях молекул і надмолекулярних структур певного рівня і сили, які призводять до незворотніх функціональних змін та збільшення кількості неповноцінних молекулярних і надмолекулярних новоутворень; недостатньому утворенні і постачанні клітини енергетичними еквівалентами, насамперед АТФ, відновними еквівалентами та попередниками біосинтезу; порушенні систем, які регулюють швидкість і спрямованість метаболічних процесів у відповідності до потреб біо-, еко- системи; порушенні взаємодії макромолекул, клітин, тканин і органів, збільшенні кількості випадкових і нерегульованих взаємодій; порушенні фізіологічних функцій органів і систем, головно гомеостазу (сталість складу) і енантіостазу (сталість стану, підтримання рівня функцій – є твердження, що для організму важливішим є не стільки збереження сталості складу, скільки – сталість функцій (стану) [24, 27]; відхиленні поведінкових та психофізіологічних функцій організму та модифікація адекватної реакції на зміну значимих факторів.

Відхилення на екосистемному рівні виявляються у: зниженні чисельності популяцій аж до повного зникнення видів; порушенні фізіологічних ритмів і поведінки організмів, представлених у біоценозі популяцій; зміні меж (ареалу) і щільності популяцій; появи інвазійних видів та розвиток екотонізації територій; зрушеннях у структурі угруповань – зростання частки пацієнтів і експлерентів, зниження частки віолентів, зміні співвідношення фіто- і зоофагів у біоценозах; зміні домінування у біоценозах; зменшенні біорізноманіття; зменшенні ролі пасовищних та зростанні ролі (домінування) детритних ланцюгів живлення; порушенні спряженості речовинно-енергетичних процесів та зниженні ефективності трансформації речовини і енергії; зміні продукції та прискоренні клімаксу екосистем; порушенні інформаційної структури екосистем; розбалансуванні біогеохімічних колообігів.

Комплексною реакцією біологічної системи в умовах ушкодження є втрата достатнього рівня *енергетичного (термодинамічного) і трофічного статусу (продуктивності), біологічного різноманіття і цілісності та збалансованості її функціонування (втрата «організованої упорядкованості»), а також здатності до самовідтворення.*

Як видно з зазначеного, ієрархічна залежність та системність (комплексність) дії токсичного чинника і реакції на нього біологічної системи позначається на її стані в цілому, що, насамперед, передбачає зміну енергетичного (термодинамічного) статусу.

Термодинамічні особливості біо-, еко- систем у токсичному середовищі. Згідно другого закону термодинаміки в природі існує постійна тенденція до зростання хаосу у вигляді вирівнювання температур, розсіяння енергії, руйнування біологічних структур. Ці процеси кількісно описуються за допомогою ентропії – міри неупорядкованості системи, тобто хаосу [11].

Нагадаємо коротко зміст основних законів класичної термодинаміки і результати їх застосування в біології. Згідно першого закону, кількість теплоти (dQ), поглинена системою з зовнішнього середовища, використовується на збільшення її внутрішньої енергії (dU) і здійснення загальної роботи (dA), що включає роботу проти сил зовнішнього тиску (P) по зміні об'єму (dV) системи і максимальну корисну роботу (dA_{max}), що супроводжують хімічні перетворення:

$$dQ = dU + dA, \text{ де } dA = p dV + dA_{max}. \quad (1)$$

$$\text{або } dQ = dU + p dV + dA_{max}. \quad (2)$$

Перевірка першого закону, що проводилася в калориметрах, в яких вимірювалася теплота, виділена організмом в процесах метаболізму, при випаровуваннях, а також разом з продуктами виділення, показала, що виділена біологічною системою теплота повністю відповідає енергії, поглиненій разом з живильними речовинами. Справедливість першого закону означає, що сама по собі біологічна система не є незалежним джерелом будь-якої нової енергії.

Другий закон термодинаміки розкриває критерій спрямованості мимовільних незворотних процесів. Будь-яка зміна стану системи описується відповідною зміною особливий функції стану – ентропії (S), що визначається сумарною величиною поглинених системою приведених теплот (Q/T). Рівноважна термодинаміка розглядає початковий і кінцевий стан системи, а спрямування процесу визначається за різницею параметрів системи у цих станах – ΔT , ΔG , ΔS :

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{\Delta T}.$$

В ізольованих системах $dQ=0$ і, отже, $dS=0$. У цьому і полягає еволюційний критерій спрямованості незворотних змін в ізольованих системах, що завжди відбуваються з збільшенням ентропії до її максимальних значень при закінченні процесу і встановленні термодинамічної

рівноваги. Збільшення ентропії означає зменшення ступеня впорядкованості і організованості в системі, її хаотизацію. Застосування другого закону до біологічних систем в його класичному формулюванні призводить, на перший погляд, до парадоксального висновку, що процеси життєдіяльності відбуваються з порушенням принципів термодинаміки. Насправді, ускладнення і збільшення впорядкованості біологічних структур в період їх росту і формування супроводжуються зменшенням, а не збільшенням ентропії, як повинно було б виходити з другого закону. Як приклад можна розглянути потік речовини та енергії в екосистемі, що відомий як матеріально-енергетичний баланс екосистем (рис. 7).

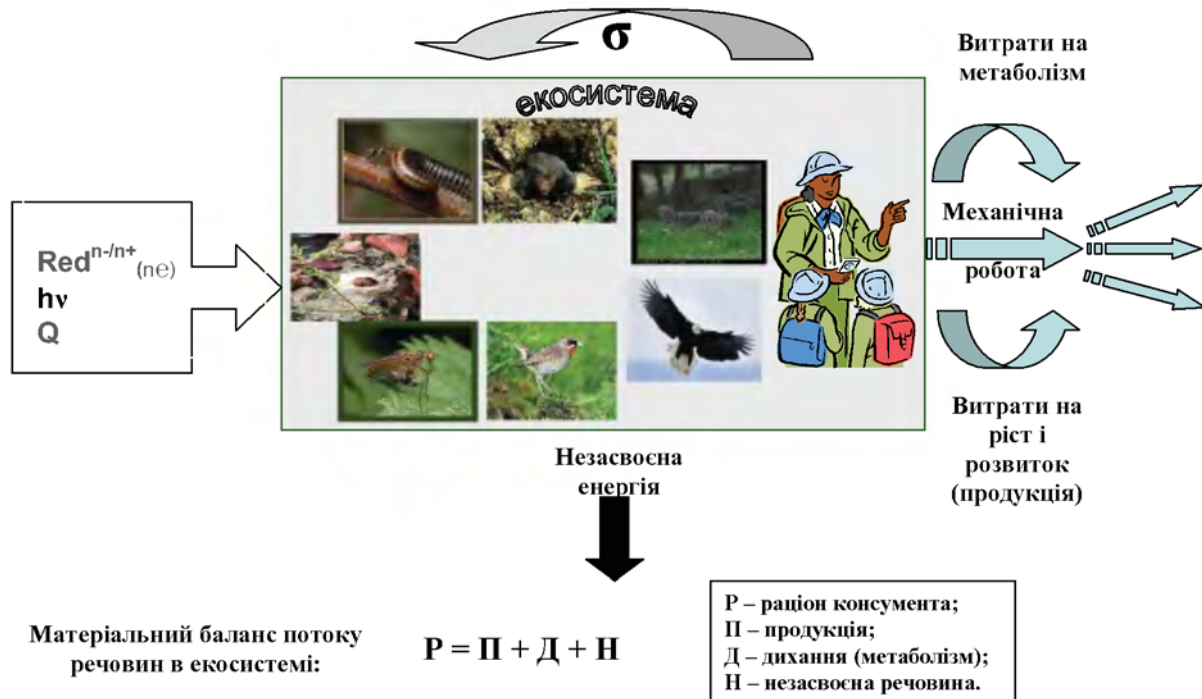


Рис. 7. Схема матеріально-енергетичного балансу в екосистемі

Відомо, що зовнішня енергія, яка надходить в екосистему, розподіляється щонайменше на три частини: частина фіксується продуцентами; частина витрачається на підтримання функціонування (метаболізм та виконання механічної роботи у просторі) системи. Обидва зазначені резервування енергії забезпечують стійкість, гомеостаз, відтворюваність та еквіфінальність екосистем як компонентів біосфери і носіїв “явища життя як форми існування матерії”. Третя частина потоку енергії в екосистемах не засвоюється (закон коефіцієнта корисної дії системи). Енергія, що фіксується продуцентами та розподіляється у результаті матеріально-енергетичного перетворення у трофічному ланцюзі, становить ту її частину, що сприяє підтриманню життєдіяльності організмів (формування компонентів – складових елементів екосистеми) та цілісності екосистеми як стійкої структурно-функціональної макроструктури (формування системи як цілісного утворення). На перший погляд фіксація енергії призводить до зростання порядку в екосистемі (функціонування достатньо впорядкованого за структурою трофічного ланцюга та просторової організації в екосистемі), а отже зменшення ентропії системи. Однак, згідно положень, висловлених І.Р. Пригожином [17, 18], ця енергія формування (σ) якраз і становить фіксовану (“внутрішню”) ентропію, що “прихована” у вигляді функціональної організації біологічних структур на всіх рівнях організації екосистеми: від молекул – через організми – до екосистемного рівня організації. Тому ентропія системи насправді зростає, однак в класичному (рівноважному) варіанті трактування термодинамічних процесів ця ентропія не виявляється (не вимірюється), бо є “прихованою” (“зв’язаною”).

Зазначена позірна невідповідність пов’язана з тим, що збільшення ентропії в незворотних довільних процесах відбувається в ізольованих системах, а біологічні системи є відкритими. Це підтверджується на відміну від колообігу речовин в екосистемі лінійною спрямованістю

енергетичного потоку, що в кінцевому результаті приводить до розсіювання всіх видів використаної енергії у вигляді теплоти.

Отже, при описанні енергетичного статусу біологічних систем як відкритих структур проблема тому полягає в тому, щоб, по-перше, зрозуміти, як пов'язана зміна ентропії з параметрами процесів у відкритій системі, а, по-друге, з'ясувати, чи можна передбачити загальний напрям незворотніх процесів у відкритій системі за зміною її ентропії. Головна складність у вирішенні цієї проблеми полягає в тому, що ми повинні враховувати зміну всіх термодинамічних величин в часі безпосередньо в ході процесів у відкритій системі. Постулат І. Пригожина полягає в тому, що загальна зміна ентропії (dS) відкритої системи може відбуватися незалежно або за рахунок процесів обміну з зовнішнім середовищем (deS), або унаслідок внутрішніх незворотних процесів (diS): $dS = deS + diS$. У всіх реальних випадках $diS > 0$, і лише, якщо внутрішні процеси йдуть зворотно і рівноважно, то $diS = 0$. Нерівноважна термодинаміка розглядає швидкість переходу енергії з плином часу, властивості та характеристики потоку енергії. Тому вона оперує поняттям “потік” – потік речовин, енергії, ентропії:

$$\Delta S \geq \frac{\Delta Q}{\Delta T} \text{ або у вигляді рівності} \quad \Delta S = \sigma + \frac{\Delta Q}{\Delta T}, \quad (3)$$

де: σ – ентропія формоутворення (фіксована внутрішня енергія – diS).

Потік кількісно оцінюють за зміною величини показника енергії (Q) в одиниці об'єму (V) за певний час (t). Швидкість зростання показника – різниця між швидкістю надходження і швидкістю відтоку (речовини, енергії, інформації): $\frac{\partial Q}{\partial t \cdot \partial V}$ [17, 18].

Залежно від співвідношення швидкостей зміни deS і diS загальна ентропія dS відкритої системи може або збільшуватися, або зменшуватися в часі. Тому величиною оцінки енергетичного стану системи може бути як запас внутрішньої енергії системи (σ) як показник її загального благополуччя та опірності до дії факторів, так і динаміка її змін (флуктуацій) в процесі життєдіяльності та за модифікуючого впливу додаткового(-их) фактору(-ів). Аналогічно можна оцінити розвиток будь-якого динамічного, включно адаптаційного процесу.

Проте далеко від рівноваги не існує загальних термодинамічних критеріїв напрямку руху відкритої системи, оскільки її поведінка визначається динамічними властивостями і механізмами регуляції, а не загальними статистичними закономірностями, як в другому законі класичної термодинаміки. Ця особливість обумовлює також і складність застосування понять ентропії і інформації при описі загальних властивостей біологічних систем.

Особливістю живих систем, як уже зазначалося, є їх здатність до самоорганізації, тобто спонтанного утворення і розвитку складних впорядкованих структур [14]. Всі системи і їх підсистеми безперервно флуктують [19]. А.Л. Goldberger (1986) висловив припущення про те, що нормальна динаміка в здорових біосистемах має «хаотичну» природу, а патологія пов'язана з періодичною поведінкою [29]. Князева Є.Н. і Курдюмов С.П. вказують на те, що “... якби нестійкість була головною властивістю у всіх системах світу, тоді все було б хаотично, все розпадалося, не було б можливості ні контролювати, ні передбачати майбутнє” [13]. Стійкість системи – енергія формоутворення, зростання різноманіття елементів, динаміка дискретно-континуального переходу. Стійкість стаціонарних станів, далеких від рівноваги, полягає в тому, що при відхиленні системи від стійкого стаціонарного стану в ній повинні з'явитися сили, що намагаються її повернути в початковий стан [18]. Отже, структурна складність (гетерогенність, різноманіття) та динамічність біосистем є основою їх успішності та тривалості структурно-функціональної цілісності. Чим складніші динамічні структури, тим більше циклів їх діяльності, тим більше енергії залишається в системі, і найменша її кількість розсіюється (рис. 8).

Збільшення в просторі-часі диференціації приводить до збільшення енергії, що зберігається в системі. Заснована на накопиченні енергії система намагається збільшити продуктивність і складність. Остання досягається за рахунок гетерогенності (різноманіття): чим складніші і чим довше існують просторово-часові диференціації, тим більший їх запас енергії [21]. Звідси відповідь на питання: “Чому так багато видів?”. Харчові ланцюги не генерують велике біологічне різноманіття. Частина відповіді полягає у тому, що замість лінійних ланцюгів живлення природа створила їх розгалуження. Однак, різноманіття в кінцевому вимірі визначається кількістю енергії для екосистем. Різноманіття як правило зростає з продуктивністю. Отже енергія продуктивності і екологічної гетерогенності відіграють основну роль в формуванні біологічного різноманіття.

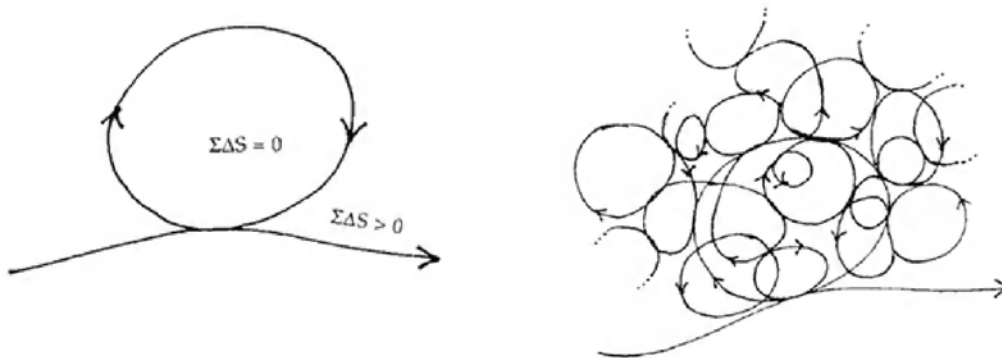


Рис. 8. Біосистема складається з внутрішньо збалансованих циклічних процесів, зв'язаних з потоком енергії. Життєві цикли підсистем формують цикл біосистеми

Як вже зазначалося, з термодинамічної точки зору біологічні системи є багатокомпонентними відкритими системами. Біологічні структури є унітарними і дискретними, але водночас знаходяться в інтегративній системі ієрархічного структурно-функціонального підпорядкування та варіативних агломерацій (агрегацій) і динамічній рівновазі та континуальному процесі. Тому для кількісної оцінки стану систем поряд з набором величин, що характеризують властивості унітарних структур, необхідно знати їх число (опис системи для деякого часу її існування здійснюється шляхом врахування числа унітарних структур n_{kj} : $n = (n_{11}, n_{22}, \dots, n_{kj}, \dots)$, розподіл в просторі, потоки речовин і енергії, взаємозв'язки – структурно-функціональні показники стану системи. Життєдіяльність, ріст і розвиток біологічної системи можна розглядати як послідовність протікання різних можливих чи доступних станів. Залежно від вибраної шкали стани можуть розглядатися як неперервні, так і дискретні. Розвиток токсичного процесу в моделі «вхідний сигнал (дія речовини) – кінцевий ефект дії (кінцевий стан системи)» (рис. 2) є дискретним в межах початку і кінця процесу, проте неперервним у поетапній взаємодії унітарних структур (компонентів процесу розвитку інтоксикації та детоксикації. Тому процес характеризується двома параметричними величинами – енергетичним балансом та кінетикою (швидкість і спрямованість розвитку процесу) [12].

Термодинаміка розглядає загальні закономірності перетворення енергії у формі тепла і роботи між тілами. У відкритих біологічних системах постійно відбувається процес обміну енергією з зовнішнім середовищем. Внутрішні метаболічні процеси також супроводжуються перетвореннями одних форм енергії в інші. У класичній термодинаміці розглядаються рівноважні стани системи, в яких параметри не змінюються в часі рівномірно, а зміна станів відбувається дискретно. Проте у відкритих системах, включно біологічних, реакції і відповідні енергетичні перетворення відбуваються постійно, і тому тут необхідно знати швидкість трансформації енергії в кожен момент часу. Це означає, що в енергетичних розрахунках треба враховувати і чинник часу. Для цього необхідно поєднувати термодинамічний і кінетичний підходи в описі властивостей відкритої системи.

Отже, з усього вищезазначеного випливає загальна проблема, яка нині немає вирішення: встановлення на терені кількісних співвідношень взаємопереходу (взаємопов'язаність, причинно-наслідкові зв'язки тощо) прояву токсичних ефектів на різних рівнях біологічних і екологічних систем з одного боку, та якісна і кількісна оцінка загального пошкоджуючого ефекту токсиканта чи іншого шкідливого чинника на досліджувані системи – зміна або повна втрата еквіфінальності системи (тобто мова йде не про якісну чи кількісну зміну окремого параметру або функції, а про системну втрату біологічної чи екологічної якості системи в цілому, що можна виразити у нанесеній їй шкоді).

Оскільки пошкодження біо-, еко- систем токсикантами ми вважаємо як наслідок системних порушень, то її діагностика має встановлюватися за результатами (проявами) інтегральних змін:

1. Порушення речовинно-енергетичних та інформаційних процесів системи в цілому (зменшення “організованої взаємодії”).

2. Порушення енергетичного та субстратного балансу на метаболічному і організмовому рівнях (порушення гомеостазу системи).
3. Неадекватність фізіолого-біохімічних реакцій та прояву основних біологічних функцій – порушення реакції та зворотніх зв'язків в системі та її еквіфінальності (ріст, розмноження, гетерогенність, продуктивність, розвиток, еволюція).
4. Порушення здатності біологічних систем до адаптацій в змінених умовах – трансформація дисипативно-континуальної динаміки систем (як наслідок попередніх) та міжсистемної взаємодії.

Висновки

Виходячи з зазначеного, виокремлюємо різноманіття та продуктивність як необхідну умову структурно-функціональної успішності (стійкість в даних конкретних умовах існування та просторово-часовому вимірі), що визначає функціональну та гомеостатичну еквіфінальність та енергетичний статус біо-, еко- систем (рис. 9).

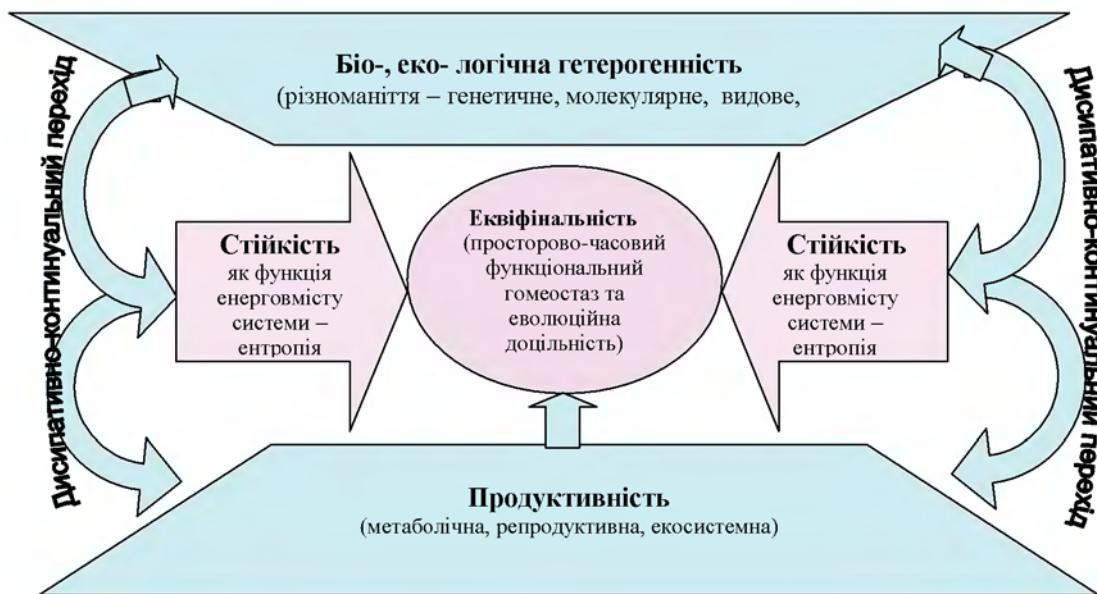


Рис. 9. Структурно-динамічна схема формування успішності біо-, еко- системи в просторово-часовому вимірі

При цьому поняттям “різноманіття” трактуємо як комплексну гетерогенність (генетична, морфологічна, функціональна з фізіологічної та біоценотичної точок зору різноякісність, внутрішньопопуляційна мінливість, видове різноманіття, екотопна різноякісність тощо), а в поняття “продуктивність” – здатність системи за рахунок забезпечення функціонування якомога більшої кількості і швидкості внутрішніх циклів, що формують в ній потік енергії певної ємності і швидкості (рис. 8), фіксувати внутрішню енергію як результат різноманіття форм певної кількості і складності (формування як наслідок кількісного і якісного розвитку системи). Тому при оцінці стану біо-, еко- системи доцільно говорити про оцінку її гетерогенності (генетичне, молекулярне, внутрішньо популяційне, видове, функціональне і ін. різноманіття як наслідок диференціації) в конкретних просторово-часових межах, та продуктивності (фіксування ентропії формування за рахунок метаболічних, репродуктивних, екосистемо-продуктивних процесів), за рахунок чого забезпечується стійкість стаціонарного стану біо-, еко- систем в конкретних просторово-часових межах (дискретний стан) та накопичення потенціалу для континуального переходу – революційні чи еволюційні зміни, що забезпечують існування системи в загальноеволюційному процесі, тобто формують її *еквіфінальність як інтегральну властивість означення доцільності існування системи.*

1. *Агошкова Е.Б.* Эволюция понятия системы / Агошкова Е.Б., Ахлибинский Б.В. // *Вопр. философии.* – 1998. – №7. – С.170–179.
2. *Анохин П.К.* Теория функциональной системы / П.К. Анохин // *Успехи физиол. наук.* – 1970. – Т. 1, № 1. – С. 19-54.
3. *Берталанфи Л.* Общая теория систем – критический обзор / Л. Берталанфи / *Исследования по общей теории систем.* – М., 1969. – С. 23–24.
4. *Гандзюра В.П.* Концепція шкодоочинності в екології / Гандзюра В.П., Грубінко В.В. – Київ-Тернопіль: Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
5. *Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень.* Теорія, методи, практика використання / За ред. І.Т. Олексіва, Л.П. Брагінського. – Львів: Світ, 1995. – 440 с.
6. *Грубінко В.В.* Адаптивні реакції риб до дії аміаку водного середовища : автореф. дис. ... докт. біол. наук. 03.00.17 “Гідробіологія”; 03.00.04 “Біохімія” / В.В. Грубінко. – Київ, 1995. – 44 с.
7. *Грубінко В.В.* Лімітуючі стадії фізіолого-біохімічної дії токсикантів в організмі гідро біонтів / В.В. Грубінко // Другий з'їзд гідроекол. тов-ва України. Київ, 27–31 жовтня 1997 р.: Тез. доп. – К., 1997. – Т.2. – С. 117–118.
8. *Грубінко В.В.* Концепция адаптации в контексте современной экологической ситуации / В.В. Грубинко / *Проблемы экологии культуры и духовности.* – Минск: ISK, 1997. – С. 23–28.
9. *Грубінко В.В.* Каскадный принцип организации биохимической адаптации у рыб: шкала времени, интенсивности, специфичности / В.В. Грубинко / *Экологическая физиология биохим. рыб.* – Ярославль, 2000. – Т.1. – С. 71.
10. *Грубінко В.В.* Системна оцінка метаболічних адаптацій у гідро біонтів / В.В. Грубінко // *Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. Спец. вип. “Гідроекологія”.* – 2001. – № 4(15). – С. 36–39.
11. *Дульнев Г.Н.* От Ньютона и термодинамики к биоэнергoinформатике / Г.Н. Дульнев / *Режим доступа:* URL: www.aoutsider.ru/lib/index.php.
12. *Ершов Ю.А.* Термодинамика квазиравновесий в биологических системах / Ю.А. Ершов / *Итоги науки и техники. Сер. «Химическая термодинамика и равновесие».* – М.:ВИНИТИ, 1983. – Т. 5. – 138 с.
13. *Князева Е.Н.* Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным / Князева Е.Н., Курдюмов С.Н. // *Вопросы философии.* – 1992. – № 12. – С. 3–20.
14. *Лоскутов А.* Нелинейная динамика, теория динамического хаоса и синергетика (перспективы и приложения) / А.Лоскутов / *Режим доступа:* URL: <http://www.cplire.ru/win/InformChaosLab/chaoscomputerra/Loskutov.html>.
15. *Лосовская Г.В.* Мониторинг качества воды Черного моря по макрозообентосу (обзор) / Г.В. Лосовская // *Гидробиол. журн.* – 2002. – Т. 38, № 1. – С. 50–61.
16. *Лукьяненко В.И.* Экологические аспекты ихтиотоксикологии / В.И. Лукьяненко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
17. *Николис Г.* Самоорганизация в неравновесных системах / Николис Г., Пригожин И. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
18. *Пригожин И.* Философия нестабильности / И. Пригожин // *Вопросы философии.* – 1991. – № 6. – С. 46–52.
19. *Пригожин И.* Порядок из хаоса: новый диалог с природой / Пригожин И., Стенгерс И. – М., Прогресс, 1986. – 432 с.
20. *Протасов А.А.* Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология / А.А. Протасов. – К., 2002. – 105 с.
21. *Почему организмы настолько сложны?* / No System in Systems Biology / *Режим доступа:* www.i-sis.org.uk.
22. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
23. *Система. Симметрия. Гармония* / Под ред. В.С. Тьютина, Ю.А. Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – 318 с.
24. *Уголев А.М.* Принципы организации и эволюции биологических систем / А.М. Уголев // *Журн. эвол. биох. и физиол.* – 1989. – Т. 25, № 2. – С. 215–233.
25. *Урманцев Ю.А.* Общая теория систем: состояния, приложения и перспективы развития / Ю.А. Урманцев / *Система. Симметрия. Гармония.* / Под ред. В.С. Тьютина, Ю.А. Урманцева. – М.: Мысль, 1988. – С. 38–130.
26. *Филенко О.Ф.* Некоторые универсальные закономерности действия химических агентов на водные организмы : автор. дисс. ... докт. биол. наук. 03.00.16 “Гидробиология” / О.Ф. Филенко. – М., 1990. – 36 с.
27. *Хлебович В.В.* Акклимация животных организмов / В.В. Хлебович. – Л.: Наука, 1981. – 135 с.
28. *Хочачка П.* Биохимическая адаптация / Хочачка П., Сомеро Дж. – М.: Мир, 1988. – 568 с.
29. *Goldberger A.L.* Some observations on the question: Is ventricular fibrillation "chaos"? / A.L. Goldberger // *Physica.* – 1986. – Vol.190. – P. 282–289.
30. *Hochachka P.W.* Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution / Hochachka P.W., Somero G.N. – New York - London: Oxford University Press US, 2002. – 466 p.

В.В. Грубінко

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

ПРИНЦИПЫ ОПИСАНИЯ СОСТОЯНИЯ БИО-, ЭКО- СИСТЕМ

Рассмотрены структурные, кинетические и термодинамические принципы организации и реакции био-, эко- систем в контексте действия на них неблагоприятных факторов.

Понятие “разнообразие” рассматривается как комплексная гетерогенность (генетическая, морфологическая, функциональная с физиологической и биоценологической точек зрения

разнокачественность, внутрипопуляционная изменчивость, видовое богатство, экотопная разнокачественность), а в понятие “продуктивность” – способность системы за счет обеспечения функционирования как можно большего количества и скорости внутренних циклов, которые формируют в ней поток энергии определенной емкости и скорости, фиксировать внутреннюю энергию как результат многообразия форм определенного количества и сложности (формообразование как следствие количественного и качественного развития системы).

Предлагается при оценке состояния био-, эко- систем рассматривать их гетерогенность и продуктивность в конкретных пространственно-временных пределах как такие, которые обеспечивают устойчивость стационарного состояния (дискретное состояние) и накопление потенциала для континуального перехода в новое качество, в результате чего обеспечивается существование системы в общеэволюционном процессе, формируется ее эквифинальность как интегральное свойство целесообразности существования.

Ключевые слова: структура, динамика, термодинамика, био-, эко- системы, разнообразие, продуктивность, устойчивость, эквифинальность

V.V. Grubinko

Ternopil National Volodymir Hnatiuk Pedagogical University, Ukraine

PRINCIPLES CHARACTERIZING STATES OF BIO-, EKO- SYSTEMS

Structural, kinetic and thermodynamics principles of organization and reaction of bio-, eko- systems in the context of action on them of unfavorable factors.

A concept “diversity” is examined as complex heterogeneity (genetic, morphological, functional from the physiological and biocenotic points of view of different quality, population changeability, specific riches, ekotonic quality), and in a concept the “productivity” – ability of the system due to providing of functioning as possible greater amount and speed of inner loops which form the stream of energy of certain capacity and speed in it, to fix internal energy as a result of variety of forms of certain amount and complication (formation of structures as a result of quantitative and high-quality development of the system).

Offered at the estimation of the state of bio-, eko- systems to examine their heterogeneity and productivity in concrete spatio-temporal limits as such, which provide stability of steady-state (discrete state) and accumulation of potential for the continual passing to new quality, as a result existence of the system is provided in a evolution process, formed it ekvifinalic as integral property of expedience of existence.

Key words: structure, dynamics, thermodynamics, bio-, eko- systems, variety, productivity, stability, ekvifinalic

УДК [556.53] (282.247.31)

О.О. ГУЛЯЄВА

Інститут гідробіології НАН України

пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210, Україна

ТЕЧІЇ В ДНІСТРОВСЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ: РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

За допомогою методу повних потоків проаналізовано режим течій пригреблевої ділянки Дністровського водосховища. Побудовано циркуляційні схеми та розраховано швидкості течій при різних гідрометеорологічних умовах. Виявлено, що вітрові течії відіграють важливе значення для функціонування екосистеми водосховища.

Ключові слова: моделювання, режим течій, Дністровське водосховище

Для управління станом екосистем та якістю води у водоймах необхідне вивчення гідрологічних процесів, які можуть використовуватися як засоби управління. У водосховищах це, насамперед, швидкість течій та внутрішній водообмін [1]. Вказані характеристики практично для