

**С. І. АЗАРОВ, В. Л. СИДОРЕНКО, О. С. ЗАДУНАЙ**

## **ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ ЯК НЕЛІНІЙНА ДИНАМІЧНА СИСТЕМА**

***Анотація.** Доведено, що у системі природно-ресурсного потенціалу сталого розвитку України комплементарно сполучуються стійкість і змінність як вбудовані механізми її розвитку в статистиці та динаміці, забезпечення її самоорганізації і самовідновлення, кількісної і якісної трансформації. У статистиці превалюють характеристики стійкості та тяжіння до стабільності і сталості. У динаміці основною характеристикою є змінність системи, відтворення стабільності, що детермінує (реагує) на процеси трансформації і розвитку її складових підсистем, потенційних можливостей (зміни ендегенного середовища), інститутів і інституцій, обмежувачів і стабілізаторів (зміни екзогенного середовища). Показано, що динамічний розвиток моделі відтворення економічних інтересів характеризується якісними змінами як у її структурі, механізмах, формах (ендегенному середовищі), так і якісними трансформаціями в екзогенному просторі.*

***Ключові слова:** сталий розвиток, стабільність, сталість, стійкість, змінність, самоорганізація, самовідновлення.*

**DOI: 10.35350/2409-8876-2019-17-4-41-49**

### **Вступ**

Глобальною стратегією розвитку України з метою створення підґрунтя для її подальшого поступального руху можна вважати парадигму сталого розвитку, що вимагає перегляду та зміни не лише у системі «людина – економіка – екологія», але й усвідомлення необхідності збереження природи для забезпечення існування наступних поколінь.

### **1. Мета дослідження**

Мета дослідження полягає в окресленні формування поняття «сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України» і визначення його системних характеристик (стабільність, сталість, стійкість, змінність, самоорганізація і самовідновлення) в процесі зміни ендегенного та екзогенного середовища.

### **2. Виклад основного матеріалу**

Поняття «природно-ресурсний потенціал сталого розвитку» стало наріжним каменем глобальної стратегії розвитку людства. Зміст поняття природно-ресурсного потенціалу сталого розвитку тривалий час обговорювався та уточнювався в міжнародних документах різного рівня: декларації першої

конференції ООН з навколишнього середовища (1972) [1], де було обґрунтовано зв'язок економічного та соціального розвитку з проблемами навколишнього середовища; доповідях Римського клубу, в яких набула чіткого окреслення ідея переходу цивілізації до стану глобальної динамічної рівноваги; звіті Всесвітньої комісії ООН з навколишнього середовища і розвитку (1987) [2]. Поступово в процесі обговорення й аналізу теорія і практика сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу опинилися в центрі уваги вчених і політиків, як вітчизняних, так і закордонних.

Якщо ж звернутися до думки вітчизняних учених, то привертають увагу кілька визначень досліджуваного поняття. Перша редакція проекту «Концепції сталого розвитку України» [3]: «Сталий розвиток – це процес гармонізації продуктивних сил, забезпечення задоволення необхідних потреб всіх членів суспільства за умови збереження і поетапного відтворення цілісності природного середовища, створення можливостей для рівноваги між його потенціалом і вимогами людей усіх поколінь». Друга редакція документа з такою ж назвою [4]: «Сталий розвиток – це процес розбудови держави на основі узгодження і гармонізації соціальної, економічної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь». На думку інших учених [5]: «Сталий розвиток – це послідовний процес визначення і досягнення суспільно узгоджених стратегічних цілей на основі таких механізмів регулювання і координації співвідношення екстенсивних та інтенсивних факторів розвитку, що мінімізуватимуть середньо- та довгострокові загрози для функціонування основних сфер людської діяльності (соціально-економічної, науково-технічної, культурної) і суспільного буття в цілому».

Спільним у наведених вище визначеннях є необхідність узгодження, врівноваження потреб з ресурсними й екологічними можливостями територій, а також такий розвиток суспільства та характер використання ним наявних ресурсів, який дає змогу задовольняти сьогоденні потреби, зберігає та забезпечує можливості забезпечення потреб прийдешніх поколінь (рис. 1).

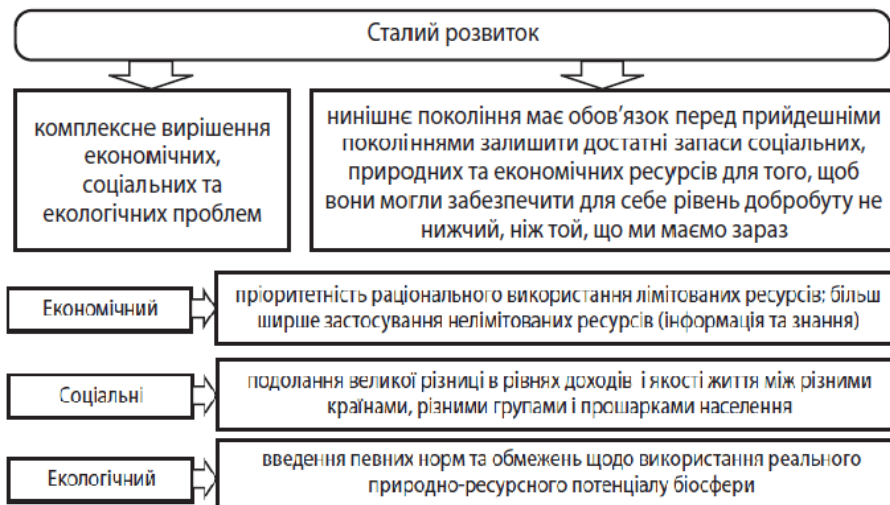


Рисунок 1 – Ключові аспекти сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу

Можна стверджувати, що в ідеї сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу здійснена спроба поєднати необхідність забезпечення задоволення зростаючих потреб людства не за рахунок збільшення обсягів використовуваних ресурсів, а за рахунок раціональності їх використання із одночасним зменшенням рівня забруднення навколишнього середовища.

Відповідно до принципів системного підходу та методу синергетики слід розглядати сталий розвиток природно-ресурсного потенціалу як складну нелінійну динамічну систему, в якій синтетично поєднуються елементи стійкості та змінності, еволюції і революції, статичності та динамічності, порядку і хаосу, ендо- та екзогенності тощо (рис. 2).

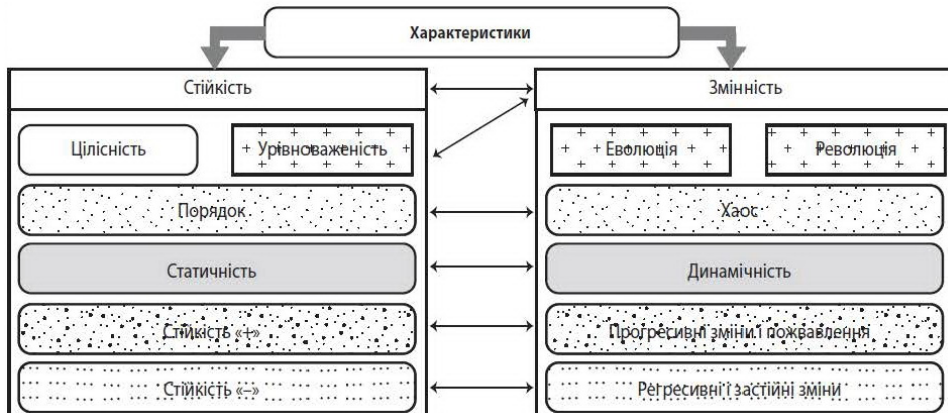


Рисунок 2 – Основні характеристики системи сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу

Згідно з висновками Пригожина І., Стенгерса І. [6], родоначальників досліджень у сфері нерівноважної термодинаміки, змістовною характеристикою стійкості в динамічній нелінійній системі є її здатність до повернення або до зберігання і підтримання стаціонарного (збалансованого, поточного) стану, що притаманно системі формування, реалізації і подальшого відтворення сталого розвитку держави. Під таким кутом зору наявність стійкості розкривається, по-перше, у вихідних результатах функціонування зазначеної системи, у можливості підтримання її цілісності, структури, базових елементів, що дозволяє забезпечити подальше функціонування системи, її існування і збереження. По-друге, йдеться про стійкість у самому кругообігу сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу. Коли траєкторія руху системи в процесі кругообігу незначно відрізняється від свого початкового стану або прагне до нього, зазначений рух системи є стабільно стійким. Коли система втрачає свою стійкість і все більше відхиляється від неї, стає нестійкою і знову прагне до отримання стійкості нового роду – це динамічна стійкість. Стійкими (стабільно незмінними) субстанціями сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу є постійність вибору форм, інструментів і методів реалізації соціально-економічних і екологічних інтересів, сталість досягнутих даних показників у національній економіці, стабільність рівня задоволення наявних потреб, тобто непорушність кінцевих параметрів ефективності. Стійкість

відтворювальних трансформацій національних інтересів на макrorівні визначається безперервним підтриманням стабільності економічних відносин, що забезпечують на оптимальному (задовольняючому) рівні потреби в економічних і соціальних благах. У процесі генезису на фоні гомеостазу відбуваються поступально-еволюційні зміни у темпах формування і реалізації національних інтересів агентів (з'являються кількісні розриви) під впливом ендогенних та екзогенних чинників. Однак стійкість системних параметрів, зв'язків, відносин в цьому разі зберігається, підтримуються можливості самоорганізації, самовідтворення і самоупорядкування. На рис. 3 наведено поведінку поверхні рівноваги (або різноманіття) характеристик стійкості в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу з її проекцією на площину  $ab$ , яка визначає управляючі параметри  $a$  та  $b$ .

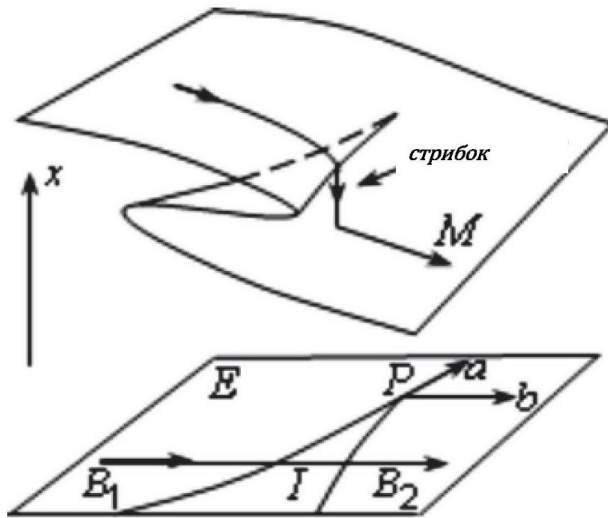


Рисунок 3 – Поведінка поверхні рівноваги характеристик стійкості в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу та її проекція на площину

Точка  $(a, b)$ , повільно змінюючи свої координати  $a$  і  $b$ , описує деяку траєкторію на площині  $ab$ . Тоді положення рівноваги, що спостерігається, пройде шлях на поверхні  $M$ , що лежить над шляхом в площині  $ab$ . Через збірку на поверхні рівноваги  $M$  цьому шляху, можливо, доведеться перескакувати з одного аркуша поверхні на інший. Це пояснюється тим, що точки різноманіття  $M$ , розташовані на внутрішній поверхні складки, відповідають нестійкому стану системи. Такий дуже швидкий стрибок динамічної нелінійної системи настає тільки у разі виходу з області  $I$ , так як у системи не залишається іншого вибору (принцип максимального зволікання (perfect delay) Р. Тома [7]). Таким чином, поступові зміни управляючих параметрів  $a$  і  $b$  можуть спричинити за собою розривні зміни змінної стану  $x$ , викликаючи катастрофічні стрибки. Серед семи елементарних катастроф велике значення має катастрофа динамічної нелінійної системи, потенційна функція якої визначається рівнянням:

$$V_{ab}(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}ax^2 + bx. \quad (1)$$

Різноманіття катастрофи на поверхні рівноваги  $M$  (див. рис. 3) буде задаватися рівнянням:

$$0 = \frac{d}{dx}V_{ab}(x) = x^3 + ax + b. \quad (2)$$

Кубічне рівняння (2) має від одного до трьох дійсних коренів. Природа цих коренів залежить від дискримінанту:

$$D = 4a^3 + 27b^2. \quad (3)$$

Простір керуючих параметрів, що утворюють площину  $ab$ , будемо розбивати на п'ять підмножин:  $B_1, B_2, P, I, E$ , що зображені на рис. 4.

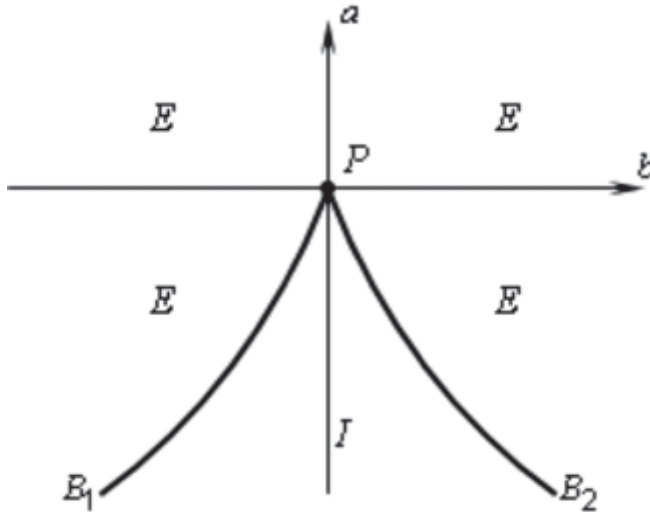


Рисунок 4 – Простір керуючих параметрів

Лінія, утворена множинами  $B_1, B_2$ , і  $P$ , відповідає умові  $D = 0$ , тобто  $4a^3 + 27b^2 = 0$ . В цьому разі, якщо  $a = 0$  і  $b = 0$ , то точка  $(a, b)$  лежить в  $B_1$  або в  $B_2$ , і рівняння (2) має три дійсних кореня, два з яких збігаються між собою. Точка  $P$  відповідає  $a = b = 0$  і є три співпадаючих дійсних кореня, рівних нулю. Точка  $P$  називається точкою повернення. Якщо  $(a, b) = I$ , то є три різних дійсних кореня і  $D < 0$ . Якщо  $(a, b) = E$ , то є тільки один речовий корінь ( $D > 0$ ).

Катастрофа відбувається, коли траєкторія точки  $(a, b)$  залишає область  $I$  і в цьому разі  $D$  змінює знак з негативного на позитивний. Вважаємо, що зміни керуючих параметрів в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу є випадковими. Випадковими величинами або випадковими функціями також можна описувати вплив ендегенних та

екзогенних чинників. Для практичних цілей важливий статистичний аналіз положень рівноваги системи поблизу критичних точок. Тому вважаємо за доцільне розглянути з позицій теорії катастроф питання оцінки показників надійності системи за наявності випадкових збурюючих факторів.

Розглянемо катастрофу динамічної нелінійної системи (рівняння (1)) із стохастичних позицій. Змінні управління  $a$  і  $b$  в загальному випадку змінюються в часі, і характеристика стану системи буде визначатися випадковим процесом  $D(t)$ . Таким чином, необхідно вирішувати задачу про викиди випадкового процесу в системі з області  $I$ . В цьому разі ймовірність виникнення катастрофи дорівнюватиме:

$$P(t) = P\{D(t) > 0\}. \quad (4)$$

Нехай  $D(t)$  – диференційований випадковий процес в системі дорівнює:

$$V(t) = \frac{dD(t)}{dt}. \quad (5)$$

Тоді, для того щоб випадковий процес в системі стався, необхідно, щоб відбулися дві події:

1) в момент часу  $t$ , що передує процесу, ордината  $D(t)$  повинна бути менше нуля ( $D(t) < 0$ );

2) в момент часу  $t + dt$ , наступний за моментом  $t$  (в той момент, коли відбудеться процес), ордината випадкової функції повинна бути позитивною, тобто  $D(t + dt) > 0$ .

Таким чином, для імовірності того, щоб випадковий процес в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу стався в нескінченно малому інтервалі часу  $(t, t + dt)$ , необхідно, щоб:

$$P\{D(t) < 0; D(t + dt) > 0\} = p_0(t) dt, \quad (6)$$

де  $p_0(t)$  – тимчасова щільність імовірності.

Виразимо у виразі (6)  $D(t + dt)$  через  $D(t)$ . Для цього розкладемо  $D(t + dt)$  в ряд Тейлора в околиці точки  $t$ :

$$D(t + dt) = D(t) + \frac{dD(t)}{dt} dt + \dots \quad (7)$$

Звідси:

$$D(t + dt) \approx D(t) + V(t) dt > 0. \quad (8)$$

Після перенесення  $V(t)dt$  у праву частину нерівності отримаємо:

$$D(t) > 0 - V(t) dt. \quad (9)$$

З урахуванням залежності (6) –  $V(t)dt < D(t) < 0$  імовірність випадкового процесу в системі запишеться у вигляді:

$$P\{D(t) < 0; D(t + dt) > 0\} = P\{-V(t) dt < D(t) < 0\} = \int_0^{\infty} \int_{-vdt}^0 f(d; v; t) dddv. \quad (10)$$

Тут  $f(d, v; t)$  – двовимірний закон розподілу ординат  $D$  і швидкостей  $V$ . Після застосування теореми про середнє:

$$\int_{-vdt}^0 f(d; v; t) dd \approx vdt \cdot f(0, v; t), \quad (11)$$

отримаємо:

$$P\{-V(t) dt < D(t) < 0\} = dt \int_0^{\infty} f(0, v; t) v dv = p_0(t) dt. \quad (12)$$

Тут  $p_0(t) = \int_0^{\infty} f(0, v; t) v dv$  – тимчасова щільність для ймовірності випадкового процесу в системі.

Тимчасову щільність  $p_0(t)$  можна трактувати як середнє число перетинів випадковим процесом  $D(t)$  нульового рівня за одиницю часу. У загальному випадку середнє число перетинів рівня 0 за час  $\tau$  (математичне очікування числа процесів в системі) можна описати рівнянням:

$$N_+(t) = \int_0^{\tau} \int_0^{\infty} f(0, v; t) v dv dt = \int_0^{\tau} p_0(t) dt. \quad (13)$$

Для стаціонарного процесу щільність розподілу ординат і швидкостей не буде залежати від часу, тобто  $f(d, v; t) = f(d, v)$  і, отже,  $p_0(t) = p_0$ .

Звідси:

$$N_+(\tau) = \tau \cdot p_0. \quad (14)$$

Тоді ймовірність того, що реалізація випадкового процесу  $D(t)$  перетне нульовий рівень, можна представити у наступному вигляді (рис. 5).

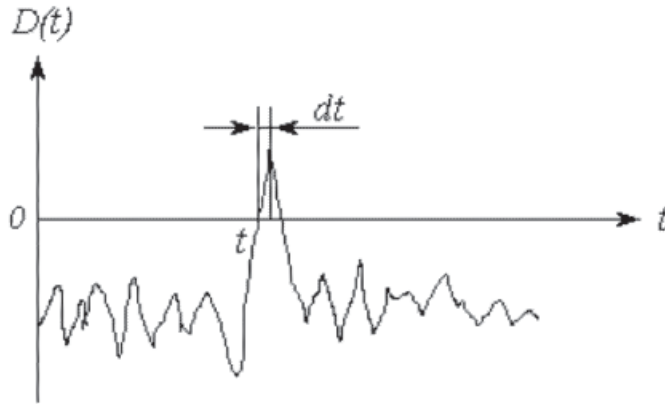


Рисунок 5 – Реалізація випадкового процесу  $D(t)$  в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу

Отже, в процесі реалізації випадкового процесу  $D(t)$  в динамічній нелінійній системі сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу поступово будемо спостерігати кумулятивний ефект кількісних змін, який матиме своїми наслідками посилення флуктуацій і ентропії. Останнє буде супроводжуватися тиском ендogenous й екзогенного середовища, відповідними змінами не тільки в кількісних, але й у якісних параметрах поведінки системи та механізмах її взаємодії. Спочатку система буде підтримувати відносно стійкий стан у зазначених умовах, однак у подальшому виникнення кумулятивного ефекту кількісних і якісних змін опосередковуватиме порушення стійкості системи та її перехід до нової фази – фази розвитку хаосу.

## Висновки

Підсумовуючи викладене, можна зробити висновок, що відповідно до системного підходу, принципів еволюціонізму та синергетики відтворення економічних інтересів є складною динамічною системою, в якій циклічна зміна стійких упорядкованих форм нестійкими дисипативними формами детермінує її еволюційний (революційний) розвиток, прогрес (регрес) у часі і просторі через механізми самоорганізації, когерентності і вибору хаотичного атрактору як нового потенційного вектору розвитку. У динаміці рекурентія процесів формування і реалізації економічних інтересів відбувається саме через нестійкість і невпорядкованість, в яких вбудований потенціал формування нового порядку – народження і становлення або падіння і краху системи відтворення економічних інтересів. Отже, змінність – це джерело її розвитку і детермінанта її динамічно-відтворювального потенціалу. Динамічний розвиток моделі відтворення економічних інтересів характеризується якісними змінами як у її структурі, механізмах, формах (ендогенному середовищі), так і якісними трансформаціями в екзогенному просторі.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment // UN (1972). URL: <http://www.unep.org/documents.multilingual/default.asp?documentid=97&articleid=1503>.
2. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future // UN (1987). URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
3. Концепція сталого розвитку України / заг. кер.: Ю.І. Костенко, Б.Є. Патон. Київ: [б. в], 1997. 22 с.
4. Концепція сталого розвитку України: проект / заг. кер.: Б.Є. Патон, Ю.І. Самойленко, І.О. Заєць. Київ: [б. в], 2000. 18 с.
5. Семенюк Е.П. Філософські засади сталого розвитку. Львів: Афіша, 2002. 200 с.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
7. Thom R. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989. 321 p.

## REFERENCES

1. Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment // UN (1972). URL: <http://www.unep.org/documents.multilingual/default.asp?documentid=97&articleid=1503>.
2. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future // UN (1987). URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
3. Kostenko Yu. I., Paton B. Ye. (1997). Kontseptsiya staloho rozvytku Ukrayiny. [Concept of sustainable development of Ukraine]. Kyiv. 22 p. (In Ukrainian).
4. B. Ye. Paton, Yu. I. Samoylenko, I. O. Zayets'. (2000). Kontseptsiya staloho rozvytku Ukrayiny: proekt. [Concept of sustainable development of Ukraine: project]. Kyiv. 18 p. (In Ukrainian).
5. Semenyuk E. P. (2002). Filososfs'ki zasady staloho rozvytku. [Philosophical foundations of sustainable development]. L'viv: Afisha. 200 p. (In Ukrainian).
6. Prigozhin I., Stengers I. (1986). Poryadok iz khaosa: novyy dialog cheloveka s prirodoy. [Order from chaos: a new dialogue between man and nature]. Moskva: Progress. 432 p. (In Russian).
7. Thom R. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989. 321 p.

*Стаття надійшла до редакції 18.06.2019.*