

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-58>

УДК 58.082.01

Зварич Ірина Ярославівна

доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри міжнародної економіки,
Західноукраїнський національний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5155-540X>

Чжун Демін

доктор філософії,
Школа економіки та менеджменту,
Університет Сіньюй, Китай
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6001-2715>

Гладкий Ярослав

аспірант,
Західноукраїнський національний університет
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7130-1301>

Iryna Zvarych

West Ukrainian National University

Demin Zhong

School of Economics and Management,
Xinyu University, China

Iaroslav Gladkyi

West Ukrainian National University

**ЕВОЛЮЦІЯ СИСТЕМИ ІНДЕКСІВ ОЦІНКИ РОЗВИТКУ
РЕГІОНАЛЬНОЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ:
ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНА ЗОНА СІНЬЮ****EVOLUTION OF THE EVALUATION INDEX SYSTEM FOR
REGIONAL CIRCULAR ECONOMY DEVELOPMENT:
XINYU HIGH-TECH ZONE**

Анотація. Ця стаття має на меті дослідити метод побудови системи індексів оцінки регіонального циркулярного економічного розвитку та проаналізувати шлях його еволюції. Дослідження бере за приклад китайську економіку та проводить поглиблені дослідження 31 провінції, автономних регіонів і муніципалітетів, які безпосередньо підпорядковуються центральному уряду. Результати досліджень показують, що існують очевидні регіональні відмінності в рівні розвитку циркулярної економіки Китаю. У цій статті проводиться поглиблене дослідження розвитку циркулярної економіки в зоні високих технологій Сіньюй. Аналізуючи огляд економічного розвитку, модель розвитку циркулярної економіки та побудову системи оцінки циркулярної економіки, було узагальнено успішний досвід, виявлено існуючі проблеми та висунуто відповідні контрзаходи та пропозиції.

Ключові слова: циркулярна економіка, система індексів оцінювання, регіональні відмінності, сталий розвиток, зона високих технологій Сіньюй, модель розвитку, система оцінювання, проектне будівництво.

Summary. This paper aims to explore the construction method of the evaluation index system for regional circular economic development and analyze its evolution path. The research takes the Chinese economy as an example and conducts in-depth studies on 31 provinces, autonomous regions and municipalities directly under the Central Government. By constructing an evaluation index system covering three dimensions of economy, resources and environment, and adopting principal component analysis and spatial analysis methods, the development level of circular economy in each region was scientifically evaluated. The research results show that there are obvious regional differences in the development level of China's circular economy. The development level in the eastern coastal areas is relatively high, while that in the central and west-ern regions is relatively low. Based on this, this paper puts forward policy suggestions such as strengthening regional cooperation, focusing on the quality and sustainability of economic growth, and maintaining social stability. This article conducts an in-depth study

on the development of circular economy in Xinyu High-tech Zone. By analyzing its economic development overview, the development model of circular economy and the construction of the evaluation system of circular economy, the successful experiences were summarized, the existing problems were identified, and corresponding countermeasures and suggestions were put forward. The research results show that Xinyu High-tech Zone has achieved remarkable results in the development of a circular economy, but it still faces some challenges, such as structural problems in the heavy chemical industry and the overall lagging performance of resource output rate. This article aims to provide references and lessons for the development of circular economy in other regions. As an important economic development area in Jiangxi Province, the High-tech Zone of Xinyu City has been actively exploring the development path of the circular economy and has achieved remarkable results.

Keywords: Circular economy, Evaluation index system, Regional differences, Sustainable development, Xinyu High-tech Zone, Development model, Evaluation system, project' construction.

Постановка проблеми. Циркулярна економіка, як модель економічного розвитку, спрямована на досягнення ефективного використання ресурсів і захисту навколишнього середовища, отримала значну увагу в останні роки. Для наукової оцінки рівня розвитку регіональної циркулярної економіки особливо важливо побудувати розумну систему індексів оцінки. Ця стаття має на меті дослідити метод побудови системи індексів оцінки розвитку регіональної циркулярної економіки та проаналізувати шлях її розвитку з очікуванням надання теоретичної підтримки та практичного керівництва для сталого розвитку регіональної циркулярної економіки. На тлі дедалі більшого напруження глобальних ресурсів і погіршення забруднення навколишнього середовища циркулярна економіка, як нова модель економічного розвитку, поступово привернула увагу урядів і підприємств у всьому світі. Будучи важливим районом економічного розвитку в провінції Цзянсі, високотехнологічна зона міста Сіньюй активно досліджує шлях розвитку циркулярної економіки та досягла чудових результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ключовим елементом циркулярної моделі є стратегія «3R» – Reduce (скорочення), Reuse (повторне використання), Recycle (переробка). Китайська дослідниця Дай Лі підкреслює, що саме «3R» є ядром циркулярної економіки, оскільки ці принципи дозволяють мінімізувати вхідні потоки сировини та енергії, одночасно зменшуючи екологічне навантаження. Розширення цієї концепції до моделей «9R» або «10R» свідчить про поглиблення розуміння життєвого циклу товарів, включаючи такі етапи, як Refurbish (оновлення), Remanufacture (перевиробництво) та Repurpose (перепрофілювання). Важливим внеском у теорію СЕ є праці Германа Дейлі [5], зокрема його концепція розвитку «поза межами зростання» (Beyond Growth). Дейлі аргументує, що нескінченне економічне зростання на обмеженій планеті є фізично неможливим, тому перехід до економіки сталого стану (steady-state economy) через циркулярні механізми є єдиним шляхом виживання людства. Ці ідеї корелюють з дослідженнями Джона Прупса, пам'яті якого присвячено некролог Мальте Фабера, де Прупс описується як піонер

екологічної економіки, що заклав підвалини для аналізу матеріальних потоків. Аналіз китайської наукової літератури дозволяє виявити чітку географічну диференціацію успіхів у впровадженні СЕ. Дослідження показують, що екологічна стійкість Китаю демонструє контрастну модель: вона є сильною на заході (за рахунок низької промислової щільності та збереження природних ресурсів), слабкою на сході (через екстремальне навантаження промисловості) та помірною в центрі. Зокрема, міста Пекін, Шанхай та Тяньцзін демонструють високі показники екологічної трансформації (рівні 1 та 2), оскільки вони першими перейшли на постіндустріальну модель розвитку та цифровізацію. Натомість такі провінції, як Цзянсу та Гуандун, попри високий ВВП, мають нижчий рівень екологічної безпеки (рівні 4 та 5), що вимагає негайного впровадження технологій «зелених» інновацій. Цифровізація економічного поясу річки Янцзи стала об'єктом дослідження Гао Шаокуя (2024) [12], який довів, що впровадження цифрових технологій безпосередньо знижує енергоємність регіону через механізми технологічного переливу. Використання великих даних дозволяє оптимізувати ланцюги постачання, що є основою для «зворотної логістики» – важливого компонента циркулярної системи.

У статті проаналізовано китайську економіку та 31 провінція, автономних регіонів і муніципалітетів, які безпосередньо підпорядковуються уряду Центральної Республіки в Китаї. Ці регіони мають значні відмінності щодо рівня економічного розвитку, забезпеченості ресурсами та захисту навколишнього середовища, що є багатим прикладом для аналізу розвитку регіональної циркулярної економіки. Дані цього дослідження в основному походять зі статистичних щорічників і звітів про моніторинг навколишнього середовища, опублікованих Національним бюро статистики Китаю, Міністерством охорони навколишнього середовища та відповідними місцевими органами влади. Ці дані охоплюють численні аспекти, такі як економіка, ресурси та навколишнє середовище, забезпечуючи міцну основу для побудови системи індексів оцінки. Високотехнологічна зона міста Сіньюй розташована в центральній частині провінції Цзянсі і є важливою територією еко-

номічного розвитку провінції. В останні роки ця сфера активно реагує на національну політику циркулярної економіки та прагне сприяти скоординованому розвитку економіки, суспільства та навколишнього середовища. Дані для цього дослідження в основному взяті зі Статистичного щорічника високотехнологічної зони міста Сіньюй, звітів про моніторинг навколишнього середовища, річних звітів підприємств і відповідних урядових документів. Водночас за допомогою анкет та інтерв'ю були зібрані думки та пропозиції щодо розвитку економіки країн від підприємств та резидентів. Рівень розвитку регіональної циркулярної економіки був науково оцінений за допомогою аналізу основних компонентів. Крім того, були прийняті методи просторового аналізу для проведення поглибленого аналізу характеристик просторового розподілу розвитку циркулярної економіки в різних провінціях Китаю. У той же час, взявши за об'єкт дослідження високотехнологічну зону міста Сіньюй, шляхом поглибленого аналізу процесу її розвитку, поточної ситуації, досвіду та існуючих проблем циркулярної економіки, модель розвитку циркулярної економіки та були виділені контрзаходи універсального керівного значення. Крім того, була побудована та оброблена система оцінки циркулярної економіки за допомогою методів кількісного аналізу для наукової оцінки рівня розвитку циркулярної економіки у високотехнологічній зоні міста Сіньюй.

Мета статті. Ця стаття має на меті провести поглиблене дослідження розвитку циркулярної економіки у високотехнологічній зоні міста Сіньюй, проаналізувати її успішний досвід, існуючі проблеми та висунути відповідні контрзаходи та пропозиції з очікуванням надання пропозицій для розвитку циркулярної економіки в інших регіонах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Щоб всебічно та точно оцінити рівень розвитку регіональної циркулярної економіки, у цій статті побудовано набір систем індексів оцінки, що включає три виміри: економіки, ресурсів та навколишнього середовища. Економічний вимір головним чином відображає рівень і якість регіонального економічного розвитку, включаючи такі показники, як ВВП на душу населення, промислова додана вартість і частка доданої вартості третинної промисловості у ВВП. Вимір ресурсів головним чином відображає ефективність використання та сталість ресурсів, включаючи такі показники, як споживання енергії на одиницю ВВП, споживання води на одиницю ВВП та рівень лісистості. Екологічний вимір головним чином відображає ефективність захисту навколишнього середовища та управління, включаючи такі показники, як обсяг скидання промислових стічних вод, обсяг скидання промислових відпрацьованих газів і швидкість очищення стічних вод. Конкретні показники наведені в таблиці 1 наступним чином (додаток А).

Таблиця 1 – Попередній вибір індикаторів оцінки циркулярної економіки

Рівень оцінювання	Рівень фактора	Рівень індикатора	Одиниця	Тип індикатора
1	2	3	4	5
Економічні показники (B1)	Показники економічного результату (C1)	ВВП (D1)	Мільярд юанів	Позитивний
		ВВП на душу населення (D2)	Юань	Позитивний
		Наявний дохід міських жителів на душу населення (D3)	Юань	Позитивний
		Чистий дохід сільських жителів на душу населення (D4)	Юань	Позитивний
		Рівень споживчих витрат (D5)	Юань	Позитивний
	Індикатори промислової структури (C2)	Додана вартість першої галузі (D6)	Мільярд юанів	Позитивний
		Додана вартість другої галузі (D7)	Мільярд юанів	Позитивний
		Додана вартість третьої галузі (D8)	Мільярд юанів	Позитивний
Індикатори ресурсів (B2)	Індикатори споживання ресурсів (C3)	Споживання енергії на 10 000 юанів ВВП (D9)	Тон стандартного вугілля/10 000 юанів	Обернений
		Споживання енергії на 10 000 юанів промислової доданої вартості (D10)	Тон стандартного вугілля/10 000 юанів	Обернений
		Споживання води на 10 000 юанів ВВП (D11)	10 000 куб м/млрд юанів	Обернений
		Споживання води на 10 000 юанів промислової доданої вартості (D12)	10 000 куб м/млрд юанів	Обернений
	Індикатори використання ресурсів (C4)	Комплексний рівень використання твердих промислових відходів (D13)	%	Позитивний
		Рівень нешкідливої обробки міських побутових відходів (D14)	%	Позитивний

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5
Індикатори ресурсів (B2)	Індикатори використання ресурсів (C4)	Швидкість повторного використання міської води (D15)	%	Позитивний
		Швидкість повторного використання промислової води (D16)	%	Позитивний
		Швидкість повторного використання міських стічних вод (D17)	%	Позитивний
		Швидкість очищення міських стічних вод (D18)	%	Позитивний
		Співвідношення землекористування будівництвом (D20)	%	Позитивний
Екологічні індикатори (B3)	Індикатори викидів відходів (C5)	Загальне промислове утворення твердих відходів (D21)	10,000 тонн	Обернений
		Загальний скид стічних вод (D22)	10,000 тонн	Обернений
		Скидання промислових стічних вод (D23)	10,000 тонн	Обернений
		Промислові викиди в повітря (D24)	10,000 куб/м	Обернений
		Викиди діоксиду сірки (D25)	10,000 тонн	Обернений
		Промислові викиди діоксиду сірки (D26)	10,000 тонн	Обернений
		Викиди оксиду азоту (D27)	10,000 тонн	Обернений
		Промислові викиди оксиду азоту (D28)	10,000 t тонн	Обернений
		Викиди пилу (D29)	10,000 тонн	Обернений
	Промислові викиди пилу (D30)	10,000 тонн	Обернений	
	Індикатори контролю забруднення (C6)	Частка загальних інвестицій у забруднення навколишнього середовища (D31)	%	Позитивний
		Частка загальних інвестицій у промислове забруднення (D32)	%	Позитивний
		Зелений коефіцієнт охоплення забудованих територій (D33)	%	Позитивний
		Рівень лісистості (D34)	%	Позитивний
		Рівень охоплення пасовищ (D35)	%	Позитивний

Джерело: складено авторами

Щоб усунути відмінності розмірів між різними показниками та підвищити точність результатів оцінки, у цій статті використовується метод стандартизації даних для попередньої обробки даних. Тим часом, щоб зменшити кореляцію між індикаторами та виділити основні фактори, що впливають на розвиток регіональної циркулярної економіки, використовується метод аналізу основних компонентів для зменшення розмірності індикаторів. За допомогою аналізу основних компонентів визначено кілька основних факторів, що впливають на розвиток регіональної циркулярної економіки, і розраховує комплексні бали кожного регіону [8–10].

Завдяки аналізу основних компонентів 31 провінції, автономних регіонів і муніципалітетів, безпосередньо підпорядкованих центральному уряду Китаю, ця стаття отримує бали та вичерпні рейтинги кожного регіону в трьох вимірах економіки, ресурсів і навколишнього середовища. Конкретні результати наведені в таблицях 2, 3 і 4. З таблиці

видно, що існують значні відмінності в розвитку циркулярної економіки між різними регіонами. Рівень розвитку східних прибережних територій відносно високий, тоді як центральних і західних регіонів відносно низький.

Будучи важливим районом економічного розвитку в провінції Цзянсі, високотехнологічна зона міста Сіньюй за останні роки досягла значних результатів в економічному розвитку. Доповнюючи стратегію розвитку циркулярної економіки, регіон поступово перетворився з традиційної важкої хімічної промисловості на сучасну промислову систему, розширився з єдиної важкої хімічної промисловості до функцій екологічно чистого та придатного для життя міста та просунувся від лінійної економіки до циркулярної економіки та сталого розвитку. Нижче наведено дані про ВВП і промислову додану вартість високотехнологічної зони міста Сіньюй з 2018 по 2022 рік [1–4].

З рисунка 1 видно, що як ВВП, так і промислова додана вартість високотехнологічної зони

Таблиця 2 – Класифікація економічного розвитку в регіональній циркулярній економіці в провінціях Китаю

Рівні	Рейтинг	Регіони
Рівень 1 (Високий)	1–6	Цзянсу, Гуандун, Шаньдун, Чжецзян, Шанхай, Пекін
Рівень 2 (відносно високий)	7–12	Ляонін, Хенань, Тяньцзінь, Хебей, Фуцзянь, Сичуань
Рівень 3 (Середній)	13–18	Хубей, Хунань, Внутрішня Монголія, Аньхой, Хейлунцзян, Цзілінь
Рівень 4 (відносно низький)	19–24	Шеньсі, Гуансі, Чунцін, Цзянсі, Шаньсі, Юньнань
Рівень 5 (Низький)	25–31	Сінцзян, Хайнань, Гуйчжоу, Нінся, Ганьсу, Цинхай, Тибет

Джерело: складено авторами

Таблиця 3 – Класифікація використання ресурсів у провінційній циркулярній економіці Китаю

Рівні:	Рейтинг	Регіони
Рівень 1 (Високий)	1–6	Тяньцзінь, Шаньдун, Чжецзян, Цзянсу, Гуандун, Аньхой
Рівень 2 (відносно високий)	7–12	Шеньсі, Хенань, Фуцзянь, Пекін, Ляонін, Цзянсі
Рівень 3 (Середній)	13–18	Гуансі, Хубей, Хебей, Хайнань, Чунцін, Сичуань
Рівень 4 (відносно низький)	19–24	Цзілінь, Шаньсі, Шанхай, Внутрішня Монголія, Хунань, Гуйчжоу
Рівень 5 (Низький)	25–31	Нінся, Хейлунцзян, Ганьсу, Юньнань, Цинхай, Сінцзян, Тибет

Джерело: складено авторами

Таблиця 4 – Класифікація охорони навколишнього середовища в регіональній циркулярній економіці Китаю

Рівні:	Рейтинг	Регіони
Рівень 1 (Високий)	1–6	Хайнань, Тибет, Цинхай, Пекін, Тяньцзінь, Нінся
Рівень 2 (відносно високий)	7–12	Ганьсу, Шанхай, Чунцін, Цзілінь, Фуцзянь, Юньнань
Рівень 3 (Середній)	13–18	Хунань, Хубей, Цзянсі, Гуйчжоу, Гуансі, Хейлунцзян
Рівень 4 (відносно низький)	19–24	Сінцзян, Шеньсі, Сичуань, Аньхой, Чжецзян, Ляонін
Рівень 5 (Низький)	25–31	Гуандун, Внутрішня Монголія, Шаньсі, Хенань, Цзянсу, Шаньдун, Хебей

Джерело: складено авторами

Сінью продемонстрували стійку тенденцію до зростання, що вказує на те, що регіон досяг значних результатів в економічному розвитку.

У процесі розвитку циркулярної економіки високотехнологічна зона міста Сінью дослідила модель розвитку, яка відповідає її власним характеристикам. Цю модель очолює уряд, головним органом якої є великі підприємства, носієм – проектне будівництво, ланкою – промисловий ланцюг, який повністю реалізує циклічний режим виробництва в таких галузях промисловості, як сталь, нафтохімія та енергетика. Завдяки побудові промислових ланцюгових проектів циркулярної економіки цей регіон спочатку сформував три відносно повні системи циркулярної економіки: сталеву систему циркулярної економіки, нафтохімічну систему циркулярної економіки та систему циркулярної економіки електроенергії [3–7].

З метою наукової оцінки рівня розвитку циркулярної економіки у високотехнологічній зоні міста Сінью у цій статті побудовано набір систем оцінки циркулярної економіки. Ця система скла-

дається з трьох основних категорій: економічні показники, індикатори ресурсів і екологічні індикатори, за якими існує кілька підкатегорій і конкретних індикаторів. Ваги кожного індексу визначали за допомогою процесу аналітичної ієрархії (АНР), а значення кожного індексу були підписані в поєднанні з експертним методом оцінки. Нарешті, було отримано повну оцінку розвитку циркулярної економіки у високотехнологічній зоні міста Сінью. Нижче наведено дані про рівень відновлення ресурсів, споживання енергії та викиди відходів високотехнологічної зони Сінью з 2018 по 2022 рік [13–15].

З рисунка 2 видно, що рівень відновлення ресурсів у високотехнологічній зоні Сінью зростає з кожним роком, тоді як споживання енергії та викиди відходів зменшуються з кожним роком, що вказує на те, що ця територія досягла багатозначних результатів у використанні ресурсів та охороні навколишнього середовища.

Розвиток регіональної системи циркулярної економіки є динамічним процесом, на який впли-

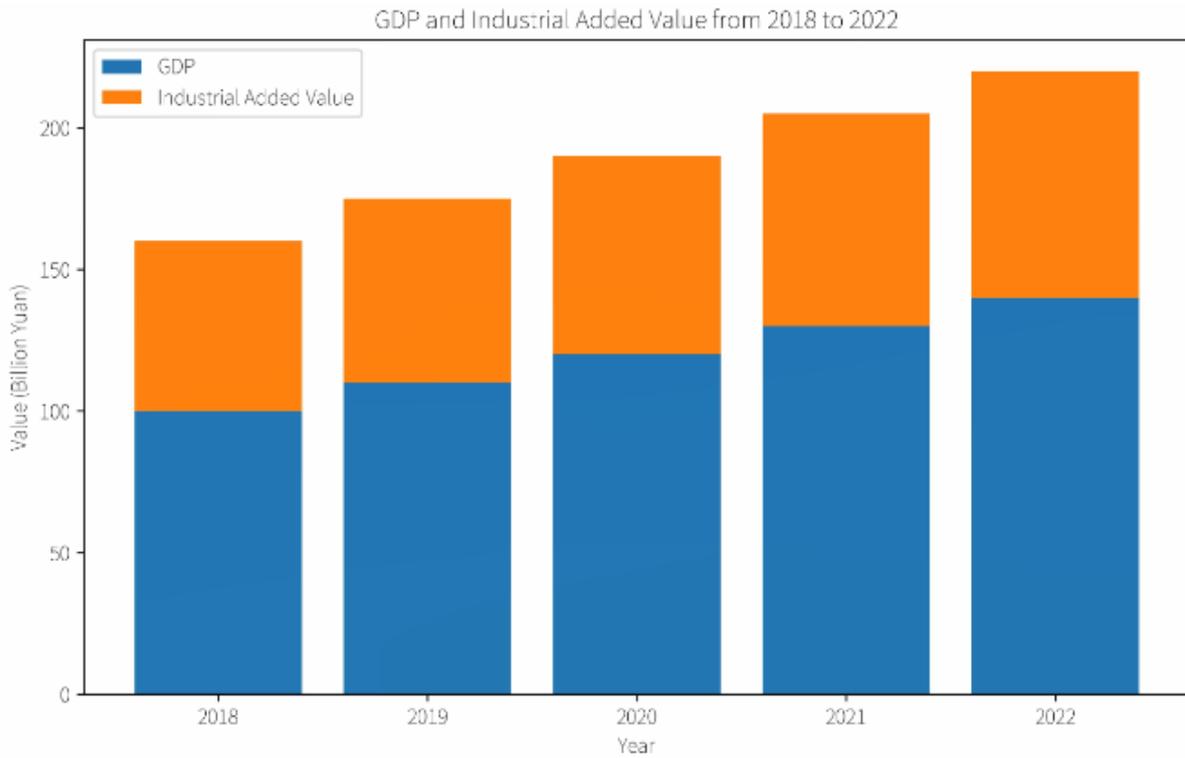


Рисунок 1 – ВВП і промислова додана вартість високотехнологічної зони Сінью з 2018 по 2022 рік.

Джерело: складено авторами на основі [17]

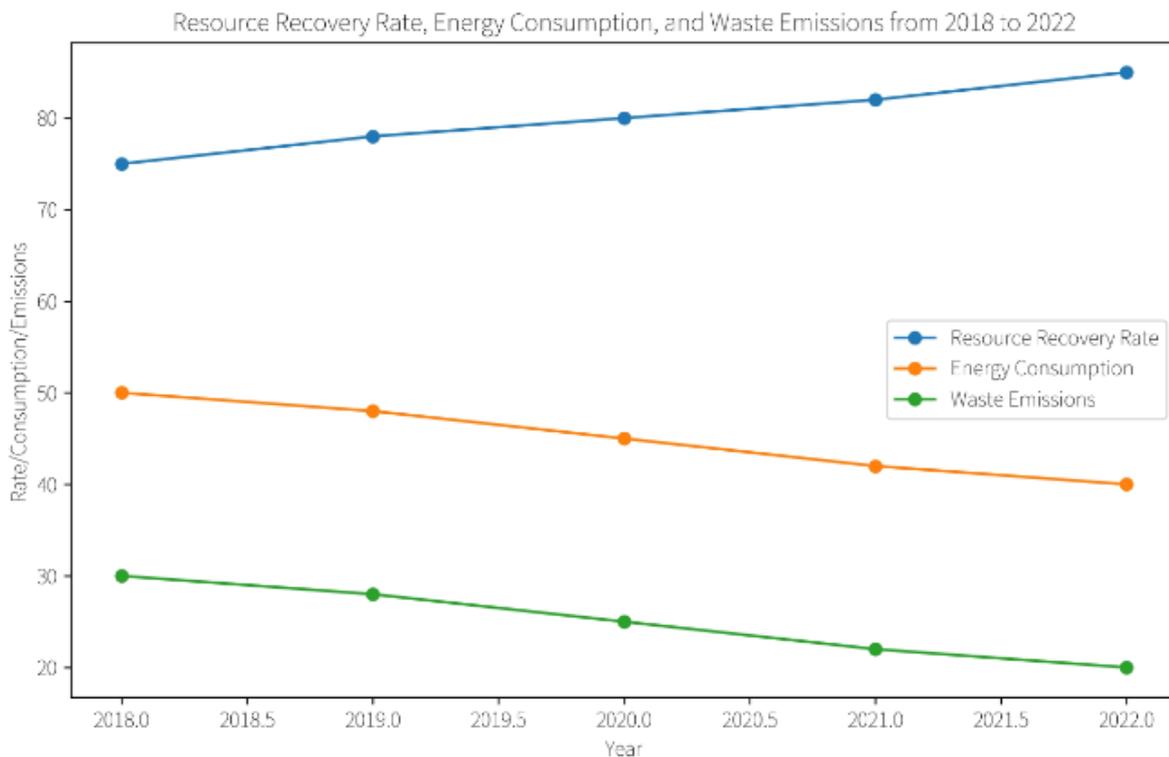


Рисунок 2 – Швидкість відновлення ресурсів, споживання енергії та скидання відходів високотехнологічної зони Сінью з 2018 по 2022 рік

Джерело: складено авторами

вають різні фактори, такі як екологічна підтримка, економічне зростання та соціальна стабільність. Ці фактори взаємодіють один з одним і спільно сприяють розвитку регіональної циркулярної економіки. З точки зору екологічної підтримки, з розвитком економіки та зростанням населення, ресурсомісткість і екологічна буферна здатність стикаються з зростаючим тиском. Тому досягнення сталого використання ресурсів і захисту навколишнього середовища є особливо важливим. З точки зору економічного зростання, економічне зростання є важливою рушійною силою для розвитку регіональної циркулярної економіки, але економічне зростання не є рівноцінним економічному розвитку [8–11]. Економічний розвиток охоплює не лише кількість економічного зростання, але й його якість і сталість. Тому в процесі регіонального кругового економічного розвитку слід приділяти увагу якості та сталості економічного зростання. З точки зору соціальної стабільності, соціальна стабілізація є важливою гарантією розвитку регіональної циркулярної економіки. Соціальна стабільність охоплює такі аспекти, як соціальна справедливість, соціальне забезпечення та моральна стриманість. З розвитком економіки та прогресом суспільства вимоги людей до соціальної стабільності стають все вищими. Тому в процесі ререгіонального кругового економічного розвитку слід приділяти увагу підтримці та сприянню соціальній стабільності [20–22].

З метою глибокого вивчення закону еволюції шляху розвитку регіональної циркулярної економіки в цій статті побудовано еволюційну модель шляху розвитку регіональної циркулярної економіки. За допомогою цієї моделі можна змоделювати процес розвитку регіональної циркулярної економіки та передбачити його майбутню тенденцію розвитку. Крім того, також представлено цільову функцію та умови обмежень моделі, щоб краще застосувати модель для оцінки та оптимізації шляху розвитку регіональної циркулярної економіки. У процесі застосування моделі визначення ваги розмірних індикаторів є ключовою ланкою. Авторами використано кілька методів для визначення ваги розмірних показників для забезпечення точності та надійності результатів оцінки. Завдяки застосуванню моделі можна виявити відмінності та проблеми, що існують на шляху розвитку циркулярної економіки в різних регіонах, забезпечуючи наукову основу для формулювання цільових політичних заходів [1–3].

Високотехнологічна зона міста Сіньюй накопичила багатий досвід у процесі розвитку циркулярної економіки. Перш за все, уряд відіграв важливу провідну роль, сприяючи розвитку циркулярної економіки за допомогою таких заходів, як створення спеціалізованих установ, формулювання планів і політики. По-друге, великі підприєм-

ства, як основна частина циркулярної економіки, досягли переробки ресурсів і скорочення викидів відходів завдяки технологічним інноваціям і промисловій модернізації [12]. Крім того, високотехнологічна зона міста Сіньюй також надає великого значення горизонтальному зв'язку між галузями промисловості та інтеграції промисловості та міста. Оптимізуючи промислове планування та покращуючи міські функції, він сприяв сталому розвитку циркулярної економіки. Нарешті, участь усіх громадян також є одним із важливих досвідів розвитку циркулярної економіки у високотехнологічній зоні Сіньюй. Завдяки широкому розголосу та практичній діяльності було підвищено екологічну обізнаність та участь громадськості [21–22].

Незважаючи на те, що високотехнологічна зона міста Сіньюй досягла значних результатів у розвитку циркулярної економіки, все ще існують деякі проблеми та виклики. Перш за все, залишаються помітними структурні проблеми важкої хімічної промисловості, які чинять значний тиск на ресурси та навколишнє середовище. По-друге, загальні показники рівня випуску ресурсів все ще відстають від провідного внутрішнього рівня, що вказує на те, що все ще є значні можливості для покращення використання ресурсів і підвищення продуктивності. Крім того, рівень використання промислових відходів все ще знаходиться на первинній і низькій стадії, а повільна швидкість агломерації суміжних галузей промисловості та інші проблеми також обмежують подальший розвиток циркулярної економіки. Нарешті, такі проблеми, як слабка базова статистична робота та недосконала зелена система оцінювання, також вплинули на просування та впровадження ефектів прийняття наукових рішень і зеленого розвитку [13–15].

З огляду на проблеми та виклики, що існують у розвитку циркулярної економіки високотехнологічної зони міста Сіньюй, висунуто низка контрзаходів та пропозицій. Ці контрзаходи та пропозиції не тільки допомагають вирішити існуючі проблеми на даний момент, але й мають важливе керівне значення для майбутнього розвитку циркулярної економіки [16–19]. Наприклад, такі заходи, як підтримка зони високих технологій у використанні політичних можливостей розвитку циркулярної економіки та прискорення будівництва демонстраційної зони циркулярної економіки «Мінеральні ресурси Сіньюй», сприяють швидкому розвитку циркулярної економіки. Такі заходи, як підтримка високотехнологічної зони в прискоренні розвитку галузей, що розвиваються, таких як енергозбереження та захист навколишнього середовища, а також створення екологічного механізму оцінки та оцінки допоможуть підвищити загальний рівень циркулярної економіки та її сталого розвитку -опментний потенціал.

Висновки. Побудувавши систему індексів оцінки та еволюційну модель розвитку регіональної циркулярної економіки, у цій статті глибоко аналізується рівень розвитку та закон еволюції шляху регіональної циркулярної економіки. Дослідження показує, що рівень розвитку циркулярної економіки Китаю демонструє очевидні регіональні відмінності. Східні прибережні райони мають відносно високий рівень розвитку, тоді як центральні та західні регіони мають відносно низький рівень розвитку. Щоб сприяти сталому розвитку регіональної циркулярної економіки, у цьому документі висувуються

такі політичні пропозиції: по-перше, зміцнення регіонального співробітництва та обмінів для сприяння ефективному використанню ресурсів і захисту навколишнього середовища; по-друге, зосередьтеся на якості та стійкості економічного зростання та уникайте сліпого досягнення швидкості економічного зростання. по-третє, ми повинні посилити підтримку соціальної стабільності та покращити рівень життя та відчуття щастя людей. Тим часом ця стаття також вказує на обмеження досліджень і майбутні напрями досліджень, надаючи посилання для наступних досліджень.

Список використаних джерел:

1. Chu S. Z., Sun Z. L. Research on the coupling factors of pharmaceutical industry Cluster and circular economy. *Journal of Medical Sciences*. 2016. № 02. P. 209–211.
2. Cullen J. M. Circular Economy: Theoretical Benchmark or Perpetual Motion Machine? *Journal of Industrial Ecology*. 2017. № 3.
3. Daddi T., Nucci B., Iraldo F. Using Life Cycle Assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis of smes in industrial clusters. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 147. P. 157–164.
4. Dai Li. "3R" is the core of circular economy. *Energy Conservation and Environmental Protection*. 2016. № 12. P. 28–29.
5. Daly H. E. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development* / trans. Z. D. Jian. Shanghai : Shanghai Translation Publishing House, 2006.
6. Deng Rui, Chu Kaifeng. Application of landscape restoration design in Coal mining subsidence area based on "3R" concept. *Journal of Heihe University*. 2020. № 09. P. 145–146, 154.
7. Deng X. X., Yang R. Q., Liu X. Q. Comprehensive evaluation of agricultural circular economy development in Hunan Province. *Journal of Hunan Institute of Engineering (Natural Science Edition)*. 2020. № 04. P. 35–43.
8. Material metabolism and circular economy. *China Environmental Science*. 2005. № 03. P. 320–323.
9. Feng Y., Wang Z. Circular Economy Industrial cluster development model based on Game theory. *International Computer Applications and Technology*. 2019. № 1/2.
10. Malte Faber. Obituary: John Proops (1947–2024): A pioneer in Ecological Economics. *Ecological Economics*. 2024. 108326.
11. Mahdi Ghasemi, Mohammad Hadi Shahidi Nasab, Maryam Hasani Zonoozi. Evaluation of robustness index of circular economy through reuse strategy: A case study of water treatment sludge as coagulant of iron ore tail pulp dewatering. *Journal of Mineral Engineering*. 2024. 109062.
12. Shaokui Gao, Xintao Li, Huayang Duan, Shuchang Liu, Xuesong Sun. How digital technologies affect regional energy intensity from the perspective of Energy economy: A case study of the Yangtze River Economic Belt. *Frontiers in Environmental Science*. 2024. Vol. 12. 1468512.
13. Ji K. S. What is circular economy? *Party and Government Cadres Abstracts*. 2004. № 09. P. 18.
14. Qi J. G. Thoughts on Circular Economy Theory and Policy. *New Vision*. 2004. № 02. P. 18–20, 80.
15. Ma K. Vigorously Promote the development of circular economy. *China Investment*. 2004. № 11.
16. Feng Z. J. Introduction to Circular Economy. Beijing : People's Publishing House, 2004.
17. Yu Donglin, Chen Changyi. Development path and Countermeasures of circular economy Industrial Park: A case study of a city in Hubei Province. *Yunnan Science and Technology Management*. 2022. № 06. P. 41–43.
18. Lin W., He Z., Xiao M. Balanced clustering: a uniform model and fast algorithm. *Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19)*. 2019. P. 2987–2993.
19. Zhang T., Zhou M., Guo X., Qi L., Abusorrah A. A density-center-based automatic clustering algorithm for iot data analysis. *IEEE Internet of Things Journal*. 2022. Vol. 9, № 24. P. 24682–24694.
20. Kong J., Cheng Z. H. Review on Benchmarking theory. *Journal of Dongbei University of Finance and Economics*. 2004. № 02. P. 3–7.
21. Oyewole G. J., Thopil G. A. Data clustering: application and trends. *Artificial Intelligence Review*. 2022. Vol. 56, № 7. P. 6439–6475.
22. Jan Z., Verma B. Multicluster class-balanced ensemble. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2021. Vol. 32, № 3. P. 1014–1025.

References:

1. Chu, S. Z., & Sun, Z. L. (2016). Research on the coupling factors of pharmaceutical industry Cluster and circular economy. *Journal of Medical Sciences*, no. (02), pp. 209–211.
2. Cullen, J. M. (2017). Circular Economy: Theoretical Benchmark or Perpetual Motion Machine? *Journal of Industrial Ecology*, no. 21(3), pp. 480–486.

3. Daddi, T., Nucci, B., & Iraldo, F. (2017). Using Life Cycle Assessment (LCA) to measure the environmental benefits of industrial symbiosis of SMEs in industrial clusters. *Journal of Cleaner Production*, no.147, pp.157–164.
4. Dai, L. (2016). "3R" is the core of circular economy. *Energy Conservation and Environmental Protection*, no (12), pp. 28–29.
5. Daly, H. E. (2006). Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development (Z. D. Jian, Trans.). *Shanghai Translation Publishing House*.
6. Deng, R., & Chu, K. (2020). Application of landscape restoration design in Coal mining subsidence area based on "3R" concept. *Journal of Heihe University*, no (09), pp. 145–146, 154.
7. Deng, X. X., Yang, R. Q., & Liu, X. Q. (2020). Comprehensive evaluation of agricultural circular economy development in Hunan Province. *Journal of Hunan Institute of Engineering (Natural Science Edition)*, no. (04), pp. 35–43.
8. Material metabolism and circular economy. (2005). *China Environmental Science*, no (03), pp. 320–323.
9. Feng, Y., & Wang, Z. (2019). Circular Economy Industrial cluster development model based on Game theory. *International Computer Applications and Technology*, (1/2).
10. Faber, M. (2024). Obituary: John Proops (1947-2024): A pioneer in Ecological Economics. *Ecological Economics*, no 225.
11. Ghasemi, M., Shahidi Nasab, M. H., & Hasani Zonoozi, M. (2024). Evaluation of robustness index of circular economy through reuse strategy: A case study of water treatment sludge as coagulant of iron ore tail pulp dewatering. *Journal of Mineral Engineering*, pp.109062.
12. Gao, S., Li, X., Duan, H., Liu, S., & Sun, X. (2024). How digital technologies affect regional energy intensity from the perspective of Energy economy: A case study of the Yangtze River Economic Belt. *Frontiers in Environmental Science*, no 12, pp.1468512.
13. Ji, K. S. (2004). What is circular economy? *Party and Government Cadres Abstracts*, (09), 18.
14. Qi, J. G. (2004). Thoughts on Circular Economy Theory and Policy. *New Vision*, no (02), pp. 18–20, 80.
15. Ma, K. (2004). Vigorously Promote the development of circular economy. *China Investment*, no (11).
16. Feng, Z. J. (2004). Introduction to Circular Economy. *Beijing: People's Publishing House*.
17. Yu, D., & Chen, C. (2022). Development path and Countermeasures of circular economy Industrial Park: A case study of a city in Hubei Province. *Yunnan Science and Technology Management*, no (06), pp. 41–43.
18. Lin, W., He, Z., & Xiao, M. (2019). Balanced clustering: a uniform model and fast algorithm. *Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19)*, pp. 2987–2993.
19. Zhang, T., Zhou, M., Guo, X., Qi, L., & Abusorrah, A. (2022). A density-center-based automatic clustering algorithm for IoT data analysis. *IEEE Internet of Things Journal*, no 9(24), pp. 24682–24694.
20. Kong, J., & Cheng, Z. H. (2004). Review on Benchmarking theory. *Journal of Dongbei University of Finance and Economics*, no (02), pp. 3–7.
21. Oyewole, G. J., & Thopil, G. A. (2022). Data clustering: application and trends. *Artificial Intelligence Review*, no 56(7), pp. 6439–6475.
22. Jan, Z., & Verma, B. (2021). Multicenter class-balanced ensemble. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, no 32(3), pp. 1014–1025.

Додаток А
Додаток А.1 Система індексів оцінювання

Таблиця 1 – Індексна система оцінки розвитку кластерної циркулярної економіки

Параклінічне ліжко	Рівень елемента	Рівень індексу	Одиниця	
1	2	3	4	
Економічні показники (А1)	1. Показники економічного виробництва (В1)	ВВП(D1)	Сто мільйонів юанів	
		ВВП на душу населення (D2)	юань	
		Промислова додана вартість на душу населення (D3)	юань	
		Частка доданої вартості переробки ресурсів Промисловість до доданої вартості Індустріального парку (D4)	юань	
		Рівень споживання домогосподарства (D5)	юань	
	2. Індекс промислової структури (В2)	Додана вартість первинної промисловості (D6)	Сто мільйонів юанів	
		Додана вартість вторинної промисловості (D7)	Сто мільйонів юанів	
		Додана вартість третинної промисловості (D8)	Сто мільйонів юанів	
		Кількість новозбудованих проектів екопромислового ланцюга після виконання плану будівництва (D9)	а	
		Комплексний рівень використання твердих промислових відходів (D10)	%	
		Рівень переробки відновлюваних ресурсів (D11)	%	
	Індикатори ресурсів (А2)	3. Показники споживання ресурсів (В3)	Споживання енергії на 10, 000 юанів ВВП (D12)	Тонн стандартного вугілля /10000 юанів
			Споживання енергії на 10, 000 юанів промислової доданої вартості (D13)	Тонн стандартного вугілля /10, 001 юаня
Споживання води на 10, 000 юанів ВВП (D14)			Млн. куб	
Споживання води на 10, 000 юанів промислової доданої вартості (D15)			Млн ку м/млр юанів	
4. Індекс використання ресурсів (В4)		Промислова додана вартість на одиницю промислової земельної площі (D16)	100 мільйонів юанів за квадратний кілометр	
		Трирічний середньорічний темп зростання промислової доданої вартості на одиницю промислової земельної площі (D17)	%	
		Комплексний коефіцієнт еластичності енергоспоживання (D18)	-	
		Споживання енергії на одиницю промислової доданої вартості (D19)	Тонн стандартного вугілля /10000 юанів	
		Частка використання відновлюваної енергії (D20)	%	
		Пружний коефіцієнт споживання прісної води (D21)	-	
		Споживання прісної води на одиницю промислової доданої вартості (D22)	Кубічний метр/10000 юанів	
		Швидкість повторного використання промислової води (D23)	%	
		Швидкість повторного використання відновленої води (D24)	%	
		Міський рівень утилізації стічних вод (D25)	%	
		Коефіцієнт землекористування в сільській місцевості (D26)	%	
		Коефіцієнт будівельної землі (D27)	%	

Закінчення додатка А

1	2	3	4
Environmental Indicators (A3)	5. Індекс скидання відходів (B5)	Загальне виробництво твердих промислових відходів (D28)	Десять тисяч тонн
		Загальний скид стічних вод (D29)	Десять тисяч тонн
		Скидання промислових стічних вод (D30)	Десять тисяч тонн
		Промислові викиди (D31)	Млн. куб
		Викиди діоксиду сірки (D32)	Десять тисяч тонн
		Промислові викиди діоксиду сірки (D33)	Десять тисяч тонн
		Викиди оксиду азоту (D34)	Десять тисяч тонн
		Промислові викиди оксидів азоту (D35)	Десять тисяч тонн
		Викид пилу (D36)	Десять тисяч тонн
		Промислові викиди пилу (D37)	Десять тисяч тонн
	6. Індекс контролю забруднення (B6)	Частка загальних інвестицій у забруднення навколишнього середовища (D38)	Десять тисяч тонн
		Частка загальних інвестицій у промислове забруднення (D39)	%
		Зелений рівень покриття забудованої території (D40)	%
		Лісовий покрив (D41)	%
		Покриття пасовищ (D42)	%

Дата надходження статті: 16.02.2026

Дата прийняття статті: 02.03.2026

Дата публікації статті: 17.03.2026