



ШАПАРА

Аркадій Григорович — член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту проблем природокористування та екології НАН України



МІХЄЄВ

Олексій Володимирович — доктор біологічних наук, головний науковий співробітник відділу екологічних основ технологій природокористування Інституту проблем природокористування та екології НАН України

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РОЗУМІННЯ ПРОЦЕСІВ АНТРОПОГЕННОЇ ДЕСТАБІЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Виходячи з уявлень про екологічну стабільність і механізми природної саморегуляції розглянуто процеси дестабілізації екологічних систем під впливом антропогенних чинників, обговорено причини їх виникнення та тенденції розвитку. Схарактеризовано ознаки, які відображують наявність процесу дестабілізації екологічної компоненти складних техноекосистем. Обговорюється необхідність збереження і підтримки еволюційно вироблених процесів природної саморегуляції як основи для здійснення заходів з відновлення та оптимізації дестабілізованих екосистем. Вирішення цих проблем має стати пріоритетним завданням у розробленні та реалізації стратегій сталого розвитку з метою гармонізації взаємодій техно- і біосфери в межах раціонального (екологічно спрямованого) природокористування.

Ключові слова: екологічна стабільність, природні механізми саморегуляції, антропогенні фактори, структурно-функціональна організація екосистем, раціональне природокористування, охорона природи.

Якщо цивілізаціям властиве максимальне збільшення продуктивності, то природі властиве прагнення до максимальної стабільності. І цілі ці несумісні.

Дж.П. Холдрен, П.Р. Ерліх

Усупереч поширеній думці сталий розвиток є не соціально-економічною, а насамперед філософською категорією, що визначає парадигму подальшого розвитку людської цивілізації. Тому спроби розглядати будь-який тип розвитку як вибудовування балансу невідомо чого з чим, а тим більше як подолання голоду та бідності, реалізацію гендерної політики або побудову громадянського суспільства, безпідставні. Немає сумнівів, що ці цілі надзвичайно важливі, однак розглядати їх досягнення як результат сталого розвитку не лише помилково, а й навіть шкідливо. На жаль, деякі представники наукових кіл у гонитві за затребуваністю прийняли саме таку точку зору, і в результаті в Україні й дотепер відсутні обґрунтовані з позицій сталого розвитку пропозиції щодо реформування політики в усіх сферах господарської діяльності.

І це відбувається без урахування тих сучасних тенденцій техногенезу, що зумовлюють ситуацію, за якої природні екологічні системи (невід’ємні складові планетарного середовища існування всього живого) все більше замінюються специфічними комплексними формаціями — складними техноекосистемами, які мають характерну структурно-функціональну організацію, а також способи регуляції, відмінні від природних. Стан природних екосистем у таких умовах здебільшого характеризується як певною мірою дестабілізований, що має прояви від спрощення первинної організації до значної деградації або руйнування.

Впровадження найкращих доступних технологій є необхідною умовою переходу до оптимізації складних техноекосистем, забезпечення їх сталого функціонування і збереження природних компонентів. Обґрунтування вибору таких технологій вимагає концептуального розуміння сутності процесів дестабілізації їх екологічної складової під дією антропогенних чинників, визначення причин виникнення та розвитку таких процесів, механізмів і закономірностей їх здійснення, а також обґрунтування показників, що характеризують ступінь такої дестабілізації [1–4].

Проте вирішення проблем, пов’язаних з відновленням таких дестабілізованих екосистем, є не лише технологічним завданням. У зв’язку з цим необхідне чітке розуміння механізмів саморегуляції, дія яких спрямована на підтримку стабільності структурно-функціональної організації природних екологічних систем.

Поняття стабільності екосистеми

Передуючи феноменологічній характеристиці *саморегуляції*, поняття *стабільність* заслуговує на більш детальний розгляд і конкретизацію.

Існування природних екосистем у часі й просторі являє собою інтегральний результат двох процесів: гомеостазу та сукцесії, тобто стабільності та розвитку [5–7].

Що саме є *стабільністю* екосистеми і які ознаки можна розглядати як прояви дестабілізації, яка виникає під дією чужорідного зо-

внішнього впливу і може мати наслідки, що виходять за межі припустимих порогів трансформації природних систем?

Стабільність передбачає наявність стану внутрішньої динамічної рівноваги природної системи, яка підтримується регулярним відновленням її основних структур, постійною функціональною саморегуляцією її компонентів, процесами матеріального, енергетичного та інформаційного обміну між компонентами та із зовнішнім середовищем [7–15].

Слід враховувати, що первинна екосистема у наявному вигляді є результатом тривалого попереднього розвитку, під час якого відбувався процес своєрідного відбору вдалих варіантів природних «рішень» та їх урівноваження з умовами середовища. Біотичні угруповання, які реально існують у складі екосистем, також формуються не випадковим чином. У процесі еволюції вони повинні досягти такого видового багатства і такої складності, які сумісні з виживанням більшості популяцій і оптимальним використанням наявних ресурсів [5, 10, 12, 14–17]. Саме так формуються відповідні матеріально-енергетичні та інформаційні зв’язки, процеси створення первинної і вторинної продукції, структура трофічних рівнів, популяції і угруповання мікроорганізмів, рослин і тварин, а також загальний рівень біологічного різноманіття, які характеризують структурно-функціональну організацію екосистеми.

Виходячи з цього, *стабільною* слід називати таку природну екологічну систему, в якій динамічні кількісні зміни структурної організації, функціональних властивостей і різноманіття біотичних компонентів не призводять до якісних перетворень, які б не відповідали її еволюційному розвитку в певних ландшафтно-географічних умовах.

Слід наголосити, що поняття стабільності не передбачає якогось статичного збереження набутих властивостей і параметрів. У будь-якій екосистемі відбуваються процеси, що перетворюють її в часі та просторі. При цьому змінюється склад біоценозу, структура всієї екосистеми, її продуктивність тощо. Такі сукцесійні зміни відбуваються внаслідок дії екологічного

принципу сукцесійного заміщення: природні біотичні угруповання послідовно формують закономірну низку проміжних стадій, що поступово приводять екосистему до найбільш стабільного (в конкретних умовах) стану клімаксу [6, 7]. Така екосистема (головна ознака якої – відносно стійкий, сформований фітоценоз) є кінцевою фазою біогеоценологічної сукцесії, яка перебуває у найбільш повній єдності з біотою та середовищними кондиціями цієї місцевості.

Це природний процес еволюційного розвитку, в якому формування чергової стадії певним чином зумовлене процесами і явищами попередньої. Так, навіть поява з часом – на одній із сукцесійних стадій – нових видів рослин або тварин сама по собі не є катастрофічною якісною зміною біотичної складової екосистеми і може цілком відповідати тенденціям її розвитку (і, власне, забезпечувати їх у подальшому). Саме тому надмірно потужні і непередбачувані антропогенні впливи (не притаманні історії екосистеми) породжують зміни, які переводять її в дестабілізований стан.

Слід підкреслити, що екологічне тлумачення стабільності має певну специфіку. Врештірешт, стабільність є й у каміння та інших об'єктів неживої природи. Наявність біотичних компонентів у складі природних екосистем зумовлює їх термодинамічну «відкритість», що потребує постійної підтримки стабільності проти зрушень ззовні, які через зростання ентропії можуть призвести до їх руйнування [8–10, 13, 18, 19].

Збереження властивостей і функцій екосистем, тобто стабільність функціональна, життєзабезпечувальна, досягається саме завдяки «роботі» механізмів саморегуляції.

Феномен саморегуляції природних екосистем

Процеси саморегуляції природних систем (у тому числі дестабілізованих) мають такі принципові особливості:

- основою процесів саморегуляції екосистем є обмін речовиною, енергією та інформа-

цією як у межах самої екосистеми, так і з навколишнім середовищем (яке не протиставляється екологічній системі, а являє собою іншу систему). Така саморегуляція забезпечується еволюційно сформованими зв'язками наявних компонентів і, в ідеалі, не потребує зовнішнього управління;

- саморегуляція екосистеми, як процес протидії ентропійним процесам, можлива лише за допомогою функцій біотичної (живої) складової (на різних рівнях її організації – видовому, популяційному, біоценологічному). При цьому характерною ознакою саморегуляції біотичних компонентів є принципова схема «життя за рахунок смерті», в якій відбувається регулярне виведення первинних елементів і заміна (видозміна) їх унаслідок реалізації різних адаптивних стратегій;

- на відміну від організмів, які завдяки саморегуляції підтримують сталість свого внутрішнього середовища (гомеостазу), такі надорганізменні системи, як екосистеми і біогеоценози, підтримують також свій видовий склад і певні властивості абіотичного середовища;

- саморегуляція екосистем спрямована на збереження структури і функції в їх взаємозв'язку. Це здійснюється з урахуванням просторових і часових координат існування компонентів екосистеми і процесів (взаємодій), що відбуваються в ній;

- саморегуляція екосистем в умовах їх дестабілізації спрямована не лише на підтримання природного системного гомеостазу, а й на компенсацію чужорідних зовнішніх впливів, не притаманних історії розвитку екосистеми, а отже, антропогенну дестабілізацію екосистем, відповідні зміни їх структурно-функціональної організації та їх адаптивну перебудову (якщо така можлива) слід розглядати крізь призму чинників і напрямів еволюції екосистем на сучасному етапі взаємин Людини і Біосфери;

- екосистемна саморегуляція як процес не має фіксованого, стаціонарного стану. З іншого боку, здійснення цього процесу може приводити до різних варіантів стабільних станів.

Виходячи з цього, принциповою основою підходів щодо оптимізації складних техноеко-

систем є підтримання матеріальних, енергетичних та інформаційних процесів, які відповідають природному стану первинної екосистеми та історії її еволюційного розвитку в певних ландшафтно-географічних умовах її існування.

Основним механізмом саморегуляції екосистем є формування комплексу зворотних зв'язків: підтримання сталості властивостей елементів і системи в цілому забезпечується завдяки негативним, а їх зміна і розвиток — завдяки позитивним зворотним зв'язкам. Функціонування і адаптивна перебудова комплексу цих зв'язків забезпечують можливість здійснення необхідних матеріальних, енергетичних та інформаційних процесів, унаслідок чого досягається підтримання структурних і функціональних параметрів і в цілому — збереження динамічної рівноваги екологічної системи на тлі дестабілізуювальних впливів (як природного, так і антропогенного походження).

Незважаючи на принципову єдність, механізми саморегуляції різних типів екосистем (з урахуванням природної зональності та характеру антропогенних впливів) не можна розглядати як уніфікований «шаблон». Їх дія виявляється специфічною не лише внаслідок індивідуальної історії формування первинної екосистеми, а й через характерну сукупність зовнішніх дестабілізуювальних впливів. При цьому в межах окремо взятої екосистеми механізми саморегуляції можуть мати дублюючий характер (пов'язаний, зокрема, з динамікою домінування окремих біотичних компонентів у складі угруповання, які можуть різнитися за своїми середовищеперетворювальними функціями і особливостями участі в комплексі екосистемних взаємозв'язків і процесів).

Механізми і закономірності дестабілізації природних екосистем під дією антропогенних чинників

Потрібно визначити, які саме екосистеми слід розглядати як дестабілізовані.

Вочевидь, на відміну від *стабільної* екосистеми властивості екосистеми *дестабілізованої* є такими, що не дозволяють ефективного

здійснення природних механізмів саморегуляції, які б забезпечували підтримку рівноваги і спроможність структурно-функціонального розвитку як на рівні окремих компонентів, так і системи в цілому.

Відповідно, можна дати таке формулювання: *дестабілізованою* є екосистема, в якій механізми саморегуляції перестають бути вирішальним фактором збереження характерних для неї структурно-функціональних параметрів, що відображують історію її розвитку. На тлі поширення процесів дестабілізації ці механізми можуть продовжувати діяти, але в іншому кількісному і якісному «форматі», що не гарантує закладену в первинній екосистемі траєкторію розвитку. Отже, ефективна саморегуляція дестабілізованої екосистеми стає одним із випадкових варіантів розвитку подій, а не закономірністю.

Як уже зазначалося, стабільність у відкритих екологічних системах має відносний характер і виражається аж ніяк не статичністю, а навпаки, постійними збуреннями, які відіграють роль природних чинників «дестабілізації». Лапки тут означають, що дестабілізація в цьому випадку — це лише певне відхилення від рівноваги (тобто від певної точки стабільності). Це відхилення перебуває в межах діапазону норми, виробленого еволюційною історією. Це свого роду *природна* дестабілізація, а не дестабілізація в сенсі порушення (руйнування) організації системи. Інтерпретація терміна в останньому сенсі пов'язується з іншими причинами, ніж, наприклад, сезонне пересихання водоєм, періодичні пожежі або динаміка стану кормової бази. Ці причини вносяться в біосферу Людиною і різноманітними формами її діяльності. Найчастіше це відбувається навіть не повною мірою усвідомлено (тобто без урахування можливих негативних наслідків), що, втім, не знижує гостроти проблем, які при цьому виникають.

Які основні антропогенні чинники дестабілізації екосистем? Їх можна поділити на такі групи [3, 4, 7, 11, 20–26]:

- безпосереднє руйнування природних комплексів (вирубання лісів, розорювання степів тощо);

- дії людини, які загострюють природні чинники дестабілізації (зарегулювання водойм, випасання худоби в природних угіддях тощо);

- порушення просторових параметрів екосистем (зменшення кількості й площі доступних місцеперебувань, фрагментація, порушення природного контакту з навколишніми системами, ізоляція, формування природно-антропогенних екотонів);

- створення штучних екосистем і культурних ландшафтів;

- імпорт енергії і речовин (внесення добрив, полютантів тощо);

- експорт енергії і речовин (вилучення врожаю та іншої біомаси тощо);

- маніпулювання видами (селективне вилучення промислово цінних видів, винищення «шкідників», інтродукція, біологічні засоби боротьби тощо).

Ясна річ, цей перелік можна продовжити, проте й зазначених позицій досить для того, щоб охарактеризувати дві основні тенденції негативного впливу антропосфери на процеси природної саморегуляції:

- 1) людина руйнує сформовані, природні механізми, що працюють ефективно;

- 2) людина створює власні механізми управління природою (часто принципово неприродні, чужорідні). Ми беремо на себе регуляцію природних процесів (фактично замінюючи їх штучними), так само як прагнемо регулювати процеси, що відбуваються в суспільстві та економіці. Як зазначав В.М. Беклемішев [27], з цього моменту природні механізми регуляції, що діють автоматично, стають для нас не тільки непотрібними, а й часто шкідливими, оскільки вони спрямовані на підтримання і збереження іншого, колишнього стану біоценозу, а не того, до створення якого ми прагнемо. Штучне середовище «паразитуює» на природному середовищі життєзабезпечення, отримуючи біологічну продукцію для своїх потреб і створюючи та експортуючи інші, переважно небіологічні ресурси (добрива, капітал, вироблену енергію і товари) [6]. Зрештою діяльність людства за масштабами впливу на біосферні процеси стала порівнянною з природними факторами, які ра-

ніше визначали розвиток біосфери [11, 23, 28]. І сталося це всього лише за останні 150 років.

Зазначені тенденції врешті призводять до ініціації, розширення і посилення процесів дестабілізації природних екосистем.

Основними **ознаками** дестабілізації (насамперед під дією антропогенних впливів) є такі зміни екосистеми:

- порушення кібернетичних механізмів екосистемної саморегуляції, а саме: низька ефективність зворотних зв'язків, які не можуть повною мірою виконувати регуляторну функцію, компенсуючи негативні зовнішні впливи;

- збіднення біорізноманіття, спрощення структури його рівнів;

- порушення просторової цілісності популяцій і угруповань, зростання ступеня їх фрагментації;

- порушення екологічних зв'язків у всій їх розмаїтості (матеріальних, енергетичних, інформаційних);

- зростання чутливості біотичних компонентів до дії другорядних факторів;

- порушення рівноваги функціональних груп (продуцентів, консументів різних рівнів, редуцентів), ослаблення ролі функціонально важливих видів;

- перебудова збалансованої конфігурації екологічних ніш;

- низька ефективність використання ресурсних компонентів середовища;

- вихід за межі екологічної толерантності основних видів біотичного угруповання;

- зниження біотичного потенціалу, різкі коливання чисельності фонових видів, збільшення частки рідкісних і вразливих;

- зниження плодючості, темпів зростання особин, тривалості їх життя;

- спалахи чисельності «шкідливих» видів тварин, що призводять до значного порушення фітоценозу;

- вторгнення та інтенсивне розмноження інвазійних видів рослин і тварин, що спричинює перебудову трофічних зв'язків та депресію популяцій аборигенних видів.

Важливим критерієм збереження стабільності екосистеми є характер наступної фази її

розвитку — чи не є вона початком переходу до критичного стану, після якого відбуватиметься деградація. Як симптом дестабілізації можна розглядати ситуацію, коли наступна фаза або непередбачувана, або йде у напрямі втрати важливих структурно-функціональних компонентів біорізноманіття.

Передбачення наступної фази в розвитку екосистем, порушених на тлі антропогенної трансформації, — це не тільки важлива теоретична проблема загальної екології, а й основне практичне завдання в галузі розроблення технологій природокористування та охорони природи, що зумовлює необхідність комплексного вивчення феномену стабільності екосистем та закономірностей виникнення й розвитку процесів їх дестабілізації.

Основним механізмом дестабілізації природних систем (залучених до складу складних техноекосистем) є поступове накопичення змін їх структурно-функціональної організації під впливом чужорідних факторів, спричинених господарською діяльністю людини.

Важливим аспектом розуміння характеру і спрямованості цих процесів є облік таких параметрів впливу, як періодичність (імпульсні, постійні, непередбачені впливи) та інтенсивність. До певної межі вплив дестабілізуючих факторів може бути нейтралізований дією еволюційно вироблених механізмів природної саморегуляції. Проте в ряді випадків (коли антропогенний вплив є надмірним за тривалістю, масштабом або інтенсивністю) функціональний потенціал цих механізмів виявляється недостатнім. У результаті первинна природна система, згідно із законом перетворення кількісних змін у якісні, переходить в один з варіантів дестабілізованого стану як на рівні окремих компонентів, так і системи в цілому.

Серед основних закономірностей дестабілізації екосистем слід вказати зазвичай непомітний початковий етап порушення природної рівноваги, що відображує провідну роль інформаційних (нелінійних) взаємодій, які лежать в основі механізмів саморегуляції екосистем. З іншого боку, на такому початковому

етапі характер і ступінь можливої дестабілізації (і подальшої трансформації) екосистеми є важко передбачуваними.

Усе це зумовлює складність розв'язання проблем збереження та відновлення природних компонентів (тобто первинної екологічної системи) у межах складних техноекосистем і, відповідно, необхідність встановлення певних **показників** їх дестабілізації як складової частини розроблення технологій природокористування та охорони природи.

Зрозуміло, що для таких складних систем, як природні екологічні системи, такий показник не може бути виражений у вигляді однієї цифри. Власне, «показником» у цьому випадку є наявність деякого результату тих чи інших змін, що оцінюється за певними критеріями.

Систему цих критеріїв можна подати в такому вигляді.

Просторовий критерій дозволяє диференціювати такі основні показники дестабілізації екосистем, як:

- зменшення площі доступної території та різноманіття придатних біотопів;
- фрагментація місцеперебувань біотичних компонентів;
- обмеження індивідуальних і групових територій;
- порушення просторової цілісності популяцій і угруповань;
- порушення процесів просторового та біогеоценотичного розподілу;
- зміна напрямків та інтенсивності міграційних переміщень.

За **часовим критерієм** показниками дестабілізації екосистем є:

- зниження темпів зростання та тривалості життя особин;
- зміна сезонних ритмів;
- уповільнення сукцесійних змін.

За **структурним критерієм** показниками дестабілізації екосистем є:

- зміна (зниження, різкі коливання) чисельності фонових видів, збільшення частки рідкісних і вразливих;
- зниження плодючості;

- перебудова або руйнування популяційних структур (вікової, статевої, генетичної, фенотипічної, етологічної);
 - зміни видової структури угруповань (зміна домінування, «втеча» підлеглих видів, поява адвентивних видів);
 - спалахи чисельності «шкідливих» видів тварин, що призводять до значного порушення фітоценозу;
 - вторгнення та інтенсивне розмноження інвазійних видів рослин і тварин, що спричинює депресію популяцій аборигенних видів;
 - руйнування ядер типовості;
 - зникнення унікальних популяцій і угруповань;
 - загальне збіднення біорізноманіття, спрощення структури його рівнів.
- За **функціональним критерієм** показниками дестабілізації екосистем є:
- порушення екологічних зв'язків у всій їх розмаїтості (матеріальних, енергетичних, інформаційних);
 - порушення кібернетичних механізмів екосистемної саморегуляції, а саме, низька ефективність зворотних зв'язків, які не можуть повною мірою виконувати регуляторну функцію, компенсуючи негативні зовнішні впливи;
 - зменшення ступеня засвоєння енергетичної дотації (сонячної енергії);
 - зниження багатства і доступності життєзабезпечувальних компонентів середовища;
 - низька ефективність використання ресурсних компонентів середовища;
 - порушення рівноваги функціональних груп (продуцентів, консументів різних рівнів, редуцентів);
 - ослаблення середовищеперетворювальної функції біотичних компонентів;
 - порушення трофічної структури угруповань;
 - загострення внутрішньо- і міжвидової конкуренції;
 - перебудова збалансованої конфігурації екологічних ніш;
 - вихід за межі екологічної толерантності основних видів біотичного угруповання;
 - зниження біотичного потенціалу;

- зростання чутливості біотичних компонентів до дії другорядних факторів;
- накопичення токсикантів в організмі і середовищі існування.

Очевидно, що зазначені показники адекватні ознакам дестабілізації екосистем. Проте слід наголосити, що *ознаки* відображують наявність процесу дестабілізації як такого; його кінцевий результат до певного етапу може бути або неявно передбачуваним, або, образно кажучи, «безрозмірним» і оцінюватися переважно якісно. У свою чергу, *показники* дестабілізації відображують «результативність» тих чи інших негативних процесів і можуть бути виражені ступенем переходу якісних змін у кількісні.

Отже, аналіз показників дестабілізації екосистем зводиться до вирішення питання: якою мірою впливи, що дестабілізують екосистему, видозмінюють її елементи і взаємозв'язки між ними (виходячи з вищенаведених критеріїв) відносно тих елементів і взаємозв'язків, які забезпечують динамічний гомеостаз екосистеми на певному етапі її еволюційного розвитку (з урахуванням актуальних просторово-часових координат і ландшафтно-географічних умов її існування).

Розгляд сукупності дестабілізаційних змін дозволяє оцінити дієвість наявних механізмів екосистемної саморегуляції, потенціал їх стійкості, можливість переходу до іншого стану рівноваги (якого б не було за відсутності відповідних чинників) або ступінь нерівноважності нового дестабілізованого стану з прогнозом подальшої динаміки.

Визначення загального показника дестабілізації природної системи можна здійснювати інтегральним аналізом окремих показників (за наведеними критеріями) з урахуванням «ваги» кожного з них і встановленням найбільш значущих (домінуючих).

Деякі прикладні аспекти дослідження дестабілізованих екосистем

Не викликає сумнівів, що пізнання процесів антропогенної дестабілізації екологічних систем має велике науково-теоретичне значення.

Проте також об'єктивною при цьому уявляється широка перспектива практичного застосування результатів цих досліджень. У рамках цього обговорення хотілося б позначити такі ключові аспекти.

Структура складної техноекосистеми поряд з природними системами включає технологічну, соціальну та економічну компоненти. При всій взаємозалежності цих складових кожна з них має власні «інтереси» та відповідні траєкторії розвитку. Всі зусилля щодо гармонізації взаємовідносин Людини і Природи будуть марними без чіткого розуміння взаємозв'язку цих інтересів і траєкторій. Не можна планувати природокористування лише як економічне завдання, не беручи до уваги явища і процеси, які вирішення такого завдання викликає у структурних і функціональних блоках екосистем. Ми не маємо права один із базових принципів екології Коммонера — «за все треба платити» — відносити лише на рахунок екосистеми, яка нібито й повинна платити. Інакше економічне зростання і досягнуті стандарти життя населення будуть лише ширмою, що не дозволить вчасно розгледіти «початок кінця» природної компоненти — фундаменту техноекосистеми. Техносоціосфера, яка не помітила цього і продовжує егоїстично прагнути до максимальної продуктивності, неминуче загрузне в кризи, породжуваних усе більшою дестабілізацією біосферного середовища існування і буде відкинута назад із завойованих економічних і соціальних позицій. У такій ситуації говорити про сталий розвиток цивілізації буде недоречно. Або взагалі пізно.

У пошуку спільної мови між техно-, соціо- та екосферами основним орієнтиром має стати ідея про співвідношення економічних інтересів виробництва з необхідним запасом стійкості та саморегуляційної здатності екосистем. Природні системи слід розглядати як ключовий ресурс збереження умов довкілля для існування людства в сьогоденні і майбутньому; цей ресурс повинен мати статус економічної категорії. З цього випливає, що збереження біорізноманіття — це капіталовкладення, а не ціна; вартість біорізноманіття

має бути відображена в системі підрахунку національного доходу, а збереження біорізноманіття — бути пріоритетною метою державної політики [1]. А ось кінцева продукція виробництва якраз і повинна мати екологічну ціну (зокрема, яку сплачуватимуть майбутні покоління), і її слід враховувати під час прийняття рішень.

Найголовнішими прикладними завданнями екологічної науки в цьому руслі стають вивчення саморегуляційного потенціалу природних систем, що експлуатуються; встановлення гранично допустимих рівнів їх дестабілізації (тобто «Скільки ще дестабілізації ми можемо собі дозволити?»); визначення симптомів «початку кінця» природної компоненти техноекосистеми («Чи не є ця стадія останньою?») і розроблення заходів щодо запобігання йому.

Подальший розвиток досліджень процесів антропогенної дестабілізації екосистем є затребуваним передусім у напрямі вирішення таких проблем:

- збереження і підтримання ефективних природних процесів, що забезпечують оптимальні параметри планетарної оболонки життя, подарованої Людині Природою;
- відновлення порушених природно-ландшафтних комплексів;
- охорона біорізноманіття;
- розроблення і впровадження екологоорієнтованих (ресурсощадних, мало- або безвідходних) технологій природокористування.

Практичну важливість викладеного підходу проілюструємо на прикладі земельних ресурсів. Науковими дослідженнями і накопиченим уже досвідом доведено, що сталий розвиток сільськогосподарської сфери можна реалізувати лише в разі досягнення таких показників використання земельних ресурсів: рілля — до 40–50%; луки — до 20–30%; ліси — до 15–25%; заповідні території — до 7–15%. Зараз у центральних і південних областях України розораність земель сягає 80%, і нічого на державному рівні не передбачено для подолання цієї диспропорції, а отже, для досягнення показників сталого розвитку в сільськогосподарському секторі.

Насправді, має бути розроблена довгострокова програма виведення з обороту до 20% ріллі, компенсувати втрату яких слід підвищенням урожайності на решті площ, для чого потрібно заздалегідь організувати відповідну селекційну роботу тощо.

Цей приклад переконливо свідчить про надзвичайну важливість пізнання самопідтримувального розвитку природних систем, у яких Людина є не просто складовою частиною, а всі показники якості її життя в довгостроковій перспективі залежать від ступеня вписування її господарської діяльності в закони функціонування цих систем.

Завершуючи обговорення питань, порушених у цій статті, хотілося б повернутися до її початку, а саме, до епіграфа. Чи насправді цілі людської цивілізації і Природи несумісні настільки, що будь-які їх взаємодії визначають лише єдиний шлях розвитку подій — у напрямі поглиблення і посилення процесів дестабілізації природних систем, що утворюють біосферу — планетарний базис існування життя?

Якщо відповіддю на це питання є «так», то для людства це буде шлях в один кінець.

І все ж сподіваємося, що менш категоричний і водночас більш позитивний погляд на проблему має свої підстави: адже за всіх розбіжностей в організації, функціонуванні та розвитку соціально-економічних і природних систем їх цілі хоча й різні, але не антагоністичні: Людина не прагне цілеспрямовано знищити Природу, Природа не має наміру знищити Людину [1, 21, 23]. Більше того, у світлі вищенаведеного слід прямо наголосити, що сам процес регуляції взаємодій техно- та біосфери в межах раціонального, екологічно спрямованого природокористування (з акцентом на нагальну необхідність вирішення проблем відновлення та оптимізації дестабілізованих екосистем) має будуватися на основі імперативу збереження і підтримання еволюційно вироблених процесів природної саморегуляції.

Зрозуміти ці процеси, гармонізуватися з ними, оволодіти мистецтвом їх збереження і використання — ось наше пріоритетне завдання, вирішення якого забезпечить більш оптимістичну перспективу для розвитку цивілізації, який ми з надією називаємо «сталим».

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Bukhareva E.N., Aleshchenko G.M. The problem of optimizing the relationship between humans and wildlife and biodiversity conservation strategies. *Advances in modern biology*. 1994. **114**(2): 133.
[Букварева Е.Н., Алещенко Г.М. Задача оптимизации взаимоотношения человека и живой природы и стратегии сохранения биоразнообразия. *Успехи современной биологии*. 1994. Т. 114, № 2. С. 133–143.]
2. Shapar A.G., Polishchuk S.Z., Antonov V.V. et al. *Methodical approaches to the choice of sustainable development strategy for the territory*. (Dnepropetrovsk, 1996).
[Шапарь А.Г., Полищук С.З., Антонов В.В. и др. *Методические подходы к выбору стратегии устойчивого развития территории*. Днепропетровск, 1996.]
3. Trubetskoi K.N., Galchenko Yu.P., Burtsev L.I. Protection of the environment during the development of the Earth's interior. *Vestnik of the Russian Academy of Sciences*. 1998. **68**(7): 629.
[Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Охрана окружающей среды при освоении земных недр. *Вестник РАН*. 1998. Т. 68, № 7. С. 629–637.]
4. Shapar A.G., Emetz M.A., Kopach P.I. et al. *Methodical instructions for the working out of the regional strategies of the sustainable development*. (Dnipropetrovsk: Monolit, 2003).
[Шапар А.Г., Емец М.А., Копач П.И. та ін. *Методичні вказівки з розробки регіональних стратегій сталого розвитку*. Д.: Моноліт, 2003.]
5. Pianka E. *Evolutionary ecology*. (University of Washington, 1965).
[Пианка Э. *Эволюционная экология*. М.: Мир, 1981.]
6. Odum Yu. *Ecology*. (New York, Holt, Rinehart and Winston, 1963).
[Одум Ю. *Экология*. М.: Мир, 1986.]

7. Bigon M., Harper J., Townsend K. *Ecology. Individuals, populations and communities*. (Wiley-Blackwell, 1996).
[Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. *Экология. Особи, популяції та спільноти*. М.: Мир, 1989.]
8. Shmalhausen I.I. *Cybernetic issues of biology*. (Novosibirsk: Nauka, 1968).
[Шмальгаузен И.И. *Кибернетические вопросы биологии*. Новосибирск: Наука, 1968.]
9. Lekevicius E. Information status of the ecosystem. In: *Ecological prognosis*. (Moscow, 1986).
[Лекевичюс Э. Информационный статус экосистемы. В кн.: *Экологический прогноз*. М., 1986. С. 157–163.]
10. Emelyanov I.G. *Diversity and its role in the functional stability and evolution of ecosystems*. (Kyiv, 1999).
[Емельянов И.Г. *Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем*. К., 1999.]
11. Shilov I.A. *Ecology*. (Moscow, 2001).
[Шилов И.А. *Экология*. М.: Высшая школа, 2001.]
12. Bezabih M., Gebäck T. Environmental change and the contribution of biodiversity to ecosystem adaptation. *Natural Resource Modeling*. 2010. **23**(2): 253. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1939-7445.2010.00063.x>
13. Reuter H., Jopp F., Blanco-Moreno J.M. et al. Ecological hierarchies and self-organisation – Pattern analysis, modelling and process integration across scales. *Basic and Applied Ecology*. 2010. **11**(7): 572. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baee.2010.08.002>
14. Cadotte M.W., Carscadden K., Mirotchnick N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*. 2011. **48**(5): 1079. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>
15. Turnbull L.A., Levine J.M., Loreau M. et al. Coexistence, niches and biodiversity effects on ecosystem functioning. *Ecology Letters*. 2013. **16**: 116. <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12056>
16. Klemmer A.J., Wissinger S.A., Greig H.S. et al. Nonlinear effects of consumer density on multiple ecosystem processes. *Journal of Animal Ecology*. 2012. **81**(4): 770. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01966.x>
17. Norris K. Biodiversity in the context of ecosystem services: the applied need for systems approaches. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2012. **367**: 191. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2011.0176>
18. Setrov M.I. *Information Processes in Biological Systems*. (Moscow: Nauka, 1975).
[Сетров М.И. *Информационные процессы в биологических системах*. М.: Наука, 1975.]
19. Kleidon A., Malhi Y., Cox P.M. Maximum entropy production in environmental and ecological systems. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2010. **365**: 1297. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2010.0018>
20. Jacobs J. Diversity, stability and maturity in ecosystems influenced by human activities. In: *Unifying concepts in ecology*. (The Hague, 1975).
21. Korableva A.I., Shapar A.G., Gerbilsky L.V., Polishchuk S.Z. *Anthropogenic problems of ecology*. (Dnepropetrovsk: Promin, 1997).
[Кораблева А.И., Шапарь А.Г., Гербильский Л.В., Полищук С.З. *Антропогенные проблемы экологии*. Д.: Промінь, 1997.]
22. Antipova A.V. Anthropogenization and ecotonization of landscapes as a natural-historical process. In: *Nature and self-organization of society*. (Moscow, 2002). P. 196–198.
[Антипова А.В. Антропогенизация и экотонизация ландшафтов как естественноисторический процесс. В кн.: *Природа и самоорганизация общества*. Сер. Социально-естественная история. Генезис кризисов природы и общества в России. М.: Московский лицей, 2002. Вып. 22. С. 196–198.]
23. Shapar A.G. Noospheric considerations about some ways of biodiversity restoration. *Ecology and Nature Management*. 2008. **11**: 6.
[Шапар А.Г. Ноосферні міркування щодо деяких шляхів відтворення біорізноманіття. *Екологія і природокористування*. 2008. Вип. 11. С. 6–10.]
24. Mikheyev O.V. Indirect information processes of mammals in forest biogeocoenoses of south-east of Ukraine. Thesis for the doctor degree (Biology). (Dnipropetrovsk: Oles Honchar National University of Dnipropetrovsk, 2010).
[Міхеев О.В. Опосередковані інформаційні процеси ссавців у лісових біогеоценозах південного сходу України. Дис... д-ра біол. наук. Д.: ДНУ ім. Олеся Гончара, 2010.]
25. Milner-Gulland E.J. Interactions between human behaviour and ecological systems. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2012. **367**: 270. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2011.0175>
26. Lade S.J., Tavoni A., Levin S.A. et al. Regime shifts in a social-ecological system. *Theoretical Ecology*. 2013. **6**(3): 359. <http://dx.doi.org/10.1007/s12080-013-0187-3>
27. Krasnoshchekov G.P., Rosenberg G.S. *Ecology "in the law" (theoretical constructions of modern ecology in quotations and aphorisms)*. (Tolyatti, 2001).

[Краснощеков Г.П., Розенберг Г.С. Экология «в законе» (теоретические конструкции современной экологии в цитатах и афоризмах). Тольятти, 2001.]

28. Shmatkov G.G. Some thoughts of morality in attitude towards nature environment. *Ecology and Nature Management*. 2008. **11**: 11.

[Шматков Г.Г. Некоторые размышления о нравственности в отношении к окружающей природной среде. *Екологія і природокористування*. 2008. Вип. 11. С. 11–17.]

Стаття надійшла 23.09.2017

A.G. Shapar, A.V. Mikheyev

Institute for Nature Management Problems and Ecology
of National Academy of Sciences of Ukraine (Dnipro)

CONCEPTUAL APPROACHES TO UNDERSTANDING OF PROCESSES OF ANTHROPOGENIC DESTABILIZATION OF ECOLOGICAL SYSTEMS

The problems of ecological systems destabilization under the influence of anthropogenic factors in the process of economic use of natural resources are considered. Based on the notions of ecological stability and the mechanisms of natural self-regulation, the essence of the processes of ecosystems destabilization is analyzed, the reasons for their emergence and the development tendencies are discussed. The signs reflecting the presence of the destabilizing process of the ecological component of complex techno-ecosystems are determined. A system of criteria is proposed to establish indicators of destabilization, which are the results of various changes in the structural and functional organization of ecosystems. The necessity of preserving and maintaining the evolved processes of natural self-regulation as a condition for the stable functioning of complex techno-ecosystems and the basis for carrying out measures for restoring and optimizing of destabilized ecosystems is discussed. The solution of these problems should be considered as a priority task in the development and implementation of sustainable development strategies with the aim of harmonizing the interaction of the techno- and biosphere within the framework of rational nature management.

Keywords: ecological stability, natural mechanisms of self-regulation, anthropogenic factors, structural and functional organization of ecosystems, rational nature management, nature protection.