

УДК 574

Л.В. Лось  
доктор технічних наук, професор

## ПРО АКсіОМАТИЧНУ ПОБУДОВУ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЕКОЛОГІЇ

*Розглядається впорядкування екологічних наукових результатів в екології, як науки, що повинна мати оптимальний внутрішній зв'язок, на основі апарату математичної логіки.*

*Розроблено аксіоми, наведено, як зразок, представлення закону толерантності у вигляді теореми і доведена нова теорема для роз'яснення запропонованого підходу.*

*Враховуючи, що даний підхід для екологів може бути незнайомим і на початку складним, матеріал викладений стисло, а частина його перенесена для подальшої публікації. Доцільно вважається дискусія по цій темі.*

Екологія займає величезний простір наукового поля. Простір цей став настільки великим, що його вже неможливо охопити. Це приводить до дублювання робіт, до елементів фрагментарності в побудові екології, ускладнює виділення основної і другорядної тематики досліджень.

Екологія в значній мірі є прикладною наукою, тому для ефективної її формалізації потрібна наявність і сталість загального принципу, загальної ідеї, головних понять. Загальний принцип повинен бути фундаментом науки. Він є основою для дедукції, синтезуючим початком. Наприклад, в класичній механіці це принцип інерції, в термодинаміці - принцип неможливості побудови вічного двигуна 1-го і 2-го роду.

Наявність загальної ідеї обумовлює мету конкретної науки, перспективу по напрямкам досліджень і практичному використанню результатів. Однак в даний час навіть поняття екології має декілька формулювань, що також свідчить про недостатню розробку теоретичних основ цієї науки. Є дуже багато її розгалужень. Розрізняють загальну екологію і часткову екологію. Загальна екологія включає популяційну екологію, біоценологію, біогеоценологію, що знаходиться в стадії виділення в окрему науку. Часткова екологія ділиться на екологію тварин і екологію рослин. Відрізняють також екологію людини, агроекологію, зооекологію, радіоекологію, гідробіологію, що розглядає екологічні питання різних водоймищ. Ще розрізняють аутоекологію, синекологію та інші напрями.

Настав час систематизувати екологію. Доцільним є, на наш погляд, побудова екології по аксіоматичному методу, що дозволить виділити математизовану частину екології як надструктуру у вигляді теоретичної екології і забезпечить проникнення систематизуючих математичних методів в більшість внутрішньо відокремлених частин екології.

Скорочено розглянемо основні теоретичні підвалини, необхідні для створення вказаної надструктури. Побудова теорії на основі аксіоматичного методу дає їй структурну оптимальність, захищає від свавілля при визначенні істинності наукових тверджень. Вся теорія повинна бути потенційно закладена в поняттях /термінах/, розглядаючи поняття як абстракцію загальних суттєвих ознак вивчаємих об'єктів. Аксіоматичний метод передбачає знаходження такої системи аксіом, щоб значимі в теорії положення виводилися логічно з цих аксіом. Вихідні послання теорії доцільно мінімізувати, прагнути до найменшої кількості аксіом і головних понять. Будемо розуміти аксіому як теорему, доказ якої у її визначенні. Формально:  $A \rightarrow A$ , тобто якийсь суб'єкт  $A$  імплікує  $A$ .

Вдала аксіоматизація теорії свідчить про усталеність знань у відповідній області науки. Теоретичним вираженням логічної завершеності наукової теорії є формалізація, що зв'яже структуру теорії: принципи, поняття, аксіоми, теореми, наслідки, закони та інші елементи теорії. Основна мета формалізації - доповнити і уточнити знання. Однак формалізувати повністю змістовні теорії неможливо. Крім того, надлишкова формалізація збіднює теорію.

Прийнята система аксіом повинна відповідати вимогам несуперечності, повноти і незалежності. Несуперечність відносно аксіом розуміється так, що з них неможливо одержати протилежні твердження. Систему аксіом, що забезпечує вивід всіх формул теорії, природно вважати повною. Аксіома буде незалежна від виразів теорії, якщо вона ними не визначається.

Крім аксіом, вимогам несуперечності і повноти повинна відповідати і сама змістовна теорія, причому розрізняють формальну несуперечність і семантичну /змістовну/, які однак взаємопов'язані між собою. Теорія вважається формально несуперечливою, коли не існує такої формули - її теореми, що

заперечення цієї формули також є теоремою даної теорії. Теорія семантично несуперечлива, якщо вона має модель. Це є свідомством, що в теорії немає протилежних теорем, тобто теорем з хибними інтерпретаціями. Про повноту теорії допустимо стверджувати, якщо в ній дана певна послідовність або множина формул і вказана процедура, з допомогою якої можливо довести всі означені формули, тобто якщо виводимі в ній дійсні в змістовному розумінні формули цієї теорії. Для відповідності системи аксіом і запропонованої змістовної теорії наведеним вимогам доцільно при їх формалізації використати обчислення предикатів 1-го порядку і, зрозуміло, обчислення виразів, тому що воно входить в обчислення предикатів. Даний підхід доцільний по таким причинам: аксіоми обчислення предикатів 1-го порядку відповідають вимогам несуперечності, повноти і незалежності; використовуючи ці аксіоми або, точніше, їх моделі в змістовній теорії, надав їм семантику, ми природно переводимо в прикладну теорію зазначені властивості, тобто отримуємо несуперечливу, повну і незалежну систему аксіом.

Змістовні теорії характерні введенням, крім логічних аксіом, власних аксіом для врахування специфіки конкретної теорії. Від власних аксіом загальнозначимість не вимагається. Аксіоми, взяті у вигляді інтерпретацій з обчислення предикатів 1-го порядку, загальнозначимі, а отже тотожно-істинні, тому теореми прикладної теорії, доведені на їх основі, зберігають загальнозначимість і цим дають привід розглядати їх як закони. Критерієм обґрунтованості, як правило, є практичні підтвердження, хоча, враховуючи безперервність розвитку, практика не може у всіх випадках щось підтвердити або заперечити абсолютно.

Використовуючи формалізації класичного обчислення предикатів для опису прикладної теорії, при збереженні відображення всіх аксіом і теорем обчислення предикатів в змістовну теорію, її можливо вважати несуперечливою і повною.

Таким чином, враховуючи вищевикладене зробимо спробу побудувати загальнотеоретичну структуру екології за допомогою зазначених логіко-математичних засобів, які дозволяють оптимізувати змістовну теорію і одержати практичні результати. Перший крок - винайдення аксіом. Дещо повторимо: під аксіомами будемо розуміти вихідні ствердження, істинність яких в межах конкретної теорії очевидна. В змістовних теоріях, побудованих по дедуктивному принципу, з аксіом шляхом доведень виключно або переважно логічними засобами імплікується весь подальший склад теорії. Теорія доказу і формальний апарат взяті в більшості з [1].

**А к с і о м а А1.** Природні надорганізмові системи (популяції, види, біоценози та інші біоструктури) можуть існувати тільки при наявності необхідних для існування умов.

Формалізований запис :

$$\forall S \left( (S_1 \wedge U_1, S_2 \wedge U_2, \dots, S_n \wedge U_n) \wedge (J_{S_1}, J_{S_2}, \dots, J_{S_n}) \right)$$

де  $\forall$  - квантор загальності,

$S$  - загальне позначення надорганізмових систем /біоструктур/;

$S_1, S_2, \dots, S_n$  - конкретні надорганізмові системи /біоструктури/;

$U_{S_1}, U_{S_2}, \dots, U_{S_n}$  - необхідні умови існування відповідних  $S_1, S_2, \dots, S_n$ ;

$\wedge$  - кон'юнкція ;

$J_{S_1}, J_{S_2}, \dots, J_{S_n}$  - факт існування відповідної надорганізмової системи /біоструктури/  $S_1, S_2, \dots, S_n$ .

**А к с і о м а А2.** Будь-який біологічний рід, вид чи інша біоструктура має або мала свого попередника.

Формалізований запис :

$$\forall S \left( S_n \wedge S_{n+1} \wedge S_{n+2} \wedge \dots \wedge S_{n+m} \right)$$

де  $S_n, S_{n+1}, S_{n+2}, \dots, S_{n+m}$  - будь-яка надорганізмова система /біоструктура/ ;

(...) - встановлено відношення порядку, інші знаки як в аксіомі А1.

**А к с і о м а А3.** Якщо конкретна біоструктура походить безпосередньо від іншої конкретної біоструктури, то вони попадають в одне класифікаційне об'єднання по параметрам подібностей.

Формалізований запис:

$$\forall S(S_1 \Rightarrow (S_2 \Rightarrow (S_1 \wedge S_2)))$$

де  $\Rightarrow$  - імплікація, логічний висновок; інші позначення як в аксіомі А1.

**Аксиома А4.** Будь-яка біоструктура може бути змінена і в напрямі розвитку і в напрямі зникнення.  
Формалізований запис :

$$\forall S(S_1 \Rightarrow (\neg S_2 \Rightarrow S_2)),$$

де  $\neg$  - знак логічного заперечення, інші позначення як в аксіомах А1, А3.

Для визначення прийнятності запропонованої системи аксіом спочатку перевіримо її ефективність відносно формального виводу відомого закону, наприклад, закону толерантності. Цей процес доцільно розглядати як початок індуктивного доказу відповідності даної системи аксіом вимогам формалізації.

Закон толерантності (Шелфорда правило).

Встановлений В.Шелфордом в 1913 році, формулюється так : фактором, що лімітує розквіт організму /виду/, може бути як мінімум, так і максимум екологічного фактора, діапазон між якими служить зоною толерантності організму /виду/.

Крім організмів /видів/ під дію закону толерантності підпадають надорганізовмі системи /біоструктури/.

Формалізований запис закону толерантності може бути наступним :

$$\forall S(((S_n \wedge U_{\min}) \wedge (S_n \wedge U_{\max})) \wedge J_{S_n}),$$

де S - загальне позначення видів, організмів, надорганізовмих систем /біоструктур/;

$S_n$  - якийсь конкретний вид організмів, надорганізовмих систем /біоструктур/;

$U_{\min}$  - необхідні умови існування  $S_n$  при мінімумі екологічного фактора;

$U_{\max}$  - необхідні умови існування  $S_n$  при максимумі екологічного фактора;

$J_{S_n}$  - існування  $S_n$ . Решта позначень як в аксіомі А1.

Формалізований запис закону толерантності безпосередньо виводиться як теорема з аксіоми А1.

При цьому використовується правило «видалення кон'юнкції».

Наступним кроком буде введення і доказ /по нашим даним нової/ теореми:

Якщо біологічний об'єкт має ваду, що призводить до його зникнення, то об'єкт-безпосередній його попередник теж буде мати тенденцію до зникнення при наявності цієї ж вади.

Формалізований запис:

$$\forall S((S_1 \Rightarrow S_2) \Rightarrow ((S_1 \Rightarrow \neg S_2) \Rightarrow \neg S_1))$$

Доказ:  $\left. \begin{array}{l} 1. S_1 \Rightarrow S_2 \\ 2. \neg S_2 \end{array} \right\}$  припущення  
 $\neg S_1$  МТ /1, 2/- правило модус толленс.

Доведена теорема по своїй формальній побудові тотожно-істинна, загальнозначима, тобто може вважатися законом.

Подальший розгляд даної теми доцільно тимчасово припинити, для початку дискусії головне сказано. Продовження - після одержання відгуків.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Prof theori. Gaisi Takeuti (professor of Mathematics the Universiti of Illionois, Urbana, U.S.A.) Amstherdam - London - New York -1975.

---

/переклад на російську мову: Такеути, Теория доказательств,  
Пер. с англ. М.: Мир, 1978./

**Лось Леонід Васильович**, доктор технічних наук, заслужений діяч науки і техніки України;  
посада - професор кафедри загальнотехнічних дисциплін Державної агроекологічної академії України.

**Наукові інтереси:** теорія конструювання машин і приладів, теорія побудови структур,  
математичної логіки.