

## ЗАСТОСУВАННЯ СИНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

### APPLICATION OF A SYNERGETIC APPROACH IN WASTE MANAGEMENT

УДК 338.24

DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.71-23>

**Маковецька Ю.М.**

к.е.н., старший науковий співробітник  
відділу природно-техногенної  
та екологічної безпеки  
Державна установа «Інститут економіки  
природокористування  
та сталого розвитку  
Національної академії наук України»

**Щуліпенко В.Є.**

молодший науковий співробітник  
природно-техногенної  
та екологічної безпеки  
Державна установа «Інститут економіки  
природокористування  
та сталого розвитку  
Національної академії наук України»

**Makovetska Yuliia, Shchulipenko Vira**

Public Institution "Institute  
of Environmental Economics  
and Sustainable Development  
of the National Academy  
of Sciences of Ukraine"

Посилення екологічних проблем на всіх рівнях, як на локальному, так і на глобальному, потребує докорінної зміни підходів до управління екологічною безпекою. Запровадження синергетичного підходу в теорію та практику управління екологічною безпекою, у тому числі щодо управління відходами, дасть змогу поєднати процеси зовнішнього управління і самоорганізації. У статті розкрито ознаки синергетичних систем та ключові характеристики керування такими системами. Показано, що циркулярна економіка на макрорівні та кластер на мікрорівні є складними нелінійними системами, щодо керування якими слід застосовувати положення синергетики. Проілюстровано різні структури кластерів з урахуванням збільшення синергетичного ефекту. Обґрунтовано необхідність застосування синергетичних методів для ефективного управління відходами, зокрема на кластерній основі. Визначено складові частини, за рахунок яких досягається синергетичний ефект під час застосування кластерного підходу до управління відходами.

**Ключові слова:** екологічна безпека, синергетичний підхід, управління відходами, кластер.

Усугубление экологических проблем на всех уровнях, как на локальном, так и на гло-

бальном, требует коренного изменения подходов к управлению экологической безопасностью. Внедрение синергетического подхода в теорию и практику управления экологической безопасностью, в том числе касательно управления отходами, позволит объединить процессы внешнего управления и самоорганизации. В статье раскрыты признаки синергетических систем и ключевые характеристики управления такими системами. Показано, что циркулярная экономика на макроуровне и кластер на микроуровне являются сложными нелинейными системами, касательно управления которыми следует применять положения синергетики. Проиллюстрированы разные структуры кластеров с учетом увеличения синергетического эффекта. Обоснована необходимость применения синергетических методов для эффективного управления отходами, в частности на кластерной основе. Определены составляющие, за счет которых достигается синергетический эффект при применении кластерного подхода к управлению отходами.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, синергетический подход, управление отходами, кластер.

*The negative human activities occur at all levels – local, regional, national and global. The rapid transformation of the environment in recent years – climate changes, increased air emissions, pollution of water and soil, and the progressive accumulation of waste – has the significant negative effects. Therefore, traditional approaches and concepts of environmental and economic management are increasingly not sufficient to meet the challenges of today. The external environment has changed significantly and its uncertainty, mobility and aggressiveness have increased. Business-as-usual approaches and management technologies are increasingly off track. A synergistic approach offers new opportunities in the context of developing environmental safety in general and waste management in particular. The application of a synergetic approach to the theory and practice of environmental safety management, including waste management, which will combine the processes of external management and self-organization have been considered in the article. The importance of taking into account the synergetic effects in the field of waste management, due to the negative trends in this area is shown. The article reveals the features of synergetic systems and key management characteristics of such systems. It is shown that the circular economy at the macro level and the cluster at the micro level are complex nonlinear systems, for the control of which the provisions of synergetic should be applied. Different cluster structures are illustrated taking into account the increase of the synergetic effect. The development of a cluster from a single link (point of development) to an association in which all elements are interconnected by direct and feedback has been illustrated. Depending on the set of parameters, the cluster can change its content and form. The necessity of application of synergetic methods for effective waste management, in particular on a cluster basis is substantiated. The reasons due to which the synergetic effect is achieved when applying the cluster approach to waste management are determined.*

**Key words:** ecological safety, synergetic approach, waste management, cluster.

**Постановка проблеми.** Будь-яка діяльність людини змінює характер навколишнього середовища. Часто ці зміни справляють негативний вплив на довкілля та людину. Ще 1992 року на Всесвітньому саміті ООН з навколишнього середовища та розвитку у Ріо-де-Жанейро було прийнято документ «Порядок денний на XXI століття», у якому були сформульовані положення та рекомендації з переходу до сталого розвитку та сприяння глобальному соціально-економічному прогресу.

З того часу суттєво змінилося зовнішнє середовище, зросли його невизначеність, рухливість і агресивність. Звичні підходи й технології управлінської діяльності все частіше не спрацьовують, не встигають за динамікою змін, тому традиційні

підходи й концепції управління еколого-економічними системами (як на макро-, так і на мікрорівнях) все частіше виявляються недостатніми для вирішення складних сучасних проблем [1, с. 65–66]. Нові можливості в контексті розвитку екологічної безпеки загалом і у сфері управління відходами зокрема відкриває синергетичний підхід.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вперше поняття «синергетика» описано у книзі «Таємниці природи. Синергетика – вчення про взаємодію» Германа Хакена у 70-х роках XX століття. Теоретичному та практичному застосуванню синергетичного підходу у різних наукових сферах присвячені дослідження низки вчених, таких як Г.З. Шевцова [1], Л.Д. Пляцук, Є.Ю. Черниш [2],

С.В. Коломієць [3], О.А. Овечкіна [4], А.В. Серіков [5]. У наукових працях зазначених авторів висвітлюються питання теорії синергетичного управління соціально-економічними системами, вимоги до системно-синергетичної методології, питання теорії і практики управління діяльністю таких складно організованих соціально-економічних систем, як промислові підприємства. Незважаючи на значку кількість наукових робіт за означеною тематикою, залишається недостатньо розв'язаним питання щодо застосування парадигми синергетичного управління у сфері поводження з відходами.

**Постановка завдання.** Метою статті є обґрунтувати застосування синергетичного підходу в управлінні відходами на прикладі кластерів як складних, нелінійних систем.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Синергетика – міждисциплінарний напрям науки, що вивчає явища і процеси на основі принципів самоорганізації систем. Синергетика формує нову матрицю бачення систем різної природи як складно організованих об'єктів і розглядає рушійні сили, механізми й закономірності еволюційних процесів. Її основу становить явище самоорганізації, яке полягає у формуванні впорядкованих макроскопічних структур шляхом колективної взаємодії мікроскопічних елементів за відсутності впливу ззовні, що впорядковує процес [1, с. 6].

Синергетика акцентує увагу на узгодженості, взаємодії частин системи під час утворення її структури як єдиного цілого, досліджує складні системи різноманітної природи, що здатні до самоорганізації [3, с. 217].

Г. Хакенен розкриває сутність змісту синергетики. Він визначає такі ознаки синергетичних систем:

- складаються з декількох однакових чи різних частин, що взаємодіють одна з одною;
- є нелінійними;
- під час дослідження фізичних, хімічних та біологічних систем розглядаються відкриті системи, далекі від стану теплової рівноваги;
- схильні до внутрішніх та зовнішніх коливань;
- можуть стати нестабільними;
- відбуваються якісні зміни;
- виникають просторові, часові, просторово-часові або функціональні структури, що можуть бути або впорядкованими, або хаотичними;
- часто можлива математизація [3, с. 217].

Застосування синергетичних підходів суттєво змінює теорію і практику управління. Серед ключових характеристик керування складними системами, що базуються на поняттях самоорганізації та саморозвитку, можна виділити такі:

- складні системи є самоорганізуючими системами;
- неможливо нав'язати шляхи їх розвитку;

- ефективне управління складними системами є можливим лише як нелінійне управління з урахуванням власних тенденцій розвитку цих систем, коли незначна «правильна» дія робить більший вплив на еволюцію системи, ніж дія сильніша, але організована неадекватно її власним тенденціям;

- нелінійність складної системи полягає в тому, що навіть незначний вплив за умови нестійкості може привести до непередбачуваних наслідків, ланцюгових реакцій, розвиток яких відбувається за своїми законами;

- кожна нелінійна система містить елементи самоорганізації, елементи регенерації, стійкості, цілі розвитку;

- для складних систем неможливо використовувати екстраполяцію у часі;

- складна система має не єдиний, а множини шляхів розвитку, що відповідають її внутрішнім тенденціям;

- різноманітність системи забезпечує її гнучкість, можливість швидко реагувати на зовнішні умови, що змінюються, та адаптуватись до них;

- замкнутість системи перешкоджає її еволюції [3, с. 218].

Запровадження синергетичних підходів у теорію й практику управління дає змогу підвищити ефективність прийняття рішень на різних рівнях, зокрема національному, регіональному, місцевому, на рівні підприємств.

Важливість урахування синергетичних ефектів у сфері управління відходами зумовлена негативними тенденціями у цій сфері, що відслідковуються протягом останніх десятиліть. Серед них слід назвати такі:

- подальше збільшення обсягів накопичення відходів (як промислових, так і побутових);
  - нерозвиненість інфраструктури утилізації та видалення відходів;
  - неналежне видалення відходів, часто неконтрольоване;
  - відсутність дієвих систем управління окремими потоками відходів, зокрема побутовими, відходами упаковки, електричного та електронного обладнання (ВЕЕО), батарейками та акумуляторам.
- Причинами, що гальмують позитивні зрушення, є такі:
- слабкість інституційної та управлінської бази, особливо на місцях;
  - слабкість контролю за виконанням законодавства у цій сфері;
  - відсутність застосування ієрархії та окремих принципів управління відходами (зокрема, принципу розширеної відповідальності виробника);
  - недієвий контроль із боку громадськості внаслідок недостатньої екологічної свідомості та обізнаності з питань управління відходами;
  - слабкість фінансової бази, незначний досвід застосування механізмів міжмуніципального спів-

робітництва та державно-приватного партнерства, що загалом гальмує створення інфраструктури оброблення відходів.

Зміна підходів до керування сферою відходів з урахуванням принципів синергетики є також у контексті переходу на засади циркулярної економіки, яку можна розглядати як надскладний нелінійний процес, що забезпечує сталість структурних змін за рахунок досягнення синергетичного ефекту від використання відходів як ресурсів.

На практиці реалізація мікромоделі циркулярної економіки з отриманням синергетичного ефекту може реалізовуватися на основі кластерного підходу, оскільки кластер фактично є також нелінійною складно організованою системою, а сукупний ефект діяльності всього кластеру перевищує ефект діяльності кожного окремого суб'єкта, що забезпечує синергетичний ефект [6].

Створення кластеру відходів на регіональному, міжрегіональному чи локальному рівні ґрунтується на ідеї технологічно замкнутого кругообігу використання речовин. Для промислових відходів це організація виробництва за принципом, коли відходи одних виробництв повністю або частково стають сировиною для інших.

Кластери у сфері поводження з відходами характеризуються такими змістовними ознаками:

- цілісність;
- операційна замкнутість;
- циркулярний механізм;
- позитивні зворотні зв'язки;
- автономія.

Кластери є складними системами, елементи яких об'єднані матеріальними, фінансовими, інформаційними потоками, а їх структуру можна зобразити у вигляді графів. Цей метод дає змогу оцінити рівень складності і тип взаємовідносин між компонентами кластеру, а також ефект синергії. На рис. 1 показано різні структури кластерів, розташовані в порядку збільшення синергії [7].

Такі графи показують розвиток кластеру від одиначної ланки (точки розвитку) до асоціації, в якій всі елементи пов'язані між собою прямими й зворотними зв'язками, тому кластер залежно від перерахованих параметрів може змінювати свій зміст і форму: одне підприємство, група взаємопов'язаних підприємств, галузь, об'єднання галузей [7].

Складні зв'язки між суб'єктами всередині кластера (вертикальні, горизонтальні, регіональні тощо) дають змогу забезпечити конкурентоспроможність

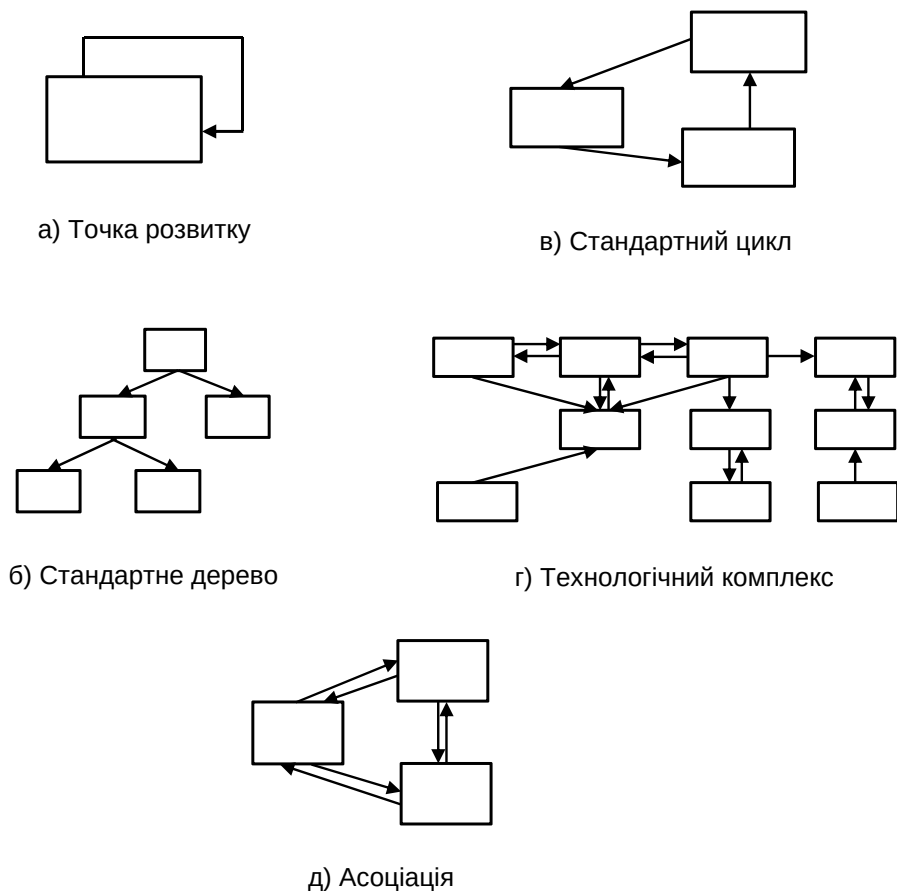


Рис. 1. Структури кластерів

Джерело: [7]

кожного окремого суб'єкта кластеру та регіону загалом, досягти гнучкості управління та ефективності використання ресурсного потенціалу тощо.

Синергетичний ефект під час застосування кластерного підходу до управління відходами досягається за рахунок вжиття таких заходів:

- зменшення інвестиційних витрат на створення об'єктів інфраструктури, а саме на заготовлю, перероблення та ресурсний рециклінг відходів (ефект масштабу);
- скорочення транспортних витрат за рахунок оптимізації руху матеріальних потоків;
- зниження собівартості сировини й виробництва продукції на її основі;
- скорочення витрат, пов'язаних із розміщенням та захороненням відходів.

**Висновки з проведеного дослідження.** Погіршення стану довкілля, зумовлене інтенсивною діяльністю людини, спонукає науковців шукати нові шляхи розв'язання поставлених перед суспільством екологічних проблем. Застосування синергетичного підходу до управління такими складними системами, якими є екологічна безпека, замінює традиційні підходи в цій сфері. Управління відходами нині також потребує перегляду підходів до керування. Формування на кластерній основі так званих чистих циклів забезпечить можливість організувати управління відходами від окремого підприємства до всього регіону й країни на якісно іншому рівні з отриманням суттєвого синергетичного ефекту.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Шевцова Г.З. Синергетичний менеджмент підприємств : монографія. Київ, 2016. 454 с.
2. Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю. Синергетика: нелинейные процессы в экологии : монография. Сумы : Сумский государственный университет, 2016. 229 с.
3. Коломієць С.В. Управління соціально-економічними системами: синергетичний підхід. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 51. С. 215–220. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.51-34>.
4. Овечкіна О.А. Методологічні конструкти дослідження процесів самоорганізації системних об'єктів. *Ефективна економіка*. 2020. № 4. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.4.95.
5. Серіков А.В. До аксіоматики теорії синергетичного управління соціально-економічними системами.

*Ефективна економіка*. 2020. № 8. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.8.69.

6. Маковецька Ю.М., Щупіпенко В.Є. Управління відходами в агломераціях урбурального типу. *Ефективна економіка*. 2020. № 12. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.12.118.

7. Рассказова А.Н. Кластер как основа управления промышленными предприятиями. *Молодой ученый*. 2010. № 10 (21). С. 97–103. URL: <https://moluch.ru/archive/21/2142> (дата звернення: 10.03.2021).

#### REFERENCES:

1. Shevtsova H.Z. (2016) Synerhetychnyy menedzhment pidpryyemstv: monohrafiya [Synergetic management of enterprises: monograph]. Kyiv. (in Ukrainian)
2. Plyatsuk L.D., Chernysh Ye.Yu. (2016) Sinergetika: nelineynyye protsessy v ekologii: monografiya [Synergetics: Nonlinear Processes in Ecology: Monograph]. Sumy. (in Russian)
3. Kolomiets S.V. (2020) Upravlinnya sotsialno-ekonomichnyy systemamy: synerhetychnyy pidkhid [Management of socio-economic systems: synergistic approach]. *Prichornomorski ekonomichni studyi*. Vol. 51, pp. 215–220. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.51-34>. (in Ukrainian)
4. Ovechkina O.A. (2020) Metodolohichni konstrukty doslidzhennya protsesiv samoorhanizatsiyi systemnykh obyektiv. [Methodological constructs of research on self-organization processes of system objects]. *Efektivna ekonomika* [Online]. Vol. 4. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.4.95. (in Ukrainian)
5. Sierikov A.V. (2020) Do aksiomatyky teorii synerhetychnoho upravlinnya sotsial'no-ekonomichnyy systemamy [To the axiomatics of the theory of synergetic management of socio-economic systems]. *Efektivna ekonomika* [Online]. Vol. 8. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.8.69. (in Ukrainian)
6. Makovetska Yu.M. & Shchulipenko V.Ye. (2020) Upravlinnya vidkhodamy v ahlomeratsiyakh urborural'noho typu [Waste management in urban-rural agglomerations]. *Efektivna ekonomika* [Online]. Vol. 12. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.12.118. (in Ukrainian)
7. Rasskazova A.N. (2010) Klaster kak osnova upravlenyya promyshlennyy predpryyatyamy [Cluster as a basis for the management of industrial enterprises]. *Molodoy uchenyy*. Vol. 10 (21), pp. 97–103. URL: <https://moluch.ru/archive/21/2142> (accessed: 10 March 2021). (in Russian)