

Секція 5

Екологічна безпека держави в контексті традиційних і нових загроз навколишньому середовищу

Грубінко В.В.

д.б.н., професор,
завідувач кафедри загальної біології
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

СТІЙКІСТЬ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК БІОЛОГІЧНИХ І СОЦІО-ПРИРОДНИХ СИСТЕМ

Людина підкорила собі планету і тепер повинна навчитися управляти нею, досягнути непросте мистецтво бути лідером на Землі. Якщо вона знайде в собі сили повністю і до кінця усвідомити всю складність і неусталеність свого нинішнього стану і прийняти на себе певну відповідальність, якщо вона зможе досягнути того рівня культурної зрілості, яка дозволить їй здійснити цю нележку місію, тоді майбуття належить їй.

А. Печчеї

Стійкість природних систем як їх структурно-функціональний феномен. *Стійкість* (англ. *Stability*) – це якість, що дозволяє системі витримувати зміни параметрів зовнішнього середовища, відмінні від розрахункових. Систему може бути названо «стійкою», якщо вона в змозі впоратися з варіаціями (іноді непередбачуваними) в операційному середовищі з мінімальними: збитком, зміною або втратою функціональності.

У 1884 р. А. Ле Шательє сформулював принцип, згідно з яким будь-які зовнішні впливи, що виводять систему зі стану рівноваги,

викликають у цій системі процеси, що намагаються послабити зовнішній вплив і повернути систему в початковий рівноважний стан. Спершу вважалося, що принцип Ле Шательє можна застосовувати до простих фізичних та хімічних систем. Подальші дослідження показали можливість застосування принципу Ле Шательє і до таких великих систем, як популяції, екосистеми, і навіть до біосфери. Наприклад, принципу Ле Шательє підпорядковується екосистема Світового океану. Його біота поглинає до половини вуглекислого газу атмосфери і тим компенсує підвищене надходження антропогенного вуглекислого газу. Але живі істоти суходолу вже виведена зі стану, коли вона підпорядковувалася цьому принципу, і в наш час наземні екосистеми в сумі виділяють більше вуглекислого газу, ніж в доантропогенну еру. Тому ступінь досягнутої стабільності досить різноманітна і залежить як від сили і частоти дії факторів середовища, так і від ефективності внутрішніх механізмів управління. Як здійснюється ця регуляція? Нею зайнята біота – сукупність всіх організмів флори і фауни, тобто всіх рослин, тварин, бактерій і грибів. Вплив її на довкілля зводиться до синтезу органічних речовин рослинами з неорганічних і розкладання органічних фауною на неорганічні. Швидкість синтезу визначає продукцію, а швидкість розкладання – її деструкцію.

До початку XIX ст. біосфера ефективно компенсувала вплив на живі істоти і біосферу. Тим більше, що загальна антропогенна частка споживання її продукції не перевищувала 1%. Але з розвитком промисловості і застосуванням викопних видів палива біота вже не могла встигати за зростанням забруднення. До того ж сили її були істотно підірвані скороченням лісів і розширенням площі сільськогосподарських угідь. У результаті дія принципу Ле Шательє в біосфері, починаючи з XIX ст. сповільнилася. При збереженні або зростанні сучасного антропогенного навантаження стійкість середовища може бути зруйнована. Для розуміння ситуації розкриємо характер функціонування природної біоти і досягнення високої точності контролю за зміною величин синтезу і розкладання органічних речовин. Основний принцип, що визначає функціонування життя на будь-яких рівнях, це конкретна взаємодія автономних, некорельованих між собою одиниць структури. Будь-які живі істоти є

складними утвореннями на молекулярному, клітинному, організовому, соціальному рівнях. Головною особливістю життя є те, що будь-який конкретний тип скорельованості в біоті завжди є нестійким і розпадається з плином часу. Для організму цей розпад відповідає смерті. Більш того, в послідовному ряду нащадків однієї особини відбувається неминуче, експериментально підтвержене накопичення спадкової програми змін. Для збереження рівня організації популяції особини повинні або вилучатися з процесу розмноження, або тим чи іншим способом виключатися з популяції. Це може бути забезпечено тільки нормальними особинами, що мають найбільшу конкурентоспроможність (вищу самоорганізацію) в природних умовах. З відхиленням умов від природних, тобто з виходом популяції з її екологічної ніші, кореляційні зв'язки особини з навколишнім середовищем руйнуються і конкурентоспроможності нормальних і ослаблених особин вирівнюються. Відносне число ослаблених особин збільшується, а нормальних зменшується так, що стає можливим виродження і навіть вимирання виду.

Найбільш складним видом скорельованості серед живих об'єктів – узагальнених особин – є скорельованість організмів різних видів в угрупованнях. Саме цей тип скорельованості забезпечує біотичну регуляцію і виконання принципу Ле Шательє в біосфері по відношенню до зовнішніх збурень навколишнього середовища. Виникнення угруповань зв'язано не тільки з необхідністю управління біотою навколишнім середовищем і підтримкою замкнутості кругообігів речовин за відсутності зовнішніх збурень. Для цього кожен вид в скорельованій взаємодії з іншими видами угруповання виконує строго певну роботу щодо стабілізації навколишнього середовища. В умовах, коли штучно подаються необхідні поживні речовини і виділяються відходи, спільноти розпадаються. Приклад тому міські птахи, домашні тварини, культурні рослини тощо. Аналогічно конкретним клітинам і організмам кожне конкретне угруповання має кінцеві розміри і розпадається з плином часу, поступаючи місцем новому конкурентоспроможному об'єднанню. Представлений спосіб стабілізації біоти і навколишнього середовища забезпечує також і еволюцію біологічних форм. Закріпитися в біосфері можуть лише форми, які не призводять до зменшення конкурентоспроможності.

Еволюційний процес біосфери надзвичайно повільний. Помітна зміна складу біосфери, тобто перехід біоти і навколишнього середовища з одного стійкого стану в інший, відбувається упродовж мільйонів років. Напрямок еволюції завжди визначається зростанням конкурентоспроможних форм життя. Причина цьому, умови різкої обмеженості ресурсів біосфери, т.з. умови вкрай далекі від достатку, в яких протікає еволюція.

Оцінка (критерії) стійкості. Виходячи з дефініції поняття «*стійкості*» її оцінка або порушення визначається «ступенем виходу» ключових (визначальних) параметрів функціонування живих систем за межі їх структурно-функціональної єдності та успішності і результативності життєдіяльності (еквівісальності) [1].

Для оцінки стійкості екосистем запропоновано поняття «*екологічний резерв екосистеми*», (введене Ю. А. Ізраєлем (1989): «*Екологічний резерв екосистеми – це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми*» [4]. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі зміни, що не руйнують екосистему. На жаль, методів оцінки екологічного резерву екосистем різного типу поки що немає. У багатьох випадках екологічний резерв екосистем оцінюється інтуїтивно.

У 2008 р. Гандзюра В. П. та Грубінко В. В. ввели і обґрунтували поняття «*шкодочинності*» [2]. «**Шкодочинність – здатність певного чинника знижувати стан благополуччя системи: $H_f = 1 - D_f$ (determining function)**». Ранжуючи функцію благополуччя системи у відсотках від референційного (природного) стану системи (який приймається за 100%), можна кількісно оцінити шкодочинність за зниженням функції (*визначальної, критичної*) благополуччя системи до нульових значень, нижче яких система припиняє своє існування. Виходячи з цього, на організмовому рівні стійкість може визначатися здатністю організму успішно зреалізовувати функції росту, розмноження та розвитку (еволюціонування або, як мінімум, адаптація), що забезпечують екологічну толерантність (згідно принципу Шелфорда). Вихід за межі норми реакції елімінує організм (вид) або є підґрунтям для еволюційного стрибка. Популяційно-видовий рівень характеризується торофічною активністю, конкурентністю та продуктивністю, що визначає «доцільність» присутності (чи існування)

виду у конкретних просторово-екологічних умовах. Екосистемний та біосферний рівень згідно з постулатами В. І. Вернадського успішний, коли забезпечує стійкий колообіг речовин та трансформацію енергії, які характеризуються швидкістю та ємністю (рис. 1).

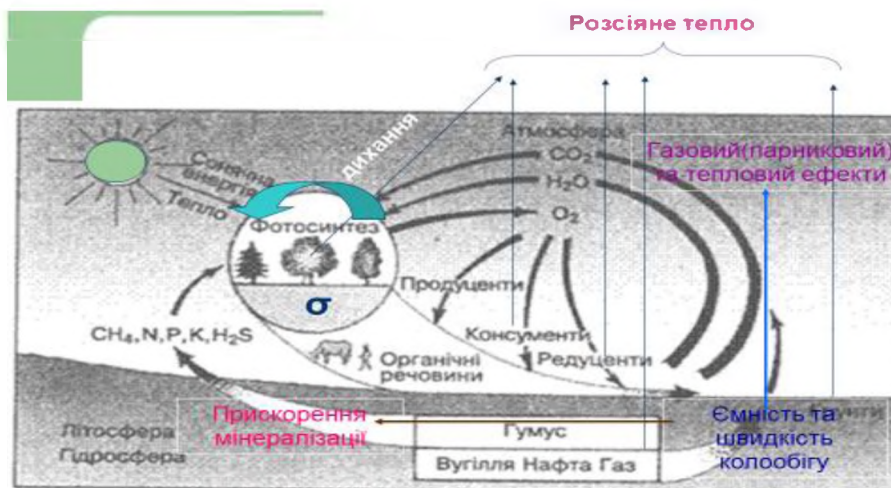


Рис. 1. Ємність і швидкість колообігу речовин (авт.)

Приміром, видобування і спалювання значної кількості викопних копалин призвело до відомого «парникового ефекту», що викликав стійкі кліматичні зміни через накопичення у результаті недостатньої буферної ємності Світового океану для поглинання вуглекислоти та нездатності рослинності фіксувати її у таких кількостях. Крім того, спостерігається чітка тенденція до мінералізації та зниження родючості ґрунтів.

Типи стійкості.

1. *Пружня стійкість* – система у відповідь на збурюючий вплив виходить зі стану рівноваги, але повертається до вихідного стану з припиненням дії цього чинника. Прикладом є пірогенні угруповання, що час від часу вони практично знищуються внаслідок пожеж, але досить швидко відновлюються. Каліфорніські зарості чапараллю після пожежі поновлюються повністю за кілька років. Одним з різновидів пружної стійкості є екосистеми імпульсної стабільності. Саме їхнє існування базується на значних коливаннях. Це, зокрема, екосистеми тимчасових водойм.

2. *Резистентна стійкість* – система тримається до певної межі (певних значень) збурюючого фактору, але коли його значення перевищать певну межу – виходить зі стану рівноваги, до якого вже

може не повернутися навіть після повного припинення збурюючого впливу. Прикладом є каліфорнійські секвойні ліси досить стійкі до пожеж (товстий шар кори тощо), але при згоранні лісу він відновлюється вкрай повільно або ж не відновлюється зовсім.

Рівні стійкості.

Видовий: на рівні організмів, правило оптимума – закон екологічної толерантності Шелфорда.

Системний: збереження структури і нормальне функціонування екосистеми при зміні екологічних факторів. Адаптації організмів до зміни факторів забезпечують певну ступінь стійкості екосистем, до складу яких вони входять. Однак екосистема порівняно з окремими видами організмів має більшу ступінь надійності функціонування, бо на системному рівні формуються і розвиваються нові системні механізми забезпечення стійкості і живучості екосистем, що відсутні у окремих видів. Еволюційно вироблені пристосування екосистем до змін факторів називають адаптаціями екосистем [1, 5, 7].

Фактори стійкості. Стійкість забезпечується безперервним потоком енергії, який задає та підтримує колообіг речовин, а також розвиненими інформаційними мережами, що включають потоки фізичних і хімічних сигналів, що зв'язують всі частини системи і керуючих (або регулюючих) нею як одним цілим. У результаті взаємодії колообігу речовин та потоків енергії, а також сигналів зворотного зв'язку від субсистем (коли частина сигналів з виходу надходить на вхід) в екосистемах виникає саморегулюючий гомеостаз без регуляції ззовні (як це буває в механічних системах; наприклад, у звичайній системі регулювання температури в приміщенні термостат управляє піччю) або «постійної точки» (так у теплокровних тварин регуляція температури тіла здійснюється спеціальним центром в мозку). Керуючі функції екосистеми зосереджені всередині неї та дифузні, а не спрямовані назовні, та спеціалізовані. У число керуючих механізмів, що діють на рівні екосистеми, входять мікробні субсистеми, що регулюють накопичення і вивільнення біогенних елементів, поведінкові механізми та субсистеми «хижак–жертва», що регулюють щільність популяції та ін.

Концепція сталого (збалансованого) розвитку. Сталий (збалансований) розвиток – це сучасна найбільш поширена концепція

взаємодії суспільства і природи, узгодження між економічним та соціальним розвитком суспільства і збереженням довкілля. “Сталий розвиток – це такий розвиток суспільства, за якого задоволення потреб нинішнього покоління не має ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби” [3].

Ідея сталого розвитку виникла у 1983 р. з ініціативи ООН, коли була створена Міжнародна комісія з довкілля та розвитку. Очолила комісію п. Гро Харлем Брутланд [8, 10]. У 1987 р. Генеральною Асамблеєю ООН заслухано і схвалено доповідь комісії “Наше спільне майбутнє” [6], у якому сформульовано принцип сталого розвитку як основну стратегію взаємодії природи і суспільства.

Екологічні загрози, що були причиною виникнення ідеї сталого розвитку [7]:

- загрозові наслідки впливу діяльності людини на довкілля: потепління клімату; збіднення озонового шару; кислотні дощі; накопичення в ґрунтах токсичних відходів, важких металів та пестицидів; загроза біорізноманіттю; забруднення радіонуклідами ;

- погіршення економічних і соціальних умов у багатьох країнах світу, зростання чисельності населення, яке проживає в умовах злиднів;

Основні принципи сталого розвитку:

- принцип “задоволення потреб”: найбільшу увагу слід приділяти задоволенню потреб найбільш вразливих країн світу;

- принцип “встановлення обмежень”: на стан технології і на розвиток людства мають накладатися обмеження задля збереження довкілля; враховуються також обмеження у спроможності біосфери ліквідувати наслідки діяльності людства.

Документи, у яких закріплено Концепцію сталого розвитку:

1. Програма дій “Порядок денний на 21 століття”, схвалена в червні 1992 р.: засвідчує встановлення глобального партнерства країн світу для досягнення сталого розвитку суспільства.

2. Декларація Ріо “Про екологічний та економічний розвиток”: визначає права й обов’язки держав світу у рамках концепції сталого розвитку.

3. Документи Конференції ООН з населених пунктів (ХАБІТАТ–II): проголошує основні принципи сталого розвитку населених пунктів.

4. Програма “Ріо +10”: оцінює успіхи на шляху просування до сталого розвитку.

Сталий розвиток щодо проблем суспільства. Сталий розвиток щодо розвитку суспільства означає покращення якості життя людей з таких головних напрямків: 1) соціальне та економічне забезпечення; 2) екологічно сприятливе середовище для життя; 3) підвищення безпеки життя; 4) покращення стану здоров'я. Критерієм успішності сталого розвитку є *Індекс людського розвитку*. ІЛР визначається як третина суми індексів тривалості життя, рівня освіти і скоригованого ВВП країни на душу населення. Це є інтегрований показник, який використовується для оцінки можливості людини в окремій країні: 1) прожити довге та здорове життя; 2) здобути освіту; 3) отримати доступ до засобів, які забезпечують гідний і якісний життєвий рівень.

Оцінка відповідності розвитку території принципам СР. “Сталість” території оцінюється за складовими: 1) економіка; 2) соціальний розвиток; 3) екологія; 4) управління територією; 5) законодавство. Територія є несталою, якщо її жителі використовують ресурси швидше, ніж вони можуть відновлюватися, якщо на території продукується більше відходів, ніж та їх кількість, яка може бути перероблена натуральним шляхом або використана для інших потреб. Тому є різниця в цілях сталого розвитку для різних країн. Для розвинених країн причини погіршення стану довкілля – нераціональні структури споживання. Мета – свідоме обмеження споживання природних багатств для того, щоб наступні покоління теж могли ними скористатись. Для країн з перехідною економікою перебудова нераціональної структури виробництва, подолання бідності, ефективне та бережне використання природних ресурсів, впровадження екологічно безпечних сучасних технологій.

Індикатори сталого розвитку. Це показники, які використовують для оцінки стану здоров'я та рівня життя людей, стану довкілля на окремій території, кількісна оцінка впливу людської діяльності на стан довкілля і на стан здоров'я людей, якість і тривалість їхнього життя. Ці показники мають бути єдиними для загальної оцінки певної території чи порівняльної оцінки декількох територій.

Приклади *індикаторів* сталого розвитку:

➤ соціальні індикатори: середня тривалість життя; співвідношення середньої і мінімальної з. пл.; чисельність населення, яке проживає в екологічно небезпечних умовах; зниження дитячої смертності;

➤ економічні: темпи росту ВВП на 1-го жителя; використання природних ресурсів 1 жителів; зміна характеру споживання продуктів;

➤ екологічні: споживання водних ресурсів; площа природно-рекреаційної зони; обсяги побутових відходів та стічних вод.

Україна і сталий розвиток. У 1992 р. підписано Програму дій “Порядок денний на 21 століття”. У 1997 р. на конференції “Ріо +5” українська делегація підтвердила прагнення йти шляхом сталого розвитку. Створено Національну раду сталого розвитку у 1999 році. Розроблено Концепцію та стратегію сталого розвитку України і прийнято закон “Стратегія сталого розвитку “Україна – 2020” [9]. Сталий розвиток розглядається як такий, що не тільки породжує і сприяє економічному зростанню держави, а й справедливо розподіляє його результати, відновлює довкілля та сприяє подоланню бідності”.

Для впровадження принципів сталого розвитку в Україні потрібно:

- 1) розуміння необхідності впровадження принципів сталості;
- 2) партнерство між гілками влади на місцевому, регіональному та державному рівні;
- 3) партнерство між владою, громадянами і громадськими об'єднаннями, приватним сектором;
- 4) наявність громадянського суспільства;
- 5) доступ громадськості до обговорення та прийняття рішень.

Роль громадськості у впровадженні сталого розвитку. Доступ до інформації, активна позиція населення, участь громадян в обговоренні та прийнятті рішень є основними елементами сталого та збалансованого розвитку. У 1999 р. Верховна Рада України ратифікувала Конвенцію “Про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень і доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища”.

Список використаних джерел

1. Грубінко В.В. Структурно-функціональна організація та еволюція живих систем. Тернопіль: ПП «Осадца», 2019. 140 с.
2. Грубінко В.В., Гандзюра В.П. Концепція шкочочинності в екології. Київ-Тернопіль: Вид. відділ ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. 144 с.
3. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие, Уч. пос. Москва: Прогресс-Традиция, 2000. 414 с.
4. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Москва: Гидрометеоиздат, 1984. 560 с.
5. Небел Б. Наука об окружающей среде (как устроен мир). В 2-х т. Перекл. з англ. Москва: Мир, 1993. Т. 1. 420 с.; Т 2. 328 с.
6. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении / Сост. М. Китинг. Женева: SRO-KundigS.A., 1993. 70 с.
7. Реймерс Н.Ф. Антропогенная динамика экосистем. *Научные труды МНЭПУ, серия «Реймерсовские чтения»* / Ред. Н.М. Чернова. Москва: МНЭПУ, 2002. С. 71–96.
8. Резолюція EB111.R17 Виконавчого комітету ВООЗ «Вираз вдячності доктору Гру Харлем Брундтланд. URL: whqlibdoc.who.int/eb/2003/EB111_R17_rus.pdf.
9. Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020». Указ Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015.
10. Strategies for Sustainable Development / Ed. Steve Moguire. *An explanatory Handbook 276-440/640. Montreal (Canada): McGill University, FacultyManagement, 2001. 361 p.*

¹Гандзюра В.П., ²Гандзюра Л.О.

¹д.б.н. наук, професор кафедри екології та зоології