

## КО-ЕВОЛЮЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

*Досліджено механізм ко-еволюції біофізичної, екологічної, соціальної та економічної підсистем. Розглянуто особливості еволюційних процесів цих підсистем. Визначено місце ланцюжка вартості в процесі ко-еволюції економічних підсистем. Запропоновано визначення дефініції збалансований розвиток на підставі ієрархічно-холістичного підходу та наведено умови його досягнення. Наведено символну модель збалансованого розвитку.*

*Co-evolution mechanism of biophysical, ecological, social and economic subsystems is investigated. The features of evolutionary processes of these subsystems are considered. Place of value chains is identified in the co-evolution process of economic subsystems. Determination of sustainable development on the basis of hierarchy holistic approach is offered and the terms of his achievement are resulted. The symbol model of sustainable development is resulted.*

*Ключові слова: ко-еволюція, холіцизм, ланцюжок вартості, збалансований розвиток, модель збалансованого розвитку.*

*Keywords: co-evolution, holistic, value chains, sustainable development, model of sustainable development.*

Посилення економічною конкуренції, що супроводжується зростанням економічної активності, значно підвищує навантаження на природне середовище. Це вимагає зміни принципів та інструментів фінансово-економічного механізму запобігання та ліквідації негативної дії промисловості на природне середовище. Основою даних змін повинна послужити концепція збалансованого розвитку економічної, екологічної та соціальної підсистем.

Серед зарубіжних досліджень, присвячених розкриттю теоретичних і практичних положень принципів екологізації та збалансування економічного розвитку, слід відзначити праці П. Бартелмуса, Р. Галопіна, А. Гора, Г. Делі, Д. Діксона, Д. Месаровіча, Д. Медоуза, Т. Панайотоу, Д. Пірса, Й. Спанженберга та ін. Серед наукових розробок вітчизняних вчених з проблем економіко-екологічного розвитку слід відзначити роботи з дослідження проблем раціонального природокористування шляхом оптимізації розвитку та розміщення продуктивних сил – С. Дорогунцова, А. Федорищева, М. Хвесика, М.І. Долішнього; розробці економічного механізму ресурсозбереження та нормування антропогенного навантаження на екосистеми – Л. Мельника, О. Прокопенко, Є. Хлобистова, М. Чумаченка; формування фінансового, адміністративного та соціально-психологічного інструментарію реалізації екологічної політики – І. Синякевича, Ю. Стадницького, Ю. Туниці; оцінки ефективності та розроблення напрямів з удосконалення економічного механізму управління

природокористуванням – І. Александрова, Б. Буркинського, О. Веклич, В. Міщенко, О. Кучера, А. Садекова, В. Трегобчука; залучення прогресивних підходів активізації природоохоронних інновацій та екологізації економіки – Н. Андрєєва, Б. Буркинського, Л. Гринів, Л. Купінець, С. Харічкова та ін.

Але слід відзначити, що у більшості досліджень сталий розвиток розглядається як розвиток, який задовольняє потреби сучасного покоління, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби. Проте дане визначення не включає два важливі аспекти – територіально-обмежений простір і відмінності в рівні розвитку. Як відомо, економічне зростання, яке є, перш за все, кількісним зростанням, не може бути стійким нескінченно на окремій обмеженій території. При цьому в більшості розвинених країн практичне вирішення питань сталого розвитку полягає в перенесенні шкідливих технологій на інші території. Таким чином, «екологічно чисті» інституціональні правила поведінки господарюючих суб'єктів однієї країни є наслідком «екологічно брудних» інституціональних правил поведінки господарюючих суб'єктів іншої країни. Тому важливого значення набуває дослідження можливості досягнення збалансованого розвитку двох господарюючих популяцій, що функціонують на різних територіях і мають різні рівні економіко-екологічного розвитку.

Слід відзначити, що під розвитком розумітиметься поступова фазова зміна стану процесу із стрибкоподібним переходом в кінці фази на якісно новий рівень [1, с. 309]. Основними властивостями даного процесу є безповоротність, спрямованість і закономірність. У свою чергу, еволюція є одним із основних типів розвитку, який припускає необоротні повільні, поступові кількісні та якісні зміни унаслідок адаптації до умов існування.

Як зазначено вище, однією з ключових проблем при розгляді процесу сталого розвитку є використання редуційного підходу, який припускає дослідження складових процесу окремо. Перехід до холістичного опису вимагає використання нових методологічних підходів до опису розвитку соціально-економічних і екологічних систем. До таких підходів відносять ко-еволюцію – сумісний розвиток двох і більше систем, обумовлений взаємним впливом і зв'язками між цими підсистемами. Ко-еволюція розглядається як взаємний еволюційний процес між взаємодіючими суб'єктами (популяціями, процесами, системами та ін.), що керується природним відбором [2]. Ця концепція відноситься до специфічних, взаємних і сумісних еволюцій між декількома об'єктами. Ко-еволюційний підхід виступає сполучною ланкою між двома науковими дисциплінами – біологією та екологією [3]. Крім того, ко-еволюційний підхід важливий для пояснення рівноваги, що порушується періодично. Це дозволяє пов'язати мікроеволюцію (що пояснюються теорією Ч. Дарвіна) з макроеволюцією (сумісною з теорією Ч. Дарвіна).

Ко-еволюційний підхід дозволив отримати позитивні результати для опису та пояснення економічних процесів. Так, в еволюційній економіці ко-еволюційні процеси використовуються для пояснення того, як інститути та промислова політика впливають на сталий розвиток. Екологічна економіка використовує ко-еволюцію для

дослідження впливу еволюції соціально-економічних систем на біофізичні [3]. У роботах Норгарда було використано принципи ко-еволюції для пояснення розвитку економічної та екологічної систем [4, 5]. Він відзначав, що «соціальні та екологічні системи еволюціонують таким чином, що екологічна система відображає певні характеристики соціальної: знання, цінності, соціальну організацію, технології. У свою чергу, соціальні системи відображають характеристики екологічних систем: змішування простору, рівні продуктивності, просторова та часова мінливість, стійкість. Ко-еволюційний підхід до опису розвитку дозволяє пояснити, як та чому все пов'язано зі всіма» [6].

Ван ден Берг і Стагл використовували ко-еволюційний підхід для опису впливу інституціональних змін на біологічну еволюцію [7]. Ними було виділено 4 рівні взаємодії: генетичний, індивідуальний, груповий та інституціональний.

Проте, як відзначено вище, не кожна взаємодія є ко-еволюційною. За ко-еволюційною вважається взаємодія двох еволюційних процесів. Ко-еволюційний підхід засновано на моделі рівноваги, що періодично порушується, при якій тривалий період рівноваги періодично порушується коротким періодом бурхливого розвитку. Це означає, що розвиток можна представити як перехід від однієї динамічної рівноваги до іншої.

Таким чином, використання ко-еволюційного підходу дозволяє перейти від редуційного підходу аналізу сталого розвитку до ієрархічно-холіцистичного. Проте, необхідно відзначити, що в даний час відсутнє єдине представлення механізму процесу ко-еволюції. Тому необхідне формування опису ко-еволюційного процесу, який надалі послужить для визначення сталого розвитку.

Опис процесу ко-еволюції вимагає визначення наступних складових:

- а) визначення взаємодіючих підсистем;
- б) базової одиниці еволюції та особливостей протікання еволюційних процесів в окремій підсистемі;
- в) опису процесу сумісної взаємодії еволюції окремих підсистем.

Згідно підходу, запропонованому в [7], всі підсистеми на Землі можуть бути розділені на чотири типи: (1) нежива (біофізична); (2) екологічна; (3) соціум; (4) економічна.

У свою чергу, еволюція неживої системи описується за допомогою наступних основних положень:

- 1) чинники живої та неживої природи є визначальними для мікроеволюції. Це багато в чому узгоджується з принципом Гая [7];
- 2) раптові події можуть радикально змінити хід еволюції;
- 3) процеси економічної, соціальної та екологічної еволюції є силами макроекономічної еволюції, тобто роблять вплив на розвиток неживої підсистеми.

Процеси, що протікають в даній підсистемі, регулюються законами термодинаміки, гравітації, сонячній радіації та іншими механізмами.

Екологічна підсистема представлена живими організмами. Одиницею еволюції є гени, окремі особини, популяції. Важливим аспектом даного типу еволюції є облік часового і просторового чинника. Так, для оцінки тривалості життя використовуються різні підходи: від метаболічного до репродуктивного [8]. Крім того, велике значення має відмінність в кроці еволюції. Як відмічено в [7] біологічна еволюція здійснюється значно повільніше, ніж економічна або соціальна. Тому слід врахувати вплив швидкості протікання еволюційних процесів в різних підсистемах. Слід зазначити, що часовий крок еволюції для кожної з підсистем має різні значення: еволюція в економічній підсистемі відбувається швидше, ніж еволюція в соціальній. Тоді як еволюція соціальної підсистеми протікає швидше, ніж еволюційні процеси екологічних систем. Таким чином, передбачається, що існує залежність між ієрархією певних підсистем і швидкістю еволюційних процесів: чим вище рівень в просторовій ієрархії систем, тим повільніше протікають еволюційні процеси.

Еволюція в соціальній підсистемі є результатом складної взаємодії соціальних інститутів і технологій. Одиницею еволюції є група, соціум. Передбачається, що поведінка людини визначається не тільки біологічними чинниками. Процес навчання і експериментування формують поведінку людини [6]. Обмежена раціональність, рутинізація поведінки, ієрархія вибору дозволяє адекватніше описувати поведінку людини в соціумі.

Представниками економічної підсистеми виступають популяції економічних агентів. Одиницею еволюції економічної підсистеми виступають рутини та технології. В процесі взаємовпливу, взаємозв'язку і взаємної боротьби відбувається еволюція економічних явищ і процесів, а єдність і боротьба протилежностей є джерелом розвитку [9, с. 8]. Як зазначено вище, для опису еволюційного процесу велике значення має врахування часового та просторового чинників. Віддзеркалення часового чинника можливе за допомогою використання принципу історизму. Згідно даному принципу, процес розвитку технологій і способів виробництва відбивається на загальному розвитку продуктивних сил. Продуктивні сили відображають процес освоєння природного середовища для відтворення умов існування людини. Речовими елементами продуктивних сил є засоби виробництва і споживання. Кожному ступеню розвитку продуктивних сил відповідає певні виробничі відносини. В процесі свого розвитку продуктивні сили приходять в суперечність з існуючими виробничими відносинами, що відбивається в переході до нової соціально-економічної формації суспільства. Таким чином, даний взаємозв'язок і взаємозалежність складає діалектику процесу економічного розвитку.

Розвиток продуктивних сил веде до міжнародного розподілу праці, який полягає в спеціалізації виробництва окремих країн на окремих видах продукції та подальшому обміні цими продуктами. Міжнародний розподіл праці складає базис міжнародної торгівлі та глобалізації та є основою для розвитку світового ринку. Міжнародний розподіл праці веде до зростання продуктивних сил суспільства, всебічного використання ресурсів країн на підставі науково-технічного прогресу. Ефективність

міжнародного розподілу праці наочно описується за допомогою глобального ланцюжка цінності – представлення видів діяльності, які створюють споживчу вартість. Ланцюжок цінності є системою взаємозалежних видів діяльності, між якими існують взаємозв'язки [10, с. 110].

Вся діяльність по створенню кінцевої цінності (споживчій вартості) розділяється на декілька категорій:

- 1) що відноситься безпосередньо до виробництва, маркетингу, збуту і підтримки;
- 2) що створює, розподіляє та поліпшує чинники виробництва;
- 3) що виконує підтримуючі функції (управління, наукові дослідження та ін.).

У ланцюжку цінності здійснення одного виду діяльності чинить вплив на ефективність іншого. При цьому необхідно враховувати, що ланцюжок цінності окремого підприємства включається в загальний ланцюжок цінності всієї галузі, яка, у свою чергу, залучається до ширшого потоку видів діяльності, що представляє систему цінностей.

Особливе значення для еволюції економічної підсистеми має інформація. Інформаційні технології розповсюджуються у всі ланки ланцюжка цінності, створюючи умови для зміни способів виробництва та змінюючи характер зв'язків між окремими ланками. Інформаційна складова грає значну роль, оскільки кожен вид діяльності, що створює споживчу вартість, має як фізичну складову, так і складову обробки інформації [10, с. 113]. Таким чином, процес розвитку може здійснюватися як шляхом фізичного вдосконалення технології, так і у напрямі підвищення ефективності інформаційного забезпечення.

В процесі еволюції економічної підсистеми відбувається трансформація ланцюжка цінності. Це відбувається у вигляді зміни частки різних видів діяльності, що створюють споживчу вартість, а також «прив'язці» до певних територій, на яких здійснюється відповідний вид діяльності (т.з. просторова модель). Таким чином, просторовий чинник економічної еволюції знаходить своє віддзеркалення в зміні географічного розташування окремих видів діяльності ланцюжка цінності.

Процес ко-еволюції розглянутих підсистем здійснюється наступним чином. У кожній із розглянутих підсистем протікають еволюційні процеси з урахуванням приведеної вище їх специфіки. Еволюційний перехід підсистеми з одного стану в інший здійснюється під впливом визначальних еволюційних чинників (генів, рутинів, популяцій та ін.). При цьому процес переходу здійснюється в точці біфуркації. Дана точка характеризує процес можливої зміни траєкторії розвитку підсистеми. Таких точок на траєкторії розвитку системи множина. При цьому можливі два варіанти подальшого розвитку подій. У першому випадку після проходження даної точки відбувається перехід на нову траєкторію розвитку, що відповідає виходу на якісно новий рівень. Другий варіант припускає, що зміни, які відбуваються, не ведуть до зміни траєкторії розвитку системи. Проте оскільки даний процес носить кумулятивний характер, то накопичення цих незначних змін, врешті решт, призведе до різких стрибків і переходу на нову траєкторію розвитку. Оскільки поведінка даних підсистем

носить нелінійний характер, то траєкторія їх розвитку чутлива до початкових умов. Крім того, малі збурення одного з чинників еволюції призводять до складно передбачених змін в подальшій траєкторії розвитку окремих підсистем і системи в цілому.

Значний вплив на зміну траєкторії окремої підсистеми роблять не тільки власні чинники еволюції, але траєкторії еволюції інших підсистем. Так, ко-еволюція економічної та екологічної підсистем виявляється в тому, що розвиток продуктивних сил веде до зростання споживання ресурсів, зміні ландшафту місцевості, побудові гребель, вирубці лісів та ін. Виснаження ресурсів веде до їх дорожчання, появи нових способів виробництва, заснованих на дешевших ресурсів (в даний момент історичного часу), і повторення циклу. При цьому дана діяльність призводить до порушення еко-рівноваги (зникнення видів, поява нових бактерій, мікробів, рослин або мутації вже існуючих). У свою чергу, траєкторія розвитку окремої підсистеми робить вплив на зміну траєкторії розвитку інших підсистем.

Таким чином, проведений аналіз підходів до визначення сталого розвитку, а також опис процесу ко-еволюції дозволяє запропонувати наступне визначення: збалансований розвиток – це мутуалістична (або коменсалістична) взаємодія між популяціями економічних агентів, соціальної, екологічної та неживої підсистем, заснована на взаємному забезпеченні умов процесу сприятливої зміни якісних характеристик цих підсистем, що веде до незворотніх змін в патернах їх поведінки.

Стійкість припускає функціонування та протистояння різним діям, а також повернення системи в рівноважне положення. Вона є необхідною умовою для будь-якої інженерної системи. Тоді як для систем, що включають живі організми, характерний нерівноважний стан. Так, функціонування екологічної системи (та її підсистем) описується принципом стійкої нерівноваги Е. Бауера, який визначає відмінність живої матерії від неживої. Цей принцип є основою принципу оптимальності поведінки  $\max T$ , який вказує на те, що мета поведінки живої матерії – «максимізація времени пребывания системы внутри области допустимых значений регулируемых переменных (первичных и вторичных потребностей)» [11, с. 43]. Отже, для екологічної системи природною є нестійкість, викликана процесами перетворення енергії. В той же час процес еволюції припускає необоротні зміни, тоді як стійкість – повернення до колишнього стану. Таким чином, для сумісного розвитку живої та неживої природи найбільш відповідною є збалансованість, а не стійкість. Крім того, одним із семантичних ключів запропонованого визначення є популяція агентів. Це припускає територіальну прив'язку процесу збалансованого розвитку.

Еволюційні сили розділяють на 2 групи: внутрішні (гени, інститути та ін.) та зовнішні (умови). У разі ко-еволюції до зовнішніх сил відносять вплив інших підсистем. Він змінює умови функціонування підсистеми, що еволюціонує. При цьому вплив підсистеми А на підсистему Б посилюється під впливом інших підсистем на А. Таким образом, під час ко-еволюції зовнішні еволюційні сили починають грати велику роль. Тому необхідно зрівноважити, збалансувати ці сили між собою, щоб їх вплив не мав

першочергового значення. Тому регулювання збалансованого розвитку припускає мінімізацію впливу одних підсистем на умови розвитку іншої підсистеми, непорушення цілісності процесу розвитку, а також збалансованість (урівноваження) внутрішніх і зовнішніх сил еволюції.

Математично, повну структуру парних взаємодій можна зобразити за допомогою матриці  $S$ . Елементом  $(i, j)$  матриці  $S$  є знак «+», «-» або «0», який вказує на вплив однієї підсистеми на іншу. Симетричні пари елементів матриці  $S$  указують на тип парної взаємодії між видами (табл. 1).

Таблиця 1. Матриця  $S$  взаємодії [12]

Напрямок впливу		Вид взаємодії
+	+	симбіоз або мутуалізм
+	-	хижак – жертва (паразит – господар)
+	0	коменсалізм
-	-	конкуренція
-	0	аменсалізм
0	0	нейтралізм

Символьний опис процесу сумісної взаємодії підсистем на основі вольтеровських моделей має наступний вигляд:

$$\frac{dN_i}{dt} = N_i \left( \varepsilon_i - \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} N_j \right)$$

де  $N_i$  – кількість елементів  $i$ -ої підсистеми;

$N_j$  – кількість елементів  $j$ -ої підсистеми;

$\varepsilon_i$  – швидкість природної зміни підсистеми у відсутність впливу решти підсистем.

Знак і абсолютна величина  $\gamma_{ij}$  ( $i \neq j$ ) відображають відповідно характер та інтенсивність впливу  $j$ -ої підсистеми на  $i$ -у підсистему. Для ко-еволюції формула набере вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dA_i}{dt} = A_i (\varepsilon_i^A + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dL_j}{dt} = L_j (\varepsilon_j^L + \gamma^A A_i + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dS_q}{dt} = S_q (\varepsilon_q^S + \gamma^L L_j + \gamma^A A_i + \gamma^E E_k) \\ \frac{dE_k}{dt} = E_k (\varepsilon_k^E + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^A A_i) \end{cases}$$

$$\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E \in [0, +\infty]$$

де  $A_i, L_j, S_q, E_k$  – елементи неживої, екологічної, соціальної та економічної підсистем;

$\varepsilon_i^A, \varepsilon_j^L, \varepsilon_q^S, \varepsilon_k^E$  – швидкість природної зміни неживої, екологічної, соціальної та економічної підсистем відповідно у відсутності впливу решти всіх підсистем;

$\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E$  – показник інтенсивності впливу підсистем одну на одну.

З урахуванням відзначених вище особливостей процесу збалансованого розвитку модель ко-еволюції в цьому випадку набере вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dA_i}{dt} = A_i(\varepsilon_i^A + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dL_j}{dt} = L_j(\varepsilon_j^L + \gamma^A A_i + \gamma^S S_q + \gamma^E E_k) \\ \frac{dS_q}{dt} = S_q(\varepsilon_q^S + \gamma^L L_j + \gamma^A A_i + \gamma^E E_k) \\ \frac{dE_k}{dt} = E_k(\varepsilon_k^E + \gamma^L L_j + \gamma^S S_q + \gamma^A A_i) \end{cases}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (\gamma^A, \gamma^L, \gamma^S, \gamma^E) \rightarrow 0$$

Таким чином, проведене дослідження дозволяє стверджувати наступне. В більшості розвинених країн практичне вирішення питань сталого розвитку полягає в перенесенні шкідливих технологій на інші території. Для досягнення збалансованого розвитку двох господарюючих популяцій, що функціонують на різних територіях і мають різні рівні економіко-екологічного розвитку доцільно використовувати ко-еволюцію. Ко-еволюцію – сумісний розвиток двох і більше систем, обумовлений взаємним впливом і зв'язками між цими підсистемами. Ко-еволюція розглядається як взаємний еволюційний процес між взаємодіючими суб'єктами (популяціями, процесами, системами та ін.), що керується природним відбором. Використання ко-еволюційного підходу дозволяє перейти від редуційного підходу аналізу сталого розвитку до ієрархічно-холіцистичного.

Розглянуто основні особливості та складові еволюційного процесу в кожній із відокремлених підсистем. Ефективність міжнародного розподілу праці слід описувати за допомогою глобального ланцюжка цінності. В процесі еволюції економічної підсистеми відбувається трансформація ланцюжка цінності. Це відбувається у вигляді зміни частки різних видів діяльності, що створюють споживну вартість, а також «прив'язці» до певних територій. Запропоноване визначення «збалансований розвиток» з врахування ко-еволюційного процесу припускає перехід від взаємодії між розглянутими підсистемами за типом «хижак-жертва» на мутуалістичний або коменсалістичний симбіоз.

### Література

1. Базилевич В. Глосарій зеленого бізнесу: українсько-німецько-російсько-англійський/В. Базилевич, Д. Вальтер, В. Хартманн та ін. – К.: Знання, 2010. – 518 с.



2. Thompson N.J. Coevolution. In: Pagel, M. (Ed.), *Encyclopedia of Evolution.*/ N.J. Thompson. – Oxford: Oxford University Press, 2002.
3. Guala M. Bridging ecological and social systems coevolution: A review and proposal/ M. Guala, R. Norgaard // *Ecological economics.* – № 69. – 2010. – pp. 707–717.
4. Norgaard R.B. Sociosystem and ecosystem coevolution in the Amazon/ R.B. Norgaard// *Journal of Environmental Economics and Management.* – Vol. 8. – №3. – 1981. – pp. 238–254.
5. Norgaard R.B. Coevolutionary agricultural development/ R.B. Norgaard// *Economic Development and Cultural Change.* – Vol.32. – №3. – 1984. – pp. 525–546.
6. Norgaard R.B. *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*/ R.B. Norgaard. – London: Routledge. – 1994. – pp. 40–44.
7. Van den Bergh J. Coevolution of economic behaviour and institutions: towards a theory of institutional change/J. Van den Bergh, S. Stagl// *Journal of Evolutionary Economics.* – 2003. – №13. – pp. 289–317.
8. Gavrilov L.A. *The Biology of Life Span: A Quantitative Approach*/ L.A. Gavrilov, N.S. Gavrilova. – New York: Harwood Academic Publishers, 1991.
9. Туныця Ю.Ю. Экологизация экономики: теоретико-методологический аспект/Ю.Ю. Туныця, Э.П. Семенюк, Т.Ю. Туныця// *Экономическая теория.* – №2. – 2011. – С. 5-15.
10. Портер М. *Конкуренция*/М. Портер. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с.
11. Шамис А.Л. *Модели поведения, восприятия и мышления*/А.Л. Шамис. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 230 с.
12. Ризниченко Г.Ю. *Математические модели в экологии и биофизике* /Г.Ю. Ризниченко. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 184 с.