

ПРОСТОРОВЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ У СТРУКТУРНО-ІЄРАРХІЧНІЙ СХЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновано пірамідальне зображення екологічної системи, що забезпечує можливість комплексного аналізу зв'язків між компонентами.

Ключові слова: зв'язок горизонтальний, зв'язок вертикальний, характеристика екологічна, схема структурно-ієрархічна, екологічна система, екологічний елемент.

Предложено пирамидальное изображение экологической системы, которое обеспечивает возможность комплексного анализа связей между компонентами.

Ключевые слова: связь горизонтальная, связь вертикальная, характеристика экологическая, схема структурно-иерархическая, экологическая система, экологический элемент.

The pyramidal image of the ecological system, that provides the ability to complex analyzing of relationships between components are proposed.

Key words: horizontal communication, vertical communication, environmental characteristics, structural and hierarchical scheme, ecological system, ecological element.

Вступ

Вирішення грандіозної практичної задачі, що постала перед людством, – перехід від споживацького способу життя до сталого (стійкого) розвитку – потребує попереднього забезпечення в багатьох напрямках, зокрема науковому. Наука для сталого розвитку уявляється фахівцям по-різному: чи як нова синтетична наука, чи як розширення та поглиблення традиційних наук, чи як поєднання двох названих шляхів. У будь-якому випадку основу науки для сталого розвитку утворюють екологічні знання. Тому вдосконалення екології, як базової науки сучасності і майбутнього, залишається актуальним і важливим.

Незважаючи на солідний історичний досвід екології, її теоретично-методологічний фундамент не може вважатися завершеним. Полеміки продовжуються навіть на рівні принципової термінології [1; 3; 4].

У статті розглядається можливість удосконалення методології аналізу функціональних зв'язків в екологічній системі.

Аналіз джерел інформації

Системний підхід широко застосовується в екології, комплексна сутність якої вимагає використання саме універсальних наукових методів. Починаючи з 1935 року, більшість дослідників розглядають екологічну систему як сукупність взаємовпливових компонентів живої та неживої природи, поєднаних на певній території загальною функціональністю [1; 2; 5; 6; 7]. Екологічна система,

як складна сукупність взаємопов'язаних складових, з методологічних позицій може розглядатися по-різному, на різних принципах обмежень і умов. Це може бути просторове уявлення, коли, перш за все, враховуються географічні особливості, наприклад, рельєф місцевості, або особливості середовища існування життя – водне, ґрунтове. Але у будь-якому варіанті в екологічній системі головним є зв'язки між складовими, їхній взаємовплив, процеси, що забезпечують функціонування сукупності як єдиного цілого. В зв'язку з цим слід згадати Р. Ліндемана, який у 1942 році визначив екологічну систему як систему фізико-хіміко-біологічних процесів, що відбуваються в межах певної просторово-часової одиниці будь-якого рангу [1].

Загалом будь-яка екологічна система для повного уявлення потребує відображення її структури, аранжованого представлення складових, діючих між компонентами зв'язків різної природи тощо. Тому певна конкретна система, як правило, представляється значною кількістю графічних та аналітичних залежностей. Найбільше поширення отримало структурно-ієрархічне представлення екологічної системи у вигляді плоского трикутника (рис. 1). Екологічна система ЕС складається з декількох підсистем найвищого рівня ПС, кожна з яких, у свою чергу, є сукупністю підсистем більш низького рівня і так до найнижчого рівня компонентів системи – елементів Е – складових, які не можуть бути поділені без втрати

функціональної властивості. Що стосується біологічних елементів екосистеми, то ними є організми. Тому часто найнижчий рівень екосистеми називають організмовим.

Структурно-ієрархічне представлення дає вичерпну інформацію про склад і взаєморозта-

шування складових екологічної системи. Але в межах трикутника неможливо представити не лише всі, а навіть головні функціональні зв'язки між компонентами системи. Для цього змушені додатково використовувати інші, часто менш наочні засоби відображення.

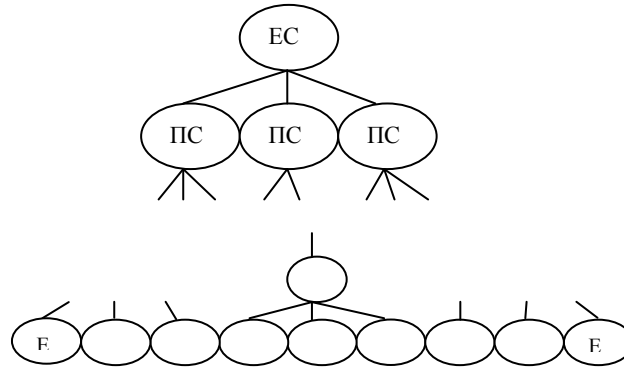


Рис. 1. Структурно-ієрархічна схема екологічної системи

Метою роботи є вдосконалення графічного представлення екологічної системи для збільшення його інформативності.

Результати дослідження

При площинному зображенні екологічної системи повністю представлено структурні зв'язки між компонентами. Трикутник дозволяє легко здійснювати як аналіз (декомпозицію) системи до найнижчого рівня, так і синтез (композицію) з елементів системи в цілому чи окремих її компонентів – підсистем. Елементами екологічної системи є живий організм, або абіотична речовина у вигляді, що відповідає потребі організму.

В екології, тобто в екологічній системі, тварина чи рослина розглядається як найпростіший невідимий компонент. Для біолога будь-який організм – це надскладна система, але система біологічна. Те саме можна сказати і по відношенню до абіотичних елементів екосистеми – у фізиці, хімії чи мінералогії вони розділяються на складові. В цьому особливість екологічної системи і її принципова відмінність від систем іншого типу – біологічних, фізичних, хімічних тощо. Складні «галузеві» системи в екології розглядаються як «чорні ящики» – утворення, внутрішня будова і внутрішні процеси яких дослідника не цікавлять. В екосистемі будь-який елемент характеризується лише сукупною реакцією на зовнішню дію.

В екологічній системі взаємодії між компонентами, тобто взаємовплив, визначаються за допомогою так званих «екологічних характеристик» – залежностей виду (1):

$$\Pi = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots), \quad (1)$$

де Π – показник компоненти екологічної системи;

Φ – екологічний фактор, зовнішня дія на компоненту екосистеми.

Як видно на рис. 1, структурні зв'язки в екологічній системі, що поєднують компоненти між собою, належать до вертикальних. Кількість таких зв'язків залежить від числа компонентів z і дорівнює $N_c = (z - 1)$. Переважна кількість компонентів – це екологічні елементи, серед яких головна роль відводиться біотичним елементам, перш за все – найпростішим. Оскільки останніх у ґрунті і водному середовищі велетенська кількість, то при аналізі навіть незначних за розмірами екосистем зображення організмового рівня являє собою складну операцію. Тут потрібно зробити одне уточнення: на практиці найдрібніші біологічні елементи поштучно не враховуються, бо, як писав Хакен Г., «задача опису долі кожної бактерії є безнадійною. Треба знайти «макроскопічну» характеристику» [8].

Графічне представлення функціональних зв'язків між складовими екологічної системи незрівнянно складніше, ніж розглянуте щодо зв'язків структурних. По-перше, крім вертикальних зв'язків, що відображають взаємовплив компонентів різного ієрархічного рівня, в системі відбувається складна взаємодія між складовими одного рівня. По-друге, це значна кількість зв'язків між двома будь-якими компонентами, що характеризують взаємовідносини трьох типів – речовинних, енергетичних та інформаційних. Загалом в екосистемі діє настільки велика кількість функціональних зв'язків, що графічно відобразити їх разом із структурними на плоскому трикутнику неможливо.

Тому пропонується вдосконалити загально-прийнятий метод графічного площинного трикутного зображення екологічної системи на просторове багатокутне. На рис. 2 показано схему об'ємного представлення екологічної системи, що складається з чотирьох підсистем – ґрунтової (Л), атмосферної (А), гідросферної (Г) та біологічної (Б).

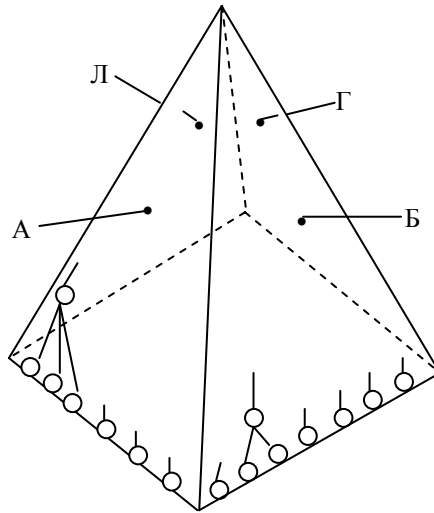


Рис. 2. Структурно-ієрархічна просторова схема природної екологічної системи

Кожна з підсистем представлена комплексом складових, що розміщені у вигляді структурно-ієрархічного трикутника на відповідній площині піраміди. Таким чином, уся поверхня піраміди вкрита компонентами екологічної системи, поєднаними між собою структурно-ієрархічними вертикальними зв'язками. Функціональні зв'язки між складовими екосистеми розміщені всередині

піраміди: горизонтально у випадку взаємодії компонентів одного ієрархічного рівня чи похило (близько до вертикалі) для відображення взаємовпливу компонентів різного рівня. Якщо виконати горизонтальний переріз піраміди на певному ієрархічному рівні, то функціональні зв'язки між компонентами цього рівня будуть розміщені всередині квадрата (рис. 3).

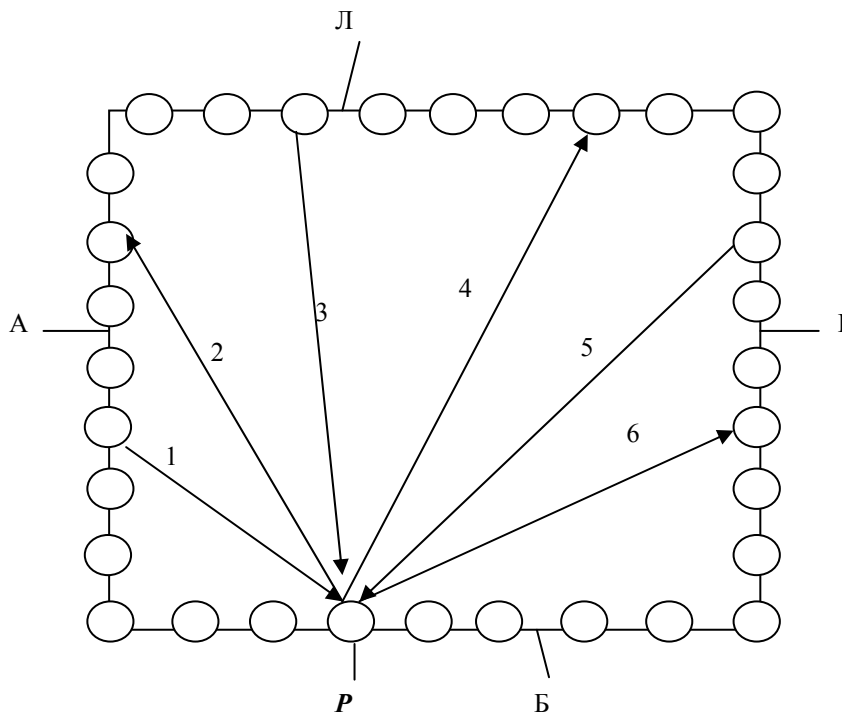


Рис. 3. Речовинні зв'язки рослини Р:

1 – споживання CO_2 ; 2 – продукування O_2 ; 3 – споживання певної мінеральної речовини; 4 – опад; 5 – споживання H_2O ; 6 – випаровування; А, Б, Г, Л – як на рис. 2.

Для соціоекосистем кількість трикутних площин буде більшою, ніж на рис. 2. Наприклад, якщо людські соціуми і техногенні компоненти розмістити в одній площині, то піраміда буде п'ятигранною. Для соціоекосистем із значним техногенним впливом краще до чотирьох природних підсистем додати дві: С – соціальну, на якій відобразити структурні

зв'язки соціального походження, і Т – техногенну, на якій показати зв'язки, пов'язані з господарською діяльністю. Як видно з рис. 4, на якому представлено саме такий варіант, просторова схема дуже зручна для аналізу складного випадку використання екологічної ніші [3].

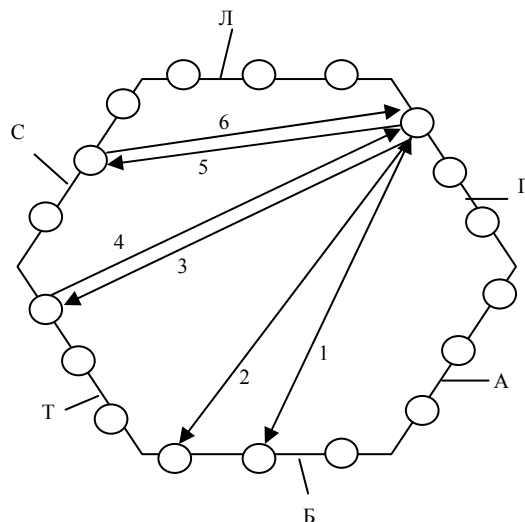


Рис. 4. Схема зв'язків водного середовища в соціоекосистемі

На рис. 4 показано переріз піраміди на рівні спільноти (в біології – популяційний рівень). Об'єктом аналізу зв'язків є одне з трьох наявних у системі водних джерел. Зв'язок 1 відображає взаємовідносини водних мешканців із середовищем існування. Зв'язок 2 описує процес споживання води із джерел представниками природної наземної біоти. Техногенний об'єкт має два зв'язки з водним джерелом – споживання води 3 та вплив на стан водного об'єкта (забруднення речовинне та теплове) 4. Зв'язки 5 і 6 враховують задоволення людських потреб – споживання води, використання рекреаційних можливостей водного джерела тощо.

Просторове представлення зв'язків в екологічній системі дає чітке уявлення і про взаємодію компонентів різного рівня. Для прикладу на рис. 5 наведено фрагмент схеми зв'язків водної екосистеми на двох рівнях – елементів і утворень. Життєдіяльність риби Р залежить від вмісту кисню у воді К, який, у свою чергу, визначається показниками води В, зокрема її температурою. Температура води залежить від стану атмосферного повітря П, що враховано зв'язком 1. Екологічною характеристикою цього зв'язку буде рівняння теплового балансу між енергією води і надходженням енергії з атмосфери.

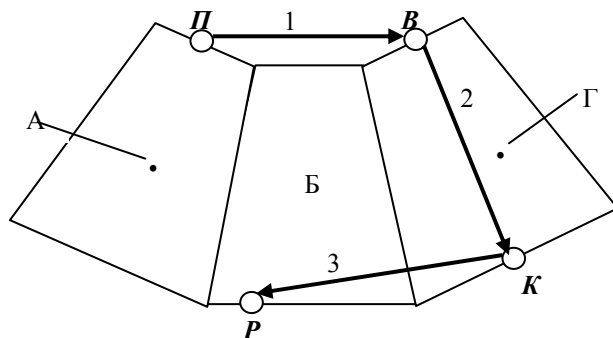


Рис. 5. Фрагмент схеми горизонтальних і вертикальних зв'язків

Зв'язок 2, що характеризує вплив температури води (в діапазоні (0-30) °С) на вміст розчиненого кисню, описується залежністю (2):

$$m_{O_2} = 14,5 - 0,24 \cdot T \text{ (мг/л)} \quad (2)$$

Екологічною характеристикою зв'язку 3 буде, як мінімум, двофакторна залежність (3):

$$Ж = f(\Phi_1, \Phi_2), \quad (3)$$

де Ж – життєдіяльність організму;

Φ_1 – вид риби;

Φ_2 – стан риби, який визначається, перш за все, її віком.

Зображення енергетичних зв'язків від розглянутих речовинних принципів відрізняється наявністю вилучення в навколишнє середовище. Ці втрати

енергії доцільно показати у вигляді векторів, перпендикулярних площині відповідного трикутника. Зовні піраміда екосистеми перетворюється на «їжака».

Висновки

Запропонований спосіб зображення екологічної системи у вигляді багатогранної піраміди значно розширює можливості використання графічних методів аналізу складних систем. Він забезпечує можливість єдиним методом виконувати операції зі зв'язками різної природи, що притаманні екологічній системі. Зміною числа плоских трикутників легко відреагувати на будь-які зміни у зовнішніх впливах на природну екологічну систему.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голубець М. А. Екосистемологія / М. А. Голубець. – Львів : ПОЛІП, 2000. – 316 с.
2. Добровольський В. В. Основи теорії екологічних систем : [навчальний посібник] / В. В. Добровольський. – К. : ВД «Професіонал», 2005. – 272 с.
3. Добровольський В. В. Поняття «екологічна ніша» в екосистемології / В. В. Добровольський // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Т. 107. Вип. 94. Екологія. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – 104 с. – С. 11–13.
4. Мальований М. С. Проблеми термінології: екологічна безпека чи захист (охорона) навколишнього середовища / М. С. Мальований // Екологічний вісник, січень-лютий. – 2009. – № 1. – С. 14–16.
5. Моисеев Н. Н. Пути к созиданию / Н. Н. Моисеев. – М. : Республика, 1992. – 255 с.
6. Одум Ю. Экология : [в 2-х т.] / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – 328 с.
7. Реймерс Н. Ф. Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – М. : Россия молодая, 1994. – 367 с.
8. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен. – М. : Мир, 1980. – 407 с.

Рецензенти: Зюзін В. О. – д.мед.н., професор;
Сербін С. І. – д.т.н., професор.

© Добровольський В. В., 2011

Стаття надійшла до редколегії 06.11.2010 р.