

## ПРИНЦИПИ СИСТЕМНОСТІ ТА СКІНЧЕННОСТІ ДІЮЧИХ ФАКТОРІВ У ПРОБЛЕМІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*У статті проаналізовані підходи до оцінки екологічної безпеки, розглянуті її системні рівні, розкрита суть генетико-еволюційного підходу та принципів системності і скінченності діючих факторів щодо визначення екологічної безпеки.*

Перш за все, необхідно зазначити, що поняття екологічної безпеки є досить неоднозначним і трактується різними авторами по-різному. Це можна пояснити рядом причин. *По-перше*, тим, як власне трактують автори сам термін “екологія”? З позицій класичної біології як науки про взаємодію організмів з навколишнім середовищем, з позицій охорони природи чи як таку, що розглядає загальну культуру поведінки людини в середовищі її існування. *По-друге*, в залежності від позиції, яку обирає автор: гомоцентричну чи натуроцентричну. Тобто мова йде про безпеку життєдіяльності людини в оточуючому її середовищі чи безпеку біосфери в цілому. Це, звісно, не всі причини, але на нашу думку найголовніші, оскільки усі інші є лише похідними і доповнюють деякий суб’єктивізм авторів щодо розуміння даного питання. Відсутність однастайності у визначенні даної проблеми вказує на необхідність більш детального її вивчення.

Немає сенсу обговорювати окремо підходи і напрямки щодо визначення поняття екологічної безпеки. Кожен з них зачіпає своє коло проблем та інтересів, і разом вони окреслюють майже всю сферу людської діяльності та природних процесів. Зазначимо лише, що домінуючим серед визначень екологічної безпеки є принцип гомоцентризму з розглядом екології з позицій охорони природи. Це досить одностороннє вирішення проблеми, яке є наслідком надмірної експлуатації терміну “екологія” в нашому суспільстві. Воно несе в собі певні

негативні наслідки і позбавляє дану проблему принципу системності, якого неможливо досягти, використовуючи лише диференційований підхід. Тому, на нашу думку, екологічну безпеку необхідно розглядати одночасно з декількох позицій:

- гомоцентризму;
- нагуроцентризму;
- генетико-еволюційного підходу.

Якщо розглядати екологічну безпеку як цілісну систему станів та процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, то позиції натуро- та гомоцентризму становлять відповідно зовнішній та внутрішній рівні цієї системи, а генетико-еволюційний підхід – механізм, за допомогою якого система набуває такого вигляду. Скажімо, трактування внутрішнього рівня системи у визначенні екологічної безпеки можна представити наступним чином:

- стан системи “природа–техніка–людина”, який забезпечує збалансовану взаємодію природних, технічних і соціальних систем, формування природно-культурного середовища, яке відповідає санітарно-гігієнічним, естетичним, матеріальним потребам жителів кожного регіону Землі при збереженні природно-ресурсного і екологічного потенціалу природних систем і здатності біосфери в цілому до саморегулювання [1];
- комплекс станів, явищ і дій, який забезпечує екологічний баланс на Землі і в будь-яких її регіонах на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно і політично підготовлено (може без серйозних збитків адаптуватися) людство [2].
- На даному системному рівні екологічна безпека обмежена часовими рамками і розмахом діючих акцій:
  - короткострокова дія може бути відносно безпечною, а довгострокова – небезпечною;
  - зміна в локальних межах – маловідчутною, а в регіональних – фатальною;
- величина впливів іноді не має вирішального значення: для багатьох факторів (наприклад, вплив деяких пестицидів, біологічних агентів), практично немає нижньої безпечної межі концентрації, особливо при довготривалій дії (вплив на майбутні генерації) [2].

Внутрішній рівень системи може бути представлений як система механізмів, що забезпечують гомеостаз біосфери і епігеосфери в цілому та окремих їх складових, зокрема. Таким чином, людина може розглядатися як біологічний вид, який, так само, як і інші біологічні види, пристосований до відповідних умов середовища і здатний до адаптацій в певних межах змін екологічних факторів. Динаміка (добова, сезонна, багаторічна, вікова) екологічних факторів довкілля і аналіз її відхилень від багаторічних середньостатистичних значень є одним із критеріїв, що визначають екологічну безпеку. Тобто безпеку біотичного середовища, яка формується в межах абіотичного середовища. Іншими словами – безпечне функціонування біосфери (окремих її складових) забезпечується нормальним (згідно багаторічних середньостатистичних значень) функціонуванням епігеосфери (окремих її складових).

Розглянемо принцип дії механізму (генетико-еволюційний підхід), який об'єднує внутрішній і зовнішній рівні екологічної безпеки як системи, що дає змогу отримати нові системні властивості, недоступні при розгляді окремо внутрішнього і зовнішнього рівнів. Маємо деяку систему  $S$ , на яку діє ряд факторів  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ . Причому, значення дії кожного з факторів лежить у відповідних межах  $[a, b]$ , так що:

$$f_1 \in [a_1, b_1], f_2 \in [a_2, b_2], f_3 \in [a_3, b_3], \dots, f_n \in [a_n, b_n]$$

Будемо вважати (враховуючи певну ідеалізацію), що система  $S$  сформувалася і функціонує у кінцевому спектрі факторів, тобто немає і не може бути фактора, який би не діяв на систему в процесі її формування і розвитку (принцип скінченності діючих факторів). Тоді  $P(f_1), P(f_2), P(f_3), \dots, P(f_n)$  – імовірності появи заданого фактора і  $P(f_1)[a_1, b_1], P(f_2)[a_2, b_2], P(f_3)[a_3, b_3], \dots, P(f_n)[a_n, b_n]$  – імовірності прояву даних факторів в заданих межах. Тоді стан системи  $S$  у будь-який момент часу є функція факторів і їх характеристик:

$$S = F(f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b])$$

Процеси гомеостазу  $S_t \rightarrow S_{t1} \rightarrow S_{t2} \dots \rightarrow S_{tn} \dots \rightarrow S_t$  забезпечуються еволюційно сформованими значеннями характеристик дії факторів, нормальні флуктуації яких у визначених межах формують безпечні переходи  $\rightarrow S_{t1} \rightarrow S_{t2} \dots \rightarrow S_{tn} \dots \rightarrow$  в межах параметрів  $S_t$ , еволюція системи  $S_0 \rightarrow S_t$  відбувається поступовим зміщенням значень флуктуацій системи в бік екстремальних значень із подальшим закріпленням їх як нормальних, за умов, що параметри діючих характеристик факторів набули квазістаціонарного значення. Одже, вираз

$$S = F(f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b])$$

є умовою безпеки стану системи  $S$ , а саме, якщо розглядати  $S$  в межах одного інваріанту (стан  $S_t \rightarrow S_{t1} \rightarrow S_{t2} \dots \rightarrow S_{tn} \dots \rightarrow S_t$ ), то умовою безпеки  $S$  є знаходження її параметрів в межах  $S_t$ , що забезпечується відсутністю відхилень значень  $f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b]$  поза межами генетичних (еволюційно-сформованих). Причому, будь-яке відхилення за межі генетичних значень створює небезпеку, яка може виражатися у величині часу релаксації, тобто часу, який необхідно витратити, щоб система повернулася у попередній стан. Якщо розглядати проміжок часу, протягом якого можна спостерігати еволюційні зміни, то доцільно говорити про безпеку процесу розвитку (саморозвитку), тобто відхилення значень  $f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b]$  не повинні набути таких, що здатні перервати лінію безперервних переходів:

$$S_t \rightarrow S_{t1} \rightarrow S_{t2} \dots \rightarrow S_{tn} \dots \rightarrow S_t.$$

Спробуємо пояснити більш конкретно викладені принципи на окремому прикладі. Появу в екосистемах в ХХ столітті пестициду ДДТ можна охарактеризувати як появу нового фактора середовища (фактора хімічної дії), оскільки ця речовина в природі до того часу не існувала і була отримана синтетичним шляхом. Це відбулося на відсутності ефективних механізмів самоочищення природних систем від даної речовини і механізмів перешкоджання її активній міграції по харчових ланцюгах. Застосовуючи принцип скінченності діючих факторів, маємо: спектр діючих факторів (для спрощення будемо розглядати тільки фактори хімічної дії)  $f_{ддт}, f_2, f_3, \dots, f_n$ , де  $f_{ддт}$  – фактор дії на систему хімічної речовини типу ДДТ,  $f_2, f_3, \dots, f_n$  – фактори дії інших хімічних речовин (наприклад, мінеральні і органічні кислоти, виділення рослинного і тваринного характеру тощо).

Справедливість і механізм застосування даного принципу скінченності діючих факторів взагалі і, зокрема, використовуючи даний приклад, можна пояснити таким чином. Хоча ДДТ і є синтетичним продуктом, справедливо говорити про імовірність того, що в природі існують речовини, які за своєю структурою або за своїми властивостями (хімічними, міграційними, механізмом дії на об'єкти та ін.) так чи інакше наближаються до даної речовини (перша особливість). Ці речовини-аналоги знаходяться в навколишньому середовищі в таких мізерних кількостях, що не впливають на дану природну систему таким чином, щоб та змогла виробити в процесі еволюції якісь регулятивні механізми (друга особливість). Так, у рослин в процесі еволюції виробилися механізми регуляції концентрації біофільних елементів в тканинах на відміну від мікро- і ультрамікроелементів, які практично не мають перешкод для накопичення в рослині. В умовах техногенних геохімічних аномалій це може призвести до відмирання даного виду рослин і заміни його вузькоспеціалізованим видом, що еволюційно сформувався в межах таких аномалій. Очевидно, що ведучим фактором еволюції регуляторних механізмів були не хімічні властивості хімічних елементів, а їх концентрація у ґрунті. Тому навіть незначне підвищення концентрації речовини-аналога буде мати ефект аналогічний введенню в дану систему абсолютно нової речовини (наприклад, ДДТ).

Для незайманої природної системи, яка знаходиться у зрівноваженому стані, справедливою є функція  $-f_{ддт} \in [a_{ддт}, b_{ддт}] \ll f_2 \in [a_2, b_2], f_3 \in [a_3, b_3], \dots, f_n \in [a_n, b_n]; f_{ддт} \in [a_{ддт}, b_{ддт}] \rightarrow 0$ . Відповідно до неї величина (кількість) діючого фактора ДДТ (це може бути концентрація речовини) набагато менша від подібної величини у інших факторів дії. Вона наближається до нуля, але не набуває його.

Імовірність виникнення фактора хімічної дії ДДТ ( $P(f_{ддт}) \ll P(f_2), P(f_3), \dots, P(f_n), P(f_{ддт}) \rightarrow 0$ ) також набагато менша за імовірності виникнення інших хімічних факторів дії. Так само, вона наближається до нуля, але не набуває його і якщо прийняти, що  $f_2 \in [a_2, b_2] \ll f_3 \in [a_3, b_3] \ll \dots \ll f_n \in [a_n, b_n], P(f_2) \ll P(f_3) \ll \dots \ll P(f_n)$ , то очевидно умова екологічної безпеки системи (тобто подальшого знаходження системи у зрівноваженому стані) буде мати вигляд:

$$|f_{\text{ДДТ}} \in [a_{\text{ДДТ}}, b_{\text{ДДТ}}] - f_2 \in [a_2, b_2]| > \varepsilon_a, |P(f_{\text{ДДТ}}) - P(f_2)| > \varepsilon_b.$$

Виходячи з цього, легко показати, що як тільки зміни в показниках лівих частин нерівностей набудуть таких значень, при яких не буде виконуватися нерівність, система вийде із рівноважного стану і буде знаходитися в стані екобезпеки. В даному прикладі, якщо концентрація ДДТ або речовини-аналога знаходиться в межах  $f_{\text{ДДТ}} \in [a_{\text{ДДТ}}, b_{\text{ДДТ}}] < |\varepsilon_a - f_2 \in [a_2, b_2]|$ ,  $P(f_{\text{ДДТ}}) < |\varepsilon_b - P(f_2)|$ , то виконується умова екологічної безпеки. Іншими словами, величина дії фактора (ДДТ або речовини-аналога) знаходиться в межах генетичних і тому не може спричиняти екологічну небезпеку.

Повертаючись до екологічної безпеки як системи, слід відзначити, що при вирішенні практичних завдань іноді є необхідним акцентувати увагу на різних системних рівнях, маючи за базовий генетико-еволюційний підхід. Кожен тип завдань потребує окремого підходу у вирішенні принципово різних типів проблем. Використання однакового підходу є неприпустимим. Так, скажімо, принцип гомоцентризму як основний, доцільно використовувати при розробці санітарно-гігієнічних норм. Проте, на нашу думку, його не слід ставити за основу при розробці норм скидів і викидів забруднюючих речовин. При вирішенні цієї проблеми слід користуватися генетико-еволюційним підходом і принципом скінченності діючих факторів. Іноді, деякі проблеми потребують розгляду їх у спектрі термодинамічних процесів, які відбуваються в екосистемах, що також потребує комплексного підходу щодо їх вирішення.

Розв'язання питань екологічної безпеки ґрунтується переважно на двох типах завдань:

- **Перше** – пов'язане із середовищем, в якому формується безпека чи небезпека (ландшафтна оболонка Землі);
- **Друге** – пов'язане з екологічними об'єктами, що сприймають на себе тиск безпекоформуючого середовища (екосистеми, біологічні види, в т.ч. Homo sapiens).

Вирішення завдань першого типу переважно потребує методів генетико-еволюційного підходу і принципу скінченності діючих факторів, а завдань другого типу – методів принципу гомоцентризму.

Правильне розуміння екологічної безпеки, тобто розгляд її як системи, визначає ефективну державну політику у цій сфері, що має забезпечити покращання здоров'я громадян, зменшення державних витрат на подолання наслідків несприятливих екологічних ситуацій, оптимізувати сферу природокористування та охорони природи. І, навпаки, вузьке, однобоке бачення проблеми веде до загострення конфлікту між людською цивілізацією і оточуючим середовищем.

### Висновки

1. Безпека системи досягається за наступних умов:  $S = F(f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b])$ .
2. Безпека системи визначається певним станом середовища  $\{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n, f_1 \in [a_1, b_1], f_2 \in [a_2, b_2], f_3 \in [a_3, b_3], \dots, f_n \in [a_n, b_n], P(f_1), P(f_2), P(f_3), \dots, P(f_n), P(f_1)[a_1, b_1], P(f_2)[a_2, b_2], P(f_3)[a_3, b_3], \dots, P(f_n)[a_n, b_n]\}$ , при якому відхилення хоча б одного з вказаних параметрів, створює небезпеку для довкілля.
3. Безпека системи визначається лише в межах інваріанту  $S_1 \rightarrow S_{11} \rightarrow S_{12} \dots \rightarrow S_m \dots \rightarrow S_r$ . За даними межами можна говорити лише про безпеку процесу розвитку (саморозвитку) системи.
4. Компоненти системи, що генетично сформовані в межах вказаного інваріанту, не будуть набувати небезпечного стану за умов, що будь-які відхилення значень  $f, f \in [a, b], P(f), P(f)[a, b]$  знаходяться в межах цього інваріанту.
5. Якщо величина дії фактора (ДДТ або речовини-аналога) знаходиться в межах генетичних  $f_{\text{ДДТ}} \in [a_{\text{ДДТ}}, b_{\text{ДДТ}}] < |\varepsilon_a - f_2 \in [a_2, b_2]|$ ,  $P(f_{\text{ДДТ}}) < |\varepsilon_b - P(f_2)|$ , то виконується умова екологічної безпеки.

### Література

1. Боков В.А., Луцик А.В. Основы экологической безопасности: Учебное пособие. – Симферополь: СОНАТ, 1998. – 224 с.
2. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637с.

3. Гродзинський Д.М. Основи ландшафтної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224с.
  4. Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В., Брайон А.П. Словарь-справочник по экологии. – К.: «Наукова думка», 1994. – 665 с.
  5. Яцук А.В. Екологічна безпека в Україні. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.
-