

УДК 330.31:330.4

JEL Classification: C51, C68, O13, Q570

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2021.6\(39\).17-27](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2021.6(39).17-27)**Р. В. Іванов**, доц., д-р екон. наук*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна*

Концептуальна модель суб'єкту циркулярної економіки в контексті сталого розвитку

У статті розглянуто сутність циркулярної економіки, впровадження якої дозволяє отримувати низку позитивних екологічних, економічних та соціальних ефектів. Відзначено, що їй притаманне виникнення синергетичних ефектів в умовах розвитку еколого-економічних систем, які створюють умови для їх просування до стану стійкого розвитку. Запропоновано та проаналізовано модель суб'єкту циркулярної економіки в контексті сталого розвитку, яка відображає перетворювальну суть, хвильовий характер та циклічність економічних процесів у межах корпускулярно-хвильової концепції формування економічної поведінки. Доведено, що суб'єкт циркулярної економіки більше вмотивований на сталий розвиток та подолання негативних наслідків виробництва, ніж на підтримку наявного стану, що відображає ключові позитивні ефекти впровадження циркулярної економіки.

циркулярна економіка, сталий розвиток, відновлення ресурсів, економічний диполь, мотивація, синергетичний ефект

Р. В. Іванов, доц., д-р екон. наук*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, г. Днепр, Украина*

Концептуальная модель субъекта циркулярной экономики в контексте устойчивого развития

Статье рассмотрена сущность циркулярной экономики, внедрение которой позволяет получать положительные экологические, экономические и социальные эффекты. Отмечено, что ей присуще возникновение синергетических эффектов в условиях развития эколого-экономических систем, которые создают условия для их продвижения к состоянию устойчивого развития. Предложена и проанализирована модель субъекта циркулярной экономики в контексте устойчивого развития, которая отражает преобразовательную суть, волновой характер и цикличность экономических процессов в рамках корпускулярно-волновой концепции формирования экономического поведения. Доказано, что субъект циркулярной экономики больше мотивирован на устойчивое развитие и преодоление негативных последствий производства, чем на поддержание существующего состояния, что отражает ключевые положительные эффекты внедрения циркулярной экономики.

циркулярная экономика, устойчивое развитие, восстановление ресурсов, экономический диполь, мотивация, синергетический эффект

Постановка проблеми. В останні роки все більш актуальними стають проблемні економіко-екологічні питання, зумовлені тим, що наслідком забезпечення економічного розвитку в умовах традиційних лінійних економічних моделей, процеси в яких проходять за алгоритмом «виробництво – використання – утилізація», є суттєвий негативний вплив на навколишнє середовище. Так, у якості передумов трансформації економічних систем лінійного типу окремі дослідники [14] виділяють: проблему ресурсів, проблему забруднення навколишнього середовища та проблему функціонування лінійного типу виробництва.

При цьому однією з альтернативних економічних моделей є циркулярна економіка, в якій акцент робиться на повторному використанні ресурсів, а створення доданої вартості відбувається здебільшого за допомогою послуг та інтелектуальних рішень [5].

Ключовий принцип циркулярної економіки передбачає, що ланцюг створення вартості організований так, що виходи одних його елементів стають входами для

інших, знижуючи залежність від додаткових видів ресурсів. З цієї точки зору науковці [4,17] асоціюють циркулярну економіку та економіку замкненого циклу, яким притаманне виникнення синергетичних ефектів в умовах розвитку еколого-економічних систем. Саме синергетичний ефект створює умови для альтернативних шляхів розвитку еколого-економічних систем та їх просування до стану, який отримав назву стійкого розвитку, що забезпечується їх самоорганізацією [3]. Це дозволяє класифікувати еколого-економічну систему циркулярної економіки як складну динамічну систему, якій притаманні різні режими функціонування, синергетичний тип управління її розвитком та біфуркаційні переходи під дією ендогенних та екзогенних факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сучасному етапі проблемами переходу до екологічно збалансованої економіки, обґрунтування цілей та методів досягнення сталого розвитку як мети людського суспільства займається багато зарубіжних і вітчизняних учених різного наукового профілю, що підкреслює комплексність, складність та багатозначність цих проблем. Питанню запровадження циркулярної економіки приділяють увагу багато закордонних та вітчизняних дослідників. Серед зарубіжних учених можна виділити К. Екстрьома [21], Дж. Корхонена, А. Хонкасало, Дж. Сепала [23], П. Морселетто [24], А. Мюррея, К. Скїна, К. Хейнса [25], А. Тирганову [17], А. Хемшати [22] та ін., а серед вітчизняних – І. Дегтярьову, О. Мельник, А. Бондар [3], І. Зварич [5], М. Григорак, Л. Савченко [1], Т. Орехову [12], О. Чуріканову [19; 20] та ін.

Дж. Форрестер [18] є одним з тих, ким були сформовані головні концептуальні принципи та положення, що утворюють фундаментальну основу теоретичного, методологічного і методичного інструментарію дослідження процесів еколого-економічної взаємодії в контексті стійкого розвитку.

Вагомий внесок у вітчизняну та світову науку, присвячену еколого-економічним системам і сталому розвитку, належить працям з економіко-математичного моделювання, серед яких слід виділити роботи І. Ляшенка [9], А. Онищенко [11], Ю. Тадеєва [15], М. Григорків та В. Григорків [2], Д. Тарасенка [16], С. Рамазанова та інших українських учених. Отримані ними результати пов'язані з розробкою статичних і динамічних моделей взаємозв'язку економіки та навколишнього середовища, ринкових механізмів такої взаємодії, сталого розвитку на мікро- та макрорівні, економіки природокористування, регіональних еколого-економічних систем, а також застосуванням відповідних методів моделювання таких систем.

Говорячи про принципи раціональної взаємодії суспільства з екосистемами, спрямовану на довгострокові стійкі результати, слід згадати дослідження нобелівського лауреата Е. Остром [13], в яких, крім іншого, наголошувалось на самоорганізаційному характері такої динамічної взаємодії, якій притаманні циклічність та згадуваний вище синергетичний ефект.

Саме циклічність відображає перетворювальну суть циркулярної економіки, в якій баланс досягається виникненням стійкого циклу усталеного неперервного перетворення продукту в ресурс (ресурсу в продукт), що відображає концепцію реверсивної логістики в циркулярній економіці [1] та потребує детального дослідження з використання відповідного інструментарію економіко-математичного моделювання.

Не зважаючи на наявність значної кількості наукових публікацій щодо питань переходу до циркулярної економіки, деякі її організаційні, економічні, інституціональні, екологічні, політичні та інші аспекти, питання створення адекватних моделей як еколого-економічної системи в цілому, так і її окремих підсистем, в контексті сталого розвитку потребують поглибленого дослідження.

Постановка завдання. Мета дослідження полягає у побудові концептуальної моделі суб'єкту циркулярної економіки в контексті сталого розвитку, яка відображає її зміст та збереження балансу виробництво-споживання в умовах відтворення ресурсів.

Виклад основного матеріалу. Хвильовий характер та циклічність економічних процесів, як результат самоорганізації, досліджувався в роботах багатьох вчених. Запропонована в роботі Т. Огороднікової [10] корпускулярно-хвильова концепція економічної поведінки передбачає існування економічного суб'єкта відносно таких категорій, як: економічний простір, економічний стан, економічна дія, економічна активність, економічна пасивність, імпульс економічної дії, економічна поведінка, енергія економічної активності, потенціальна економічна енергія та ін.

В сучасній економічній теорії поняття економічного простору застосовується здебільшого з огляду на його географо-топологічне трактування (регіональний, міжрегіональний, національний, світовий економічний простір), для якого географічний аспект розташування конкретних територій робить квазігомеоморфними економічний простір та простір розміщення, розширюючи двовимірний простір за рахунок введення динамічної складової окремих економічних показників.

На відміну від географо-топологічного якісно-функціональний підхід до розуміння економічного простору не передбачає матеріального втілення, а його застосування зумовлено необхідністю введення середовища розповсюдження специфічних коливань поведінки економічних суб'єктів. Разом з цим відсутність матеріального втілення не виключає можливості його геометричної візуалізації [10].

При цьому слід розуміти, що в загальному випадку економічний простір є n -вимірним, а його розмірність узгоджується із кількістю показників, що характеризують стан системи або її елементу. Тому часто приходиться вдаватись до агрегування, структурування та виділення головних з них.

Так в дослідженні [6] сформульовано методологічні принципи опису матеріальних потоків, які базуються на феноменологічному припущенні про те, що їх кінетика ізоморфна руху навколо гідродинамічного джерела (стоку). Це дало можливість обґрунтувати такі поняття, як «економічний стік» та «економічне джерело», які слід інтерпретувати, як точки споживання та виробництва, відповідно. Показники їх інтенсивності є інтегрованими з точки зору припущення про неперервність та однорідність ресурсів (продуктів), що формують ці потоки. Це забезпечується виконанням умови

$$\operatorname{div}V = 0, \quad (1)$$

де V – швидкість, з якою ресурси переміщуються у просторі;

div – диференціальний оператор, який перетворює векторне поле у скалярне.

Рівняння (1) будемо називати «рівняння збереження ресурсів», яке не характеризує ресурси як «нескінченні» або «невичерпані», а лише показує, що вони завжди мають бути розподілені, навіть з нескінченно малою густиною.

Отже, відносно розподілених у економічному просторі ресурсів робиться припущення, що в елементарній його частині кількість ресурсів зберігається незмінною, що узгоджується з рівнянням (1), забезпечується перманентним процесом заміщення використаних однорідних ресурсів та супроводжується їх відповідним рухом. Відзначимо, що зазначений факт є іманентною характеристикою замкненої економічної системи.

Дещо ідеалізована мета існування суб'єкту економіки замкненого циклу полягає у встановленні такого балансу «виробництво-споживання», при якому відходи (втрати)

мінімізуються або взагалі відсутні, що для таких конструкцій, як «економічне джерело» та «економічний стік» означає однакові за модулем але протилежні за знаком інтенсивності тарозташування в одній точці (на відстані, що прямує до нуля) економічного простору, яка характеризує умовний центр досліджуваного економічного суб'єкту у просторі розміщення або параметри його життєдіяльності у просторі станів.

Результатом такої конструкції є виникнення упорядкованого усталеного замкненого потоку, який спрямовує усі створені (відновлені, перероблені) ресурси на задоволення власних потреб або на заміщення раніш використаних (спожитих) та відповідає замкненій економічній системі, баланс в якій підтримується множиною неперервних циклічних перетворень.

В роботі [6] таку структуру запропоновано називати «економічним диполем», який можна вважати узагальненою концептуальною моделлю циркулярної економіки. Модель дещо ідеалізована, але цілком відображає низку ефектів, які в статті [20] відзначені в переліку екологічних та економічних переваг циркулярної економіки:

- скорочення споживання природної сировини та матеріалів;
- використання поновлювальної сировини та матеріалів;
- скорочення витрат на сировину та матеріали;
- зниження витрат на утилізацію та ін.

Крім того, одними з соціальних ефектів такої структури господарювання стають зниження соціальної напруги, зростання репутаційного капіталу [20] та задоволення станом, в якому перебуває досліджувана система.

Адже, у відповідності з розумінням концепції раціональної економічної поведінки у дослідженні [6] автором було обґрунтовано тезу про те, що ендегенною причиною переміщення ресурсів є величина «мотивації...» економічного суб'єкту M .

З огляду на це в роботі [7] математична модель динаміки досліджуваного процесу може бути представлена у вигляді диференціального рівняння:

$$\frac{dV}{dt} = F - gradM, \quad (2)$$

де оператор $grad$ визначає напрямок збільшення мотиваційного фактору;

F – безрозмірна векторна величина зовнішнього впливу в розрахунку до одиниці матеріального об'єму ресурсів.

В рівняннях (1), (2) безрозмірні величини V , M в загальному випадку є функціями, що залежать від просторових змінних та часу t .

Слід зазначити також, що на думку Т. Огородникової [10] економічний зміст мотивації економічної дії полягає у наявності нереалізованого бажання суб'єкта досягнення (встановлення) співпадіння об'єктивної та суб'єктивної оцінки добробуту, у чому автор бачить причину виникнення, так званої, потенціальної економічної енергії.

Отже, розглянемо ситуацію, в якій досліджуваний економічний простір є не простором розміщення, а описується простором станів еколого-економічного суб'єкту (системи), що узгоджується з якісно-функціональним підходом формування економічного простору в роботі [10], в якій економічний стан визначається як сукупність характеристик економічної поведінки в певний момент часу (просторові та енергетичні характеристики).

Двовимірний простір станів, заданий в полярній $(r;\theta)$ системі координат відповідає наступним умовам [7]:

- пов'язаний з декартовою системою координат $(x;y)$ рівностями:

$$x = r \cos \theta; y = r \sin \theta;$$

- початок відріку (0;0) співпадає з точкою у просторі станів, яка відповідає рівноважному стану економічної системи;
- координата r називається «кількісною»; її значення відповідає величині відхилення від існуючого стану, тобто від точки (0;0);
- координата θ називається «якісною»; її значення характеризує позитивність-негативність (покращення-погіршення) стану при відхиленні на величину r від точки (0;0).

Структура економічного диполя у введеному просторі станів наведена на рис. 1.

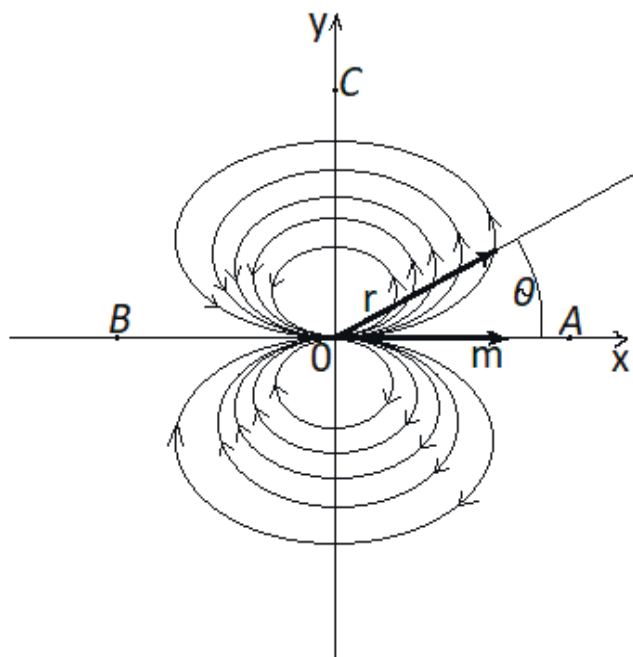


Рисунок 1 – Економічний диполь у двовимірному просторі станів

Джерело: побудовано автором

Потік є усталеним. Рівень позитивності-негативності змін в потоці (покращення-погіршення стану) визначається величиною $\langle \cos \theta \rangle$. Так, $\langle \cos \theta = 1 \rangle$ (точки, розташовані в додатному напрямку осі Ox ; наприклад т. А) визначає напрямок максимально позитивних змін, $\langle \cos \pi = -1 \rangle$ (точки, розташовані у від'ємному напрямку осі Ox ; наприклад, т. В) – напрямок максимально негативних змін, $\langle \cos \frac{\pi}{2} = \cos \frac{3\pi}{2} = 0 \rangle$ (точки, розташовані на осі Oy ; наприклад т. С) – нейтральному впливу на загальний якісний стан системи. Слід також відзначити, що одиницями вимірювання радіальної складової у запропонованому просторі після відповідного обезрозмірювання та масштабування є відсотки покращення-погіршення стану. Вектор m – момент економічного диполя. Його абсолютна величина характеризує саме здатність (потенціал) економічного агента або до можливого покращення стану, або до протидії факторам, які намагаються його погіршити. Момент економічного диполя слід вважати характеристикою потенціальної економічної енергії [10], згадуваної вище.

Застосування концепції про ізоморфний зв'язок окремих процесів самоорганізації потоків в еколого-економічних системах з відповідними фізичними рухами [8] дало підґрунтя для визначення функції потоку, яка повністю відображає структуру економічного диполя (ЕД), зображеного на рисунку 1:

$$\Omega_{ED} = \frac{m \sin^2 \theta}{4\pi r}, \quad (3)$$

де m – момент економічного диполю.

Для економічного диполю поле швидкості (v_r – компонента за «кількісною координатою»; v_θ – компонента за «якісною координатою») має вигляд [8]

$$v_r = \frac{2m \cos \theta}{4\pi r^3}; v_\theta = \frac{2m \sin \theta}{4\pi r^3}. \quad (4)$$

Потік економічного диполю (рис. 1) є усталеним й таким, що відбувається або при відсутності екзогенних факторів, або при їх трансформації в ендегенні (внутрішня мотивація). Отже, для нього справедливим є «рівняння збереження загальної мотивації»

$$M(r, \theta) + \frac{V^2}{2} = M_0, \quad (5)$$

де $V = \sqrt{v_r^2 + v_\theta^2}$, а M_0 – стала величина, яка характеризує величину «мотивації» у стані спокою (задоволення).

Рівняння (5) описує зв'язок між полем швидкості потоку та полем мотивації. При цьому, перший доданок в рівнянні (5) називається «мотивуючим», а другий – «компенсуючим» [7].

З огляду на компоненти (4) та рівняння (5) поле мотивації економічного диполю (рис. 1) описується функцією

$$M(r, \theta) = M_0 - \frac{V^2}{2} = M_0 - \frac{1}{2} \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2 (3 \cos^2 \theta + 1). \quad (6)$$

Сукупність (3), (6) прийемо у якості концептуальної моделі суб'єкту циркулярної економіки. З огляду на введені припущення їй притаманні такі властивості, як скінченність, спрощеність, наближеність, потенціальність та адаптивність. Для перевірки її адекватності та інформативності проведемо аналіз у контексті сталого розвитку.

Так, при $\theta = 0$ (додатний напрямок горизонтальної осі, рис. 1) $v_r = \frac{2m}{4\pi r^3}$; $v_\theta = 0$, тобто відхилення від стану задоволення в напрямку погіршення відсутнє, а всі дії економічного суб'єкту можуть бути сфокусовані на покращенні (стабілізації) стану. Адже, в даному випадку напрямки компоненти швидкості \mathbf{V}_r та моменту економічного диполя m співпадають (див. рисунок 1). У цьому напрямку логістичний потік формується дією «економічного джерела» та відповідає виробничій ланці ланцюга циркулярної економіки.

Навпаки, при $\theta = \pi$ (від'ємний напрямок горизонтальної осі, рис. 1) $v_r = -\frac{2m}{4\pi r^3}$; $v_\theta = 0$ спостерігається максимізація негативного впливу. Саме тому усі дії

економічного агента спрямовані на його мінімізацію за рахунок задоволення власних потреб, що відповідає споживчій ланці ланцюга циркулярної економіки. Структура потоку при цьому формується виключно під дією «економічного стоку».

При цьому множина циклічних переходів з правої півплощини в ліву та центром в т. O (рис. 1) на основі законів збереження відображає намагання зведення відходів до нуля шляхом повторного їх використання у виробництво [19], що відповідає такій бізнес-моделі циркулярної економіки, як відновлення ресурсів (Resources Recovery) [20], що на практиці може бути забезпечено конструюванням продукту так, щоб його матеріали були віддільні і піддавалися вторинній переробці [5].

Так, при $\theta = \frac{\pi}{2}$ (додатний напрямок вертикальної осі) $v_r = 0$; $v_\theta = \frac{m}{4\pi r^3}$ – будь-яке відхилення від стану рівноваги має нейтральний вплив на стан економічного агента. Адже, усі результати власної діяльності з максимальною кутовою швидкістю $v_\theta = \frac{m}{4\pi r^3}$ спрямовуються або на задоволення власних потреб, або на компенсацію тих ресурсів, які були використані раніше.

Аналогічна ситуація спостерігається при $\theta = -\frac{\pi}{2}$ (від'ємний напрямок вертикальної осі): $v_r = 0$; $v_\theta = -\frac{m}{4\pi r^3}$.

Важливим слід вбачати той факт, що при $\theta = 0$ та $\theta = \pi$ абсолютна величина швидкості руху ресурсів дорівнює $V = \frac{2m}{4\pi r^3}$, в той час як при $\theta = \frac{\pi}{2}$ та $\theta = -\frac{\pi}{2}$ має місце значення $V = \frac{m}{4\pi r^3}$.

Пояснення цього факту будемо відшукувати з огляду на особливості діяльності суб'єкту циркулярної економіки в контексті сталого розвитку. Дещо перефразуючи загально прийняте визначення стійкого (сталого) розвитку [4] можна говорити, що сталий розвиток передбачає задоволення потреб суб'єкту у поточному циклі без шкоди для можливості задовольнити потреби у наступному (майбутньому) циклі. Відображенням стійкості функціонування у таких умовах відображається величиною $M_0 = 0$

У цьому випадку при $\theta = \frac{\pi}{2}$ та $\theta = -\frac{\pi}{2}$ мотивація (6) визначається величиною

$$M(r, \theta) = -\frac{1}{2} \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2, \quad (7)$$

а при $\theta = 0$:

$$M(r, \theta) = -2 \left(\frac{m}{4\pi r^3} \right)^2. \quad (8)$$

Обидві величини – (7) (відповідає нейтральній ситуації, яка не містить ніякої загрози для економічного суб'єкту, а лише вимагає виконання стандартних процедур) та (8) (характеризує дії, спрямовані на протидію зовнішнім загрозам) мають від'ємні

значення. Отже, дійсно, діяльність суб'єкту циркулярної економіки вже з моменту створення продукту передбачає необхідність його безвідходного споживання.

При цьому абсолютне значення виразу (8) більше ніж відповідне абсолютне значення виразу (7)

$$\text{abs}(M(r;0)) > \text{abs}\left(M\left(r, \frac{\pi}{2}\right)\right). \quad (9)$$

Таким чином, можна стверджувати, що намагання сталого розвитку (згідно наведеного вище визначення) породжується більшим рівнем мотивації, ніж бажання пасивної підтримки стану економічного суб'єкту на наявному рівні, що цілком коректно відображає головну мету впровадження циркулярної економіки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, циркулярна економіка є ефективним альтернативним ресурсом лінійної економіки. Оскільки еколого-економічні системи є складними динамічними утвореннями, яким притаманні синергетичні ефекти, то пошук умов виникнення їх внутрішньої рівноваги та забезпечення сталого розвитку передбачає створення адекватних моделей. У якості концептуальної моделі суб'єкту циркулярної економіки було запропоновано та проаналізовано конструкт, який отримав назву «економічний диполь». Він відображає самоорганізаційний характер управління суб'єктом циркулярної економіки, баланс між виробництвом і споживанням та циклічний рух ресурсів у межах такої бізнес-моделі циркулярної економіки, як відновлення ресурсів.

Побудована модель враховує більшу вмотивованість суб'єкту циркулярної економіки на сталий розвиток та подолання негативних наслідків виробництва, ніж на пасивну підтримку наявного стану, що відображає позитивні екологічні, економічні та соціальні ефекти впровадження циркулярної економіки.

Перспективи подальших досліджень полягають у необхідності врахування екзогенних факторів, що впливають на суб'єкт циркулярної економіки та вивченні його здатності застосовувати інноваційні методи господарювання, які забезпечують отримання такого ж економічного ефекту при витрачання меншої кількості ресурсів. Розв'язування цих завдань передбачає збільшення розмірності економічного простору, в якому розглядається модель та її розширення за рахунок введення додаткових складових.

Список літератури

1. Григорак М.Ю., Савченко Л.В. Концептуальні основи розвитку реверсивної логістики в циркулярній економіці. *Приазовський економічний вісник*. 2018. №5(10). С. 78-84.
2. Григорків М.В. Моделі еколого-економічної динаміки двосекторної економіки з основним і допоміжним виробництвом. *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 6. С. 214-221.
3. Дегтярьова І.Б., Мельник О.І., Бондар А.В. Синергетичні ефекти еколого-економічних систем в умовах інформаційної економіки. *Механізм регулювання економіки*, 2013, № 3. С.30-37.
4. Дорохина Е., Харченко С. Бизнес-модели экономики замкнутых циклов как механизм достижения устойчивого развития. *Экология и промышленность России*. 2017. 21(7). С. 58-61.
5. Зварич І. Глобальна циркулярна економіка як засіб побудови нового екологічно стійкого суспільства. *Світ фінансів*. 2016. Вип. 4. С. 148-155.
6. Іванов Р.В. Концептуальна модель економічної поведінки домогосподарства в умовах самозабезпечення. *Бізнес Інформ*. 2015. №10. С. 137-141.
7. Іванов Р.В. Узагальнена математична модель раціональної економічної поведінки. *Бізнес Інформ*. 2015. №12. С. 139-143.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва : Наука, 2003. 846 с.

9. Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. Київ: Вища школа, 1999. 236 с.
10. Огородникова Т.В. Основные понятия корпускулярно-волновой концепции экономического поведения. *Известия Байкальского государственного университета*. 2005. №. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-ponyatiya-korpuskulyarno-volnovoy-kontseptsii-ekonomicheskogo-povedeniya> (Дата звернення: 12.03.2021).
11. Онищенко А.М. Моделювання еколого-економічної взаємодії в процесі виконання рішень Кіотського протоколу. Полтава: Полтавський літератор, 2011. 398 с.
12. Орехова Т. Циркулярна економіка як глобальний імператив. *Журнал європейської економіки*. 2020. 18(4). С. 360-371.
13. Остром Э. Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. Москва: Мысль, ИРИСЭН, 2011. 447 с.
14. Сергієнко-Бердюкова Л.В. Передумови формування та впровадження концепції циркулярної економіки. *Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу*. 2016. 3(33). С. 327–352.
15. Тадєєв Ю.П. Економіко-математичне моделювання та сталий розвиток. *Проблеми системного підходу в економіці: Збірник наук. праць НАУ*. 2010. Вип. 33. С. 69–73.
16. Тарасенко Д. Моделювання еколого-економічних процесів для забезпечення ефективної політики сталого розвитку та зеленої модернізації. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2018. 29 (68). № 5. С. 129-133. DOI: 10.32680/2409-9260-2018-11-263-210-230
17. Тырганова А.А. Экономика замкнутого цикла как новая модель мировой экономики: зарубежный опыт и российская практика. *Экономика России в XXI веке : сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции "Экономические науки и прикладные исследования: фундаментальные проблемы модернизации экономики России"*. 18-22 ноября 2014 г. Томск : Изд-во ТПУ, 2014. С. 301-304.
18. Форрестер Дж. Мировая динамика / Пер. с англ. А. Ворощука. Москва.: АСТ; 2003. 379 с.
19. Чуріканова О.Ю. Запровадження циркулярної економіки на державному та регіональному рівнях: проблеми та перспективи. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2020. Випуск 33. Частина 2. С. 124-129. DOI:10.32782/2413-9971/2020-33-43
20. Чуріканова О.Ю. Інноваційні бізнес-моделі циркулярної економіки на регіональному рівні. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020. № 4. Том 1. С. 204-208. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-284-4-38
21. Ekström K.M., Salomonson N. Reuse and Recycling of Clothing and Textiles – A Network Approach. *Journal of Macromarketing*. 2014. Vol. 34. № 3. P. 383–399.
22. Heshmati A. A Review of the Circular Economy and its Implementation. *International Journal of Green Economics*. 2017. 11(3-4) P. 251-288.
23. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*. 2018. 143. P. 37-46.
24. Morsetto P. Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020. 153. 104553. P. 1-12. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.104553
25. Murray A., Skene K., Haynes K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*. 2017. 140(3) P. 369-380.

References

1. Hryhorak, M.Yu., & Savchenko, L.V. (2018). Kontseptualni osnovy rozvytku reversyvnoi lohistyky v tsyrkuliarnii ekonomitsi [Conceptual bases of development of reverse logistics in circular economy]. *Pryazovskyi ekonomichnyi visnyk – Priazovsky Economic Bulletin*, 5(10), 78-84 [in Ukrainian].
2. Hryhorkiv, M.V. (2017). Modeli ekoloho-ekonomichnoi dynamiky dvosekturnoi ekonomiky z osnovnym i dopomizhnym vyrobnytstvom [Models of ecological and economic dynamics of two-sector economy with main and auxiliary production]. *Aktualni problemy ekonomiky – Actual economic problems*, 6, 214-221 [in Ukrainian].
3. Dehtiarova, I.B., Melnyk, O.I., & Bondar, A.V. (2013). Synerhetychni efekty ekoloho-ekonomichnykh system v umovakh informatsiinoi ekonomiky [Synergetic effects of ecological and economic systems in the information economy]. *Mekhanizm rehuliuвання ekonomiky – The mechanism of economic regulation*, 3, 30-37 [in Ukrainian].

4. Dorohina, E., & Harchenko, S. (2017). Biznes-modeli ekonomiki zamknutyh ciklov kak mekhanizm dostizheniya ustojchivogo razvitiya [Business models of a closed-cycle economy as a mechanism for achieving sustainable development]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and industry of Russia*, 21(7), 58-61 [in Russian].
5. Zvarych, I. (2016). Hlobalna tsyrkuliarna ekonomika yak zasib pobudovy novoho ekolohichno stiikoho suspilstva [The global circular economy will inspire a new environmentally friendly suspension]. *Svit finansiv – The world of finance*, 4, 148-155 [in Ukrainian].
6. Ivanov, R.V. (2015). Kontseptualna model ekonomichnoi povedinky domohospodarstva v umovakh samozabezpechennia [Conceptual model of economic behavior of a household in the conditions of self-sufficiency]. *Biznes Inform – Business Inform*, 10, 137–141 [in Ukrainian].
7. Ivanov, R.V. (2015). Uzahalnena matematychna model ratsionalnoi ekonomichnoi povedinky [Generalized mathematical model of rational economic behavior]. *Biznes Inform – Business Inform*, 12, 139–143 [in Ukrainian].
8. Lojcyanskij, L.G. (2003). *Mekhanika zhidkosti i gaza [Mechanics of liquid and gas]*. Moskva: Nauka [in Russian].
9. Liashenko, I.M. (1999). *Ekonomiko-matematychni metody ta modeli staloho rozvytku [Economic and mathematical methods and models of sustainable development]*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
10. Ogorodnikova, T.V. (2005). Osnovnye ponyatiya korpuskulyarno-volnovoj koncepcii ekonomicheskogo povedeniya [Basic concepts of the wave-particle concept of economic behavior]. *Izvestiya Bajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Baikal State University*, 1. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-ponyatiya-korpuskulyarno-volnovoy-kontseptsii-ekonomicheskogo-povedeniya> [in Russian].
11. Onyshchenko, A.M. (2011). *Modeliuvannia ekoloho-ekonomichnoi vzaiemodii v protsesi vykonannia rishen Kiotskoho protokolu [Modeling of ecological and economic interaction in the process of implementing the decisions of the Kyoto Protocol]*. Poltava: Poltavskiy literator [in Ukrainian].
12. Oriekhova, T. (2020). Tsyrukuliarna ekonomika yak hlobalnyi imperatyv [Circular economy as a global imperative]. *Zhurnal yevropeiskoi ekonomiky – Journal of European Economy*, 18(4), 360-371 [in Ukrainian].
13. Ostrom, E. (2011). *Upravlyaya obshchim. Evolyuciya institutov kollektivnoj deyatelnosti [Managing the General. Evolution of institutions of collective action]*. Moskva: Mysl', IRISEN [in Russian].
14. Serhiienko-Berdiukova, L.V. (2016). Peredumovy formuvannia ta vprovadzhennia kontseptsii tsyrkuliarnoi ekonomiky [Prerequisites for the formation and implementation of the concept of circular economy]. *Problemy teorii ta metodologii bukhgalterskoho obliku, kontroliu i analizu – Problems of theory and methodology of accounting, control and analysis*, 3(33), 327–352 [in Ukrainian].
15. Tadeiev, Yu.P. (2010). Ekonomiko-matematyчне modeliuvannia ta stalyy rozvytok [Economic and mathematical modeling and sustainable development]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi: Zbirnyk nauk. prats NAU – Problems of the system approach in economy: Collection of scientific works of NAU*, 33, 69–73 [in Ukrainian].
16. Tarasenko, D. (2018). Modeliuvannia ekoloho-ekonomichnykh protsesiv dlia zabezpechennia efektyvnoi polityky staloho rozvytku ta zelenoi modernizatsii [Modeling of ecological and economic processes to ensure an effective policy of sustainable development and green modernization]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnogo universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Ekonomika i upravlinnia – Scientific notes of Tavriya National University named after V.I. Vernadsky. Series: Economics and Management*, 29 (68), 5, 129-133. DOI: 10.32680/2409-9260-2018-11-263-210-230 [in Ukrainian].
17. Tyrganova, A.A. (2014). Ekonomika zamknutogo cikla kak novaya model' mirovoj ekonomiki: zarubezhnyj opyt i rossijskaya praktika [Circular Economy as a New Model of the World Economy: Foreign Experience and Russian Practice]. *Ekonomika Rossii v XXI veke: sbornik nauchnyh trudov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Ekonomicheskie nauki i prikladnye issledovaniya: fundamental'nye problemy modernizacii ekonomiki Rossii" – Economy of Russia in the XXI century: collection of scientific papers of the XI International scientific-practical conference "Economic sciences and applied research: fundamental problems of modernization of the Russian economy"*, 301-304 [in Russian].
18. Forrester, Dzh. (2003). *World dynamics*. (A. Voroshchuka, Trans). Moskva: AST.
19. Churikanova, O.Yu. (2020). Zaprovdzhennia tsyrkuliarnoi ekonomiky na derzhavnomu ta rehionalnomu rivniakh: problemy ta perspektyvy [Introduction of circular economy at the state and regional levels: problems and prospects]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnogo universytetu – Scientific*

- Bulletin of Uzhhorod National University*, 33, 2, 124-129. DOI:10.32782/2413-9971/2020-33-43 [in Ukrainian].
20. Churikanova, O.Yu. (2020). Innovatsiini biznes-modeli tsyrkuliarnoi ekonomiky na rehionalnomu rivni [Innovative business models of the circular economy at the regional level]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of Khmelnytsky National University*, 4, 1, 204-208. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-284-4-38 [in Ukrainian].
 21. Ekström, K.M., & Salomonson, N. (2014). Reuse and Recycling of Clothing and Textiles – A Network Approach. *Journal of Macromarketing*, Vol. 34, 3, 383–399 [in English].
 22. Heshmati, A. (2017). A Review of the Circular Economy and its Implementation. *International Journal of Green Economics*, 11(3-4), 251-288 [in English].
 23. Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, 143, 37-46 [in English].
 24. Morsetto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553, 1-12. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.104553 [in English].
 25. Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140(3), 369-380 [in English].

Roman Ivanov, Associate Professor, Doctor in Economics (Doctor of Economic Sciences)

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Conceptual Model of the Subject of Circular Economy in the Context of Sustainable Development

The article deals with certain issues of the introduction and functioning of the circular economy, the introduction of which allows you to obtain positive environmental, economic and social effects. It is noted that it is characterized by the emergence of synergistic effects in the conditions of development of ecological and economic systems, which create conditions for their advancement towards a state of sustainable development.

A model of the subject of a circular economy in the context of sustainable development, which reflects the transformative essence, wave nature and cyclical nature of economic processes within the framework of the wave-particle concept of the formation of economic behavior, is proposed and analyzed. The model is formulated in accordance with the methodological principles of describing material flows, which are based on the phenomenological assumption that their kinetics is isomorphic to the dynamics of a continuous medium. The presented construct was named “economic dipole”. The model is built in the state space, the coordinates of which characterize the quantitative and qualitative indicators of the studied subject. The model reflects the self-organizing nature of the management of a circular economy entity, the balance between production and consumption and cyclical movement within the framework of such a circular economy business model as resource recovery. It minimizes the cost of resources by increasing the efficiency of production through reverse flows. The adequacy and information content of the model was checked by analyzing the fields of speed and motivation, the connection of which in the context of sustainable development is represented by the equation of maintaining overall motivation, which consists of a motivating and compensating component.

It is shown that the subject of the circular economy is more motivated for sustainable development and overcoming the negative consequences of production than for maintaining the existing state, which reflects the key positive effects of introducing a circular economy.

circular economy, sustainable development, resource recovery, economic dipole, motivation, synergistic effect

Одержано (Received) 12.04.2021

Прорецензовано (Reviewed) 26.04.2021

Прийнято до друку (Approved) 31.05.2021