

DOI 10.31558/2307-2318.2025.3.11

УДК 330.4:331:338.24

JEL Classification: Q01; Q53; Q57

Шкурат М.Є.

к.е.н., доцент, доцент кафедри міжнародних
економічних відносин Донецького національного університету імені Василя Стуса

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3263-2507>m.shkurat@donnu.edu.ua**Лозінський А.В.**

аспірант кафедри міжнародних економічних відносин
Донецький національний університет імені Василя Стуса

ORCID: 0009-0000-8942-3250

a.lozinskyi@donnu.edu.ua**ЕМПІРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКОНОМІЧНИХ, СОЦІАЛЬНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПРЕДИКТОРІВ НА РІВЕНЬ ЦИРКУЛЯРНОСТІ КРАЇН ЄВРОПИ**

Стаття присвячена емпіричному дослідженню взаємозв'язку між економічними, соціальними та екологічними детермінантами та рівнем циркулярності країн Європи. Актуальність дослідження зумовлена забезпеченістю комплексного аналізу факторів, що впливають на перехід до циркулярної економіки в умовах загострення глобальних екологічних проблем та прагнення Європейського Союзу до сталого розвитку.

У статті на основі методології парного кореляційного аналізу досліджено вплив низки економічних (продуктивність ресурсів, енергопродуктивність, інтенсивність викидів), соціальних (витрати на соціальний захист, частка населення, підключеного до вторинної очистки вод, частка персоналу, що займається НДДКР) та екологічних (рівень переробки побутових витрат, індекс чистоти енергоспоживання, рівень). водокористування) предикторів на інтегральні індекси економічної, соціальної та екологічної циркулярності. За результатами досліджено виділено ключові фактори, що мають найбільший вплив на рівень циркулярності в різних її вимірах. Для економічної циркулярності найбільш значущими є продуктивність ресурсів, енергопродуктивність та інтенсивність викидів; для соціальної – частка персоналу, що займається НДДКР, рівень витрат на соціальний захист та частка населення, підключеного до вторинної очистки вод; для екологічної – рівень переробки побутових відходів, індекс чистоти енергоспоживання та рівень водокористування. На основі проведеного аналізу сформульовано висновки щодо необхідності інтегрованого підходу до стимулювання циркулярної економіки, а також визначено перспективні напрями подальших досліджень з використанням більш складних економетричних методів.

Ключові слова: циркулярна економіка, сталий розвиток, економічні предиктори, соціальні предиктори, екологічні предиктори, парний кореляційний аналіз, країни Європи.

Рис. – 3, літ. – 25.

M. Shkurat,

PhD in economics, Associate Professor

Vasyl' Stus Donetsk National University

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3263-2507>

m.shkurat@donnu.edu.ua

A. Lozinskyi

Postgraduate student of the Department of International Economic Relations

Vasyl' Stus Donetsk National University

ORCID: 0009-0000-8942-3250

a.lozinskyi@donnu.edu.ua

EMPIRICAL STUDY OF THE IMPACT OF ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTAL PREDICTORS ON THE LEVEL OF CIRCULARITY OF EUROPEAN COUNTRIES

The article is devoted to the empirical study of the relationship between economic, social and environmental determinants and the level of circularity of European countries. The relevance of the study is due to the provision of a comprehensive analysis of factors affecting the transition to a circular economy in the context of aggravating global environmental problems and the European Union's aspiration for sustainable development.

The article, based on the methodology of pair correlation analysis, examines the impact of several economic (resource productivity, energy productivity, emission intensity), social (social protection spending, share of the population connected to secondary water treatment, share of personnel engaged in R&D) and environmental (level of recycling of household expenses, index of clean energy consumption, level). Water use) predictors for integrated indices of economic, social and environmental circularity. The study's results identified key factors that have the most significant impact on the level of circularity in its various dimensions. For economic circularity, the most significant are resource productivity, energy productivity and emission intensity; for social circularity, the share of personnel engaged in R&D, the level of spending on social protection and the share of the population connected to secondary water treatment; for environmental circularity, the level of household waste recycling, the index of energy consumption purity and the level of water use. Based on the analysis, conclusions were formulated on the need for an integrated approach to stimulating the circular economy. Prominent areas of further research using more complex econometric methods were identified.

Keywords: circular economy, sustainable development, economic predictors, social predictors, environmental predictors, pairwise correlation analysis, European countries

Fig. 3, ref. – 25.

Постановка проблеми. В умовах загострення глобальних екологічних викликів, пов'язаних із виснаженням природних ресурсів, забрудненням довкілля та зміною клімату, концепція циркулярної економіки набуває дедалі більшої актуальності. Циркова економіка, на відміну від лінійної моделі «виробництво-споживання-утилізація», передбачає створення замкнутих циклів матеріалів та енергії, мінімізацію витрат та повторне використання ресурсів, що сприяє більш стійкому та збалансованому використанню розвитку.

Європейський Союз, визнаючи важливість переходу до циркулярної економіки, активно проводить відповідні стратегії та політики [1].

Проте, впровадження принципів циркулярної економіки є складним та багатоаспектним процесом, що потребує комплексного підходу та врахування економічних, соціальних та екологічних факторів. Для успішного переходу до циркулярної моделі необхідно ідентифікувати ключові детермінанти, які впливають на рівень циркулярності національних економік, а також розробити ефективні інструменти державної політики, які сприятимуть стимулюванню циркулярних процесів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання циркулярної економіки активно досліджуються як зарубіжними, так і вітчизняними науковцями. Так, П. Гізелліні, К. Чіалані, та С. Ульджаті [2] провели огляд основних концепцій та принципів циркулярної економіки, підкреслюючи її потенціал для забезпечення сталого розвитку. Д. Кірхгерр, Д. Райке та Д. Хеккерт [3] здійснили систематичний огляд літератури з циркулярної економіки, виявивши основні перешкоди та можливості для її впровадження. Ellen MacArthur Foundation [4] розробив концептуальну модель циркулярної економіки, яка включає такі елементи, як проектування довговічності, повторне використання, переробка та відновлення. Проблеми оцінки циркулярності економіки досліджувалися у роботах М. Сайдані, Б. Янну, Ю. Лероя, Ф. Клюзеля, А. Кендалла [5], де запропоновано систему показників для вимірювання циркулярності на різних рівнях економіки. Вітчизняні науковці також приділяють увагу питанням циркулярної економіки: В.І. Вернадський [6], В.В. Євдокимов [7], О. Г. Мельник [8], Л.А. Мусіна [9] та ін., розглядаючи можливості та перспективи впровадження циркулярної економіки в Україні.

Проте, незважаючи на значний інтерес до циркулярної економіки, у науковій літературі залишається низка невирішених проблем, зокрема недостатньо досліджена кількісна оцінок впливу різних факторів на рівень циркулярності національних економік; недостатньо уваги приділяється соціальним та екологічним аспектам циркулярної економіки. Більшість досліджень зосереджуються на економічних вигодах, тоді як соціальні та екологічні наслідки переходу до циркулярної економіки потребують більш детального вивчення.

У зв'язку з цим проведення комплексного аналізу впливу економічних, соціальних та екологічних предикторів на рівень циркулярності національних економік країн Європи є актуальним, бо сприятиме розробці ефективних стратегій та політики для стимулювання переходу до циркулярної економіки.

Метою дослідження є емпіричне дослідження впливу економічних, соціальних та екологічних предикторів на рівень циркулярності країн Європи на основі методології парного кореляційного аналізу.

Для досягнення поставленої мети визначена низка **наукових завдань**:

здійснити систематизацію та узагальнення теоретичних підходів до визначення та оцінки циркулярності економічних систем з призначенням обґрунтування вибору релевантних показників;

провести парний кореляційний аналіз зв'язку між інтегральним індексом економічної, соціальної та екологічної циркулярності країн Європи та вибраними предикторами на основі статистичних даних за 2023 р.;

ідентифікувати та ранжувати предиктори за ступенем їхнього впливу на рівень циркулярності, використовуючи коефіцієнти детермінації (R^2) парних лінійних регресій;

інтерпретувати отримані результати в контексті концепцій сталого розвитку, екологічної економіки та теорії економічного зростання з нарахуванням обґрунтування виявлених залежностей;

визначити перспективні напрями подальших досліджень з використанням більш складних економетричних методів для комплексного моделювання впливу факторів на циркулярність економіки.

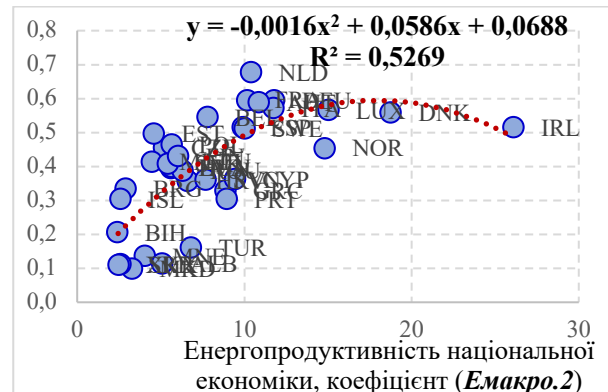
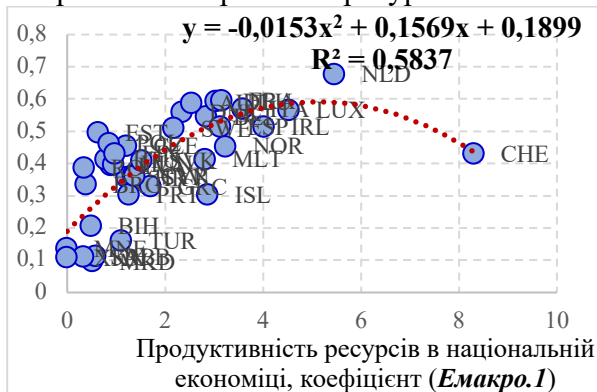
Викладення основного матеріалу. Задля встановлення причинно-наслідкових зв'язків, які генерують тенденції, пов'язані з впровадженням принципів циркулярної економіки, наступним методологічним етапом є розгляд та аналіз впливу факторних ознак на рівень циркулярності національної економіки, що передбачає застосування інструментарію економетричного аналізу, а також використання методів багатовимірної статистики для виявлення та кількісної оцінки залежностей між ключовими характеристиками економічної, соціальної та екологічної систем та відповідним рівнем циркулярності країни.

Першим кроком у дослідженні факторних впливів на рівень циркулярності стало вивчення парних кореляцій між економічними предикторами та інтегральним індексом економічної циркулярності. Результати цього аналізу, що ілюструють залежність економічної циркулярності країн Європи у 2023 р., представлені на рис. 1.

За даними рис. 1 можна зробити обґрунтовані висновки щодо зв'язку між рядом економічних предикторів та інтегральним індексом економічної циркулярності країн Європи у 2023 р.:

1. До предикторів, що мали помірний зв'язок з рівнем економічної циркулярності ($0,5 < R^2 < 0,7$), відносяться: продуктивність ресурсів у національній економіці ($R^2 = 0,5837$), енергопродуктивність національної економіки ($R^2 = 0,5269$) та інтенсивність викидів у повітря від діяльності промислових підприємств країни ($R^2 = 0,5471$).

Серед усіх предикторів найбільший вплив на рівень економічної циркулярності країн Європи у 2023 р. мала продуктивність ресурсів в національній економіці, тіснота зв'язку якої характеризується як помірна із коефіцієнтом детермінації 0,5837, що вказує на те, що 58,37 % варіації рівня економічної циркулярності може бути пояснена змінами предиктора. Це підтверджує гіпотезу про те, що ефективність використання ресурсів є ключовою детермінантою переходу до циркулярної моделі економіки. Висока продуктивність ресурсів, що характеризується максимізацією виходу корисної продукції з одиниці використаної сировини, безпосередньо впливає на зменшення відходів та оптимізацію використання первинних ресурсів.



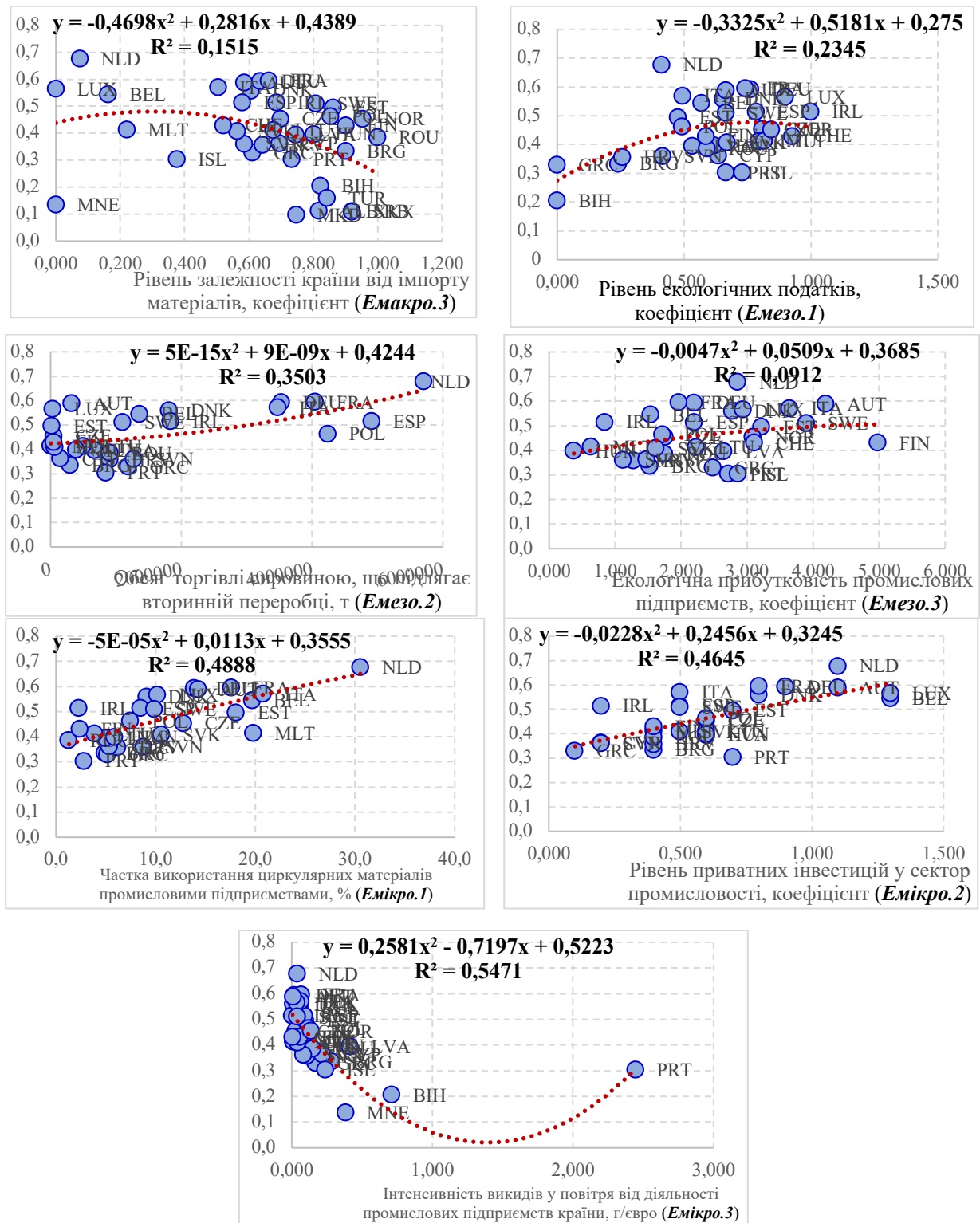


Рис. 1. Парні лінійні регресії залежності рівня економічної циркулярності країн Європи від незалежних змінних у 2023 р.

Джерело: побудовано автором на основі даних [10]

Отримані висновки узгоджуються з положеннями теорії сталого розвитку (sustainable development), яка наголошує на необхідності інтеграції економічних, екологічних та соціальних цілей [11]. Підвищення продуктивності ресурсів є елементом екологічної складової сталого розвитку, що дозволяє зменшити негативний вплив виробництва та споживання на навколишнє середовище [12]. Крім того, підвищення ресурсоефективності може сприяти підвищенню конкурентоспроможності підприємств та їх економічному зростанню [13].

Щодо енергопродуктивності національної економіки, то позитивний вплив цього предиктора на економічну циркулярність забезпечується зростанням ефективності використання енергетичних ресурсів у виробництві продукції та наданні послуг, оптимізацію використання енергії та зниження частки використання енергії з невідновлюваних джерел. Це узгоджується з концепцією екологічної модернізації, яка передбачає, що екологічні покращення та економічне зростання можуть бути взаємопідсилюючими [13].

Ще один предиктор, який демонструє помірний зв'язок з рівнем економічної циркулярності, - інтенсивність викидів у повітря від діяльності промислових підприємств країн Європи. На відміну від двох попередніх, він мав негативний вплив на економічну циркулярність, що демонструє зворотній зв'язок між ними. Висока інтенсивність викидів свідчить про неефективне використання ресурсів та використання промисловими підприємствами країни застарілих технологій виробництва. Перехід до циркулярної моделі передбачає впровадження чистих технологій, зменшення забруднення та оптимізацію використання відходів, що сприятиме зниженню інтенсивності викидів [4].

2. Слабкий зв'язок ($0,3 < R^2 < 0,5$) з рівнем економічної циркулярності продемонстрували три проаналізованих предиктори: рівень приватних інвестицій у сектор промисловості ($R^2 = 0,54645$); обсяг торгівлі сировиною, що підлягає вторинній переробці ($R^2 = 0,3503$); частка використання циркулярних матеріалів промисловими підприємствами ($R^2=0,4888$). Зв'язок між даними предикторами та рівнем економічної циркулярності, хоча є позитивним, але характеризується дещо нижчими коефіцієнтами детермінації, що свідчить про те, що вони пояснюють певну частину варіації рівня економічної циркулярності, однак, не є визначальними чинниками.

3. До предикторів з дуже слабким або незначущим зв'язком ($R^2 < 0,3$): відносяться всі інші досліджені предиктори: обсяг екологічних податків ($R^2 = 0,2345$), рівень залежності країни від імпорту матеріалів ($R^2 = 0,1515$) та екологічна прибутковість промислових підприємств ($R^2 = 0,0912$). Це може бути зумовлено складністю імплементації політики циркулярної економіки, багатоаспектністю впливу досліджуваних показників та їх тісним переплетенням з іншими макроекономічними чинниками.

Отже, результати проведеного кореляційного аналізу (рис. 1) дозволяють визначити перелік економічних предикторів, які будуть включені до подальшого економетричного моделювання рівня економічної циркулярності країн Європи. Включення предикторів до моделі обґрунтовується з урахуванням таких критеріїв:

1. *Статистична значущість* – до моделі будуть включені предиктори, які продемонстрували статистично значущий зв'язок з рівнем економічної циркулярності, що підтверджується значенням p-value менше 0,05. Зважаючи на характер попереднього аналізу (парні регресії), до моделі будуть відібрані предиктори, які мали хоча б слабкий зв'язок

($R^2 > 0,3$) з рівнем економічної циркулярності.

2. *Теоретична обґрунтованість* – включення предикторів до моделі має базуватися на теоретичних концепціях циркулярної економіки, сталого розвитку та екологічної економіки, що дозволить забезпечити інтерпретованість та валідність отриманих результатів. Теоретичне обґрунтування дозволить підтвердити гіпотези про вплив обраних факторів на рівень циркулярності, спираючись на наукові положення та емпіричні дослідження.

3. *Інформаційна цінність* – з метою запобігання мультиколінеарності до моделі не будуть включатися предиктори, що мають високу кореляцію між собою (коефіцієнт кореляції більше 0,7). В такому разі до моделі буде включено предиктор, який має більший коефіцієнт детермінації з рівнем економічної циркулярності та є більш теоретично обґрунтованим.

Згідно з цими критеріями, до подальшого економетричного моделювання рівня економічної циркулярності країн Європи будуть включені такі предиктори:

- *продуктивність ресурсів у національній економіці (Емакро.1)* – демонструє помірний, але статистично значущий зв'язок з рівнем економічної циркулярності ($R^2 = 0,5837$), що робить його ключовим фактором, який визначає ефективність використання матеріальних ресурсів та мінімізацію відходів. Включення цього предиктора до моделі дозволить оцінити вплив ресурсоефективності на перехід до циркулярної моделі економіки, що відповідає положенням теорії сталого розвитку [11];

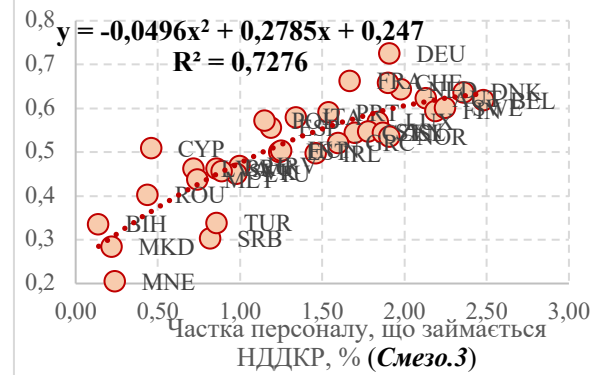
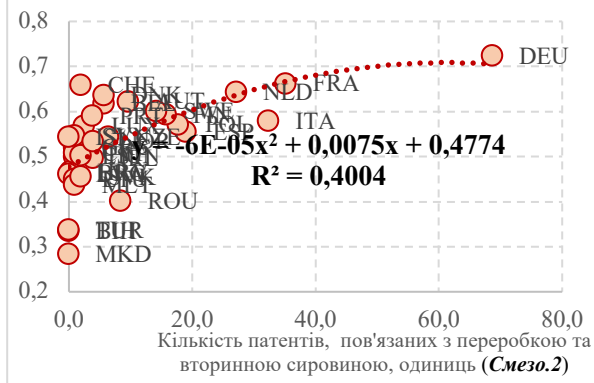
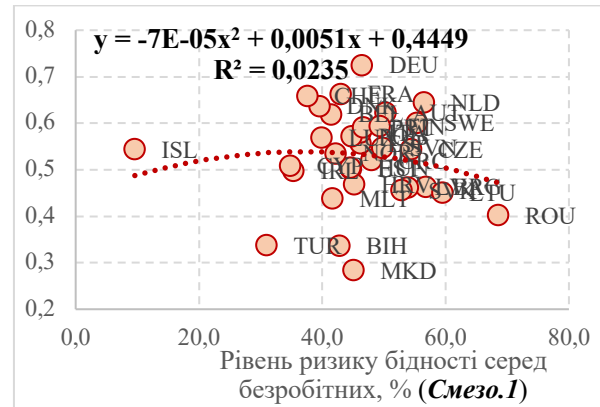
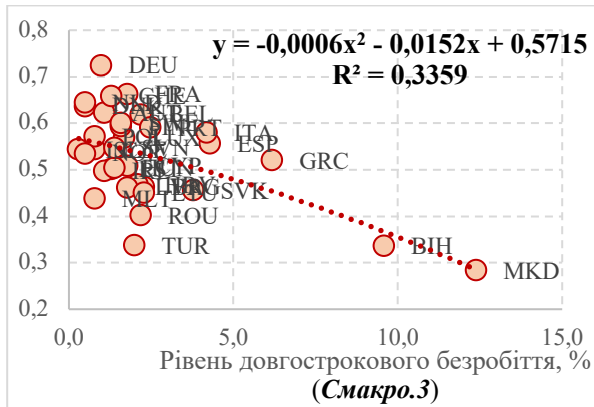
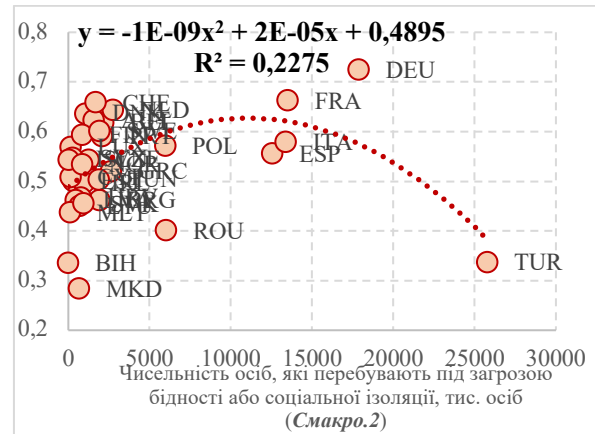
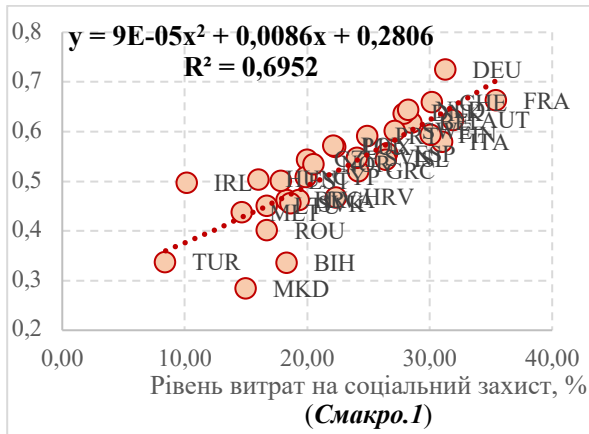
- *енергопродуктивність національної економіки (Емакро.2)* – враховуючи помірний зв'язок між енергопродуктивністю та рівнем економічної циркулярності ($R^2 = 0,5269$) та теоретичне обґрунтування впливу енергоефективності на економічне зростання та екологічну сталість [13], цей предиктор буде включено до моделі для оцінки його впливу на циркулярну трансформацію;

- *інтенсивність викидів у повітря від діяльності промислових підприємств (Емікро.3)* – враховуючи наявність зворотного зв'язку між інтенсивністю викидів та рівнем економічної циркулярності ($R^2 = 0,5471$) та теоретичну обґрунтованість негативного впливу забруднення на економічний розвиток [4], цей предиктор буде включено до моделі для оцінки впливу екологічної ефективності економічних процесів на рівень циркулярності;

- *рівень приватних інвестицій у сектор промисловості (Емікро.2)* – незважаючи на те, що цей показник знаходиться на межі слабого зв'язку, його теоретична обґрунтованість та важливість для розвитку циркулярної економіки вимагають включення його до моделі.

Всі інші предиктори не будуть включені до подальшого економетричного аналізу, оскільки вони продемонстрували незначний зв'язок з рівнем економічної циркулярності ($R^2 < 0,3$). Це не виключає можливості їх подальшого дослідження із застосуванням більш складних моделей та врахуванням інших факторів.

Наступним етапом дослідження є вивчення детермінант, що обумовлюють рівень соціальної циркулярності країн Європи у забезпеченні циркулярного розвитку. Його аналіз потребує врахування широкого спектру чинників, що стосується поведінки споживачів, рівня екологічної свідомості, доступності освіти та соціального захисту (рис. 2).



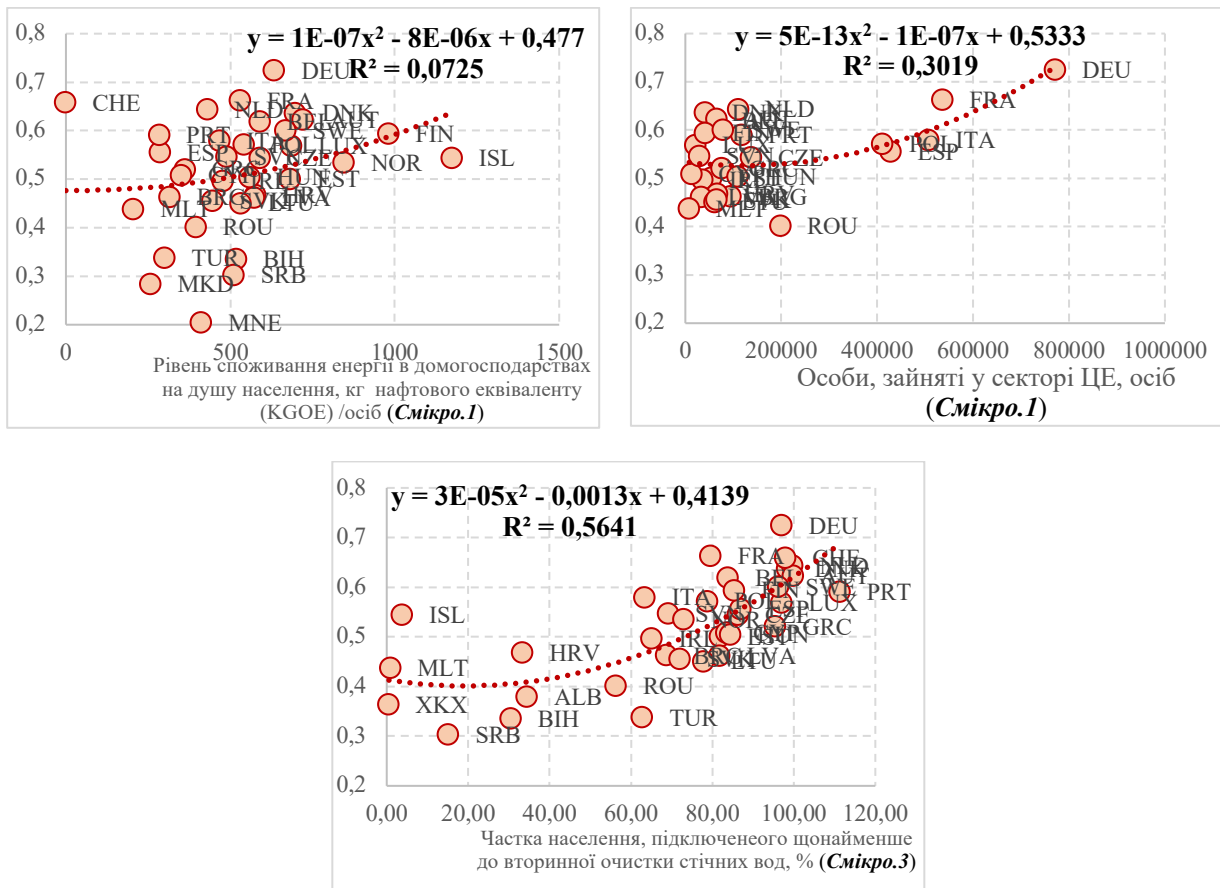


Рис. 2. Парні лінійні регресії залежності рівня соціальної циркулярності країн Європи від незалежних змінних у 2023 р.

Джерело: побудовано автором на основі [10]

За даними рис. 2 можна зробити обґрунтовані висновки щодо зв'язку між рядом соціальних предикторів та інтегральним індексом соціальної циркулярності країн Європи у 2023 р.:

1. Серед усіх предикторів найбільший вплив на рівень соціальної циркулярності країн Європи у 2023 р. мала частка персоналу, що займається НДДКР (Смезо.3) ($R^2 = 0,7276$). Відносно великий вплив цього предиктора на рівень соціальної циркулярності (коефіцієнт детермінації 0,7276) свідчить про те, що інвестиції в наукові дослідження та розробки (НДДКР) відіграють важливу роль у формуванні соціально відповідальної циркулярної економіки. Збільшення частки персоналу, що займається НДДКР, сприяє створенню нових знань, технологій та інноваційних рішень, які можуть бути використані для вирішення соціальних та екологічних проблем. Цей висновок узгоджується з концепцією економіки знань, яка наголошує на важливості інвестицій в людський капітал та наукові дослідження для забезпечення економічного та соціального прогресу [14].

2. До предикторів, що мали помірний зв'язок з рівнем соціальної циркулярності ($0,5 < R^2 < 0,7$), відносяться:

- **рівень витрат на соціальний захист** (*Смакро.1*), тіснота зв'язку якого характеризується як помірна із коефіцієнтом детермінації 0,6952. Це вказує на те, що 69,52 % варіації рівня соціальної циркулярності може бути пояснено змінами цього предиктора. Це підтверджує гіпотезу про те, що надійні системи соціального захисту є ключовою детермінантою переходу до циркулярної економіки, яка орієнтована на соціальну справедливість. Високий рівень витрат на соціальний захист, що включає підтримку зайнятості, соціальне страхування та допомогу вразливим групам населення, створює більш сприятливі умови для відповідального споживання та участі громадян у циркулярних процесах. Отримані висновки узгоджуються з положеннями теорії соціальної держави [15], яка наголошує на необхідності активної ролі держави у забезпеченні добробуту громадян та зменшенні соціальної нерівності. Дослідження С.Д. Лесного та Д.Р. Леймера [16-20] також підкреслюють важливість соціального захисту для підтримки зайнятості та стабільності на ринку праці.

- **частка населення, підключеного щонайменше до вторинної очистки стічних вод** (*Смікро.3*) ($R^2 = 0,5641$): Помірний зв'язок цього предиктора з рівнем соціальної циркулярності свідчить про те, що рівень екологічної свідомості та відповідальності суспільства має значний вплив на соціальну складову циркулярної економіки. Те, що 56,41 % варіацій соціальної циркулярності пояснюється рівнем підключення населення до вторинної очистки стічних вод, підкреслює важливість інвестицій в екологічну інфраструктуру та формування екологічної культури у населення країни. Вторинна очистка стічних вод, що забезпечує зменшення забруднення водних ресурсів та покращення якості життя, є важливим елементом екологічної справедливості, яка передбачає рівний доступ до чистих природних ресурсів для всіх членів суспільства [21]. Дослідження С. Долнічар та А. Харлиманн [22] підкреслюють важливість екологічної обізнаності населення для підтримки екологічно відповідальних практик.

3. Слабкий зв'язок з рівнем соціальної циркулярності ($0,3 < R^2 < 0,5$) мали такі предиктори:

- **кількість патентів, пов'язаних з переробкою та вторинною сировиною** (*Смезо.2*) ($R^2 = 0,4004$). Зв'язок між кількістю патентів, пов'язаних з переробкою та вторинною сировиною, та рівнем соціальної циркулярності є позитивним, але характеризується дещо нижчим коефіцієнтом детермінації, що становить 0,4004. Це свідчить про те, що інноваційна активність у сфері циркулярної економіки сприятиме соціальному прогресу, але не є визначальним чинником. Важливість інновацій для сталого розвитку підкреслюється в концепції еко-інновацій [23], яка передбачає, що технологічні зміни можуть одночасно сприяти економічному зростанню та вирішенню соціальних проблем. Невеликий коефіцієнт може вказувати, що кількість патентів не завжди відображає їхню практичну реалізацію;

- **рівень довгострокового безробіття** (*Смакро.3*) має коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,3359$), що свідчить про наявність певного впливу довготривалого безробіття на соціальну циркулярність, хоча цей вплив і не є надто сильним. Загалом, довготривале безробіття негативно впливає на соціальну згуртованість, сприяє соціальній ізоляції та зменшує можливості для самореалізації та участі у суспільному житті [24].

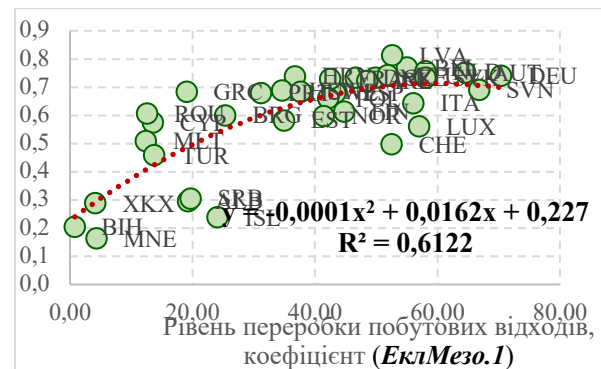
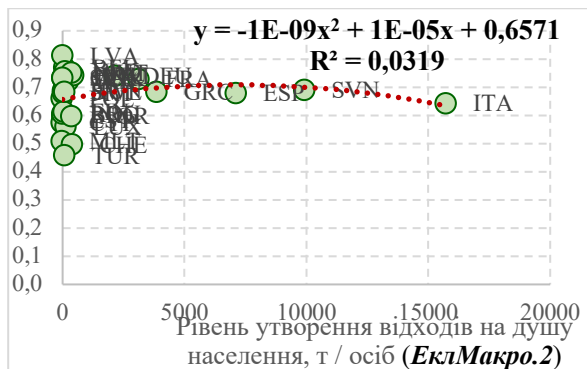
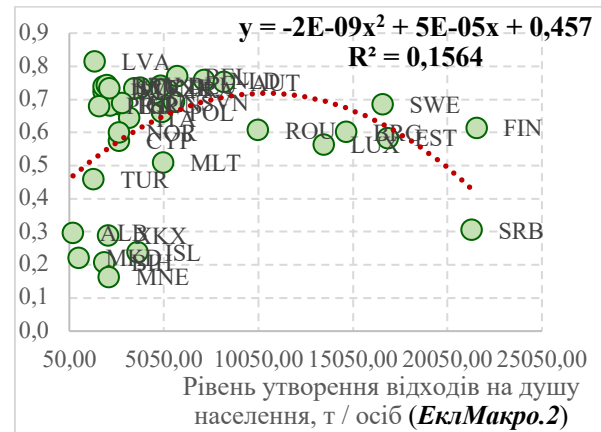
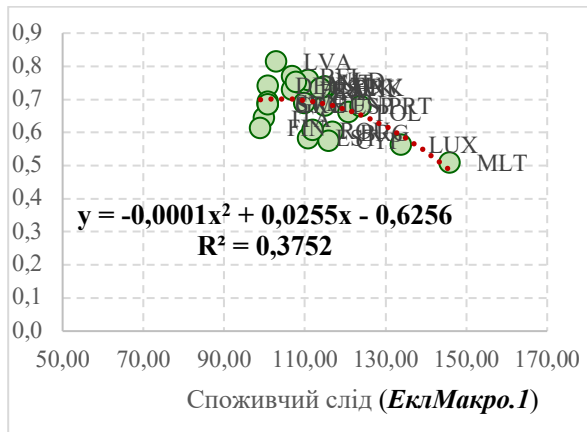
Усі інші предиктори мають дуже слабкий або незначущий зв'язок ($R^2 < 0,3$) з рівнем соціальної циркулярності країни: рівень ризику бідності серед безробітних (*Смезо.1*) ($R^2 =$

0,0235); рівень споживання енергії в домогосподарствах на душу населення (Смікро.1) ($R^2 = 0,0725$); чисельність осіб, які перебувають під загрозою бідності або соціальної ізоляції (Смакро.2) ($R^2 = 0,2275$); особи, зайняті у секторі ЦЕ (Смікро.2) ($R^2 = 0,3019$) (хоча й на межі). Це може бути зумовлено тим, що їх вплив є опосередкованим або залежить від інших факторів, які не враховані в парній регресійній моделі, або ж вони мають більш складний, нелінійний характер.

Отже, результати проведеного кореляційного аналізу дозволили визначити перелік соціальних предикторів, які будуть включені до подальшого економетричного моделювання рівня соціальної циркулярності країн Європи. Відповідно до отриманих результатів, найбільш вагомими предикторами для подальшого аналізу є: рівень витрат на соціальний захист (Смакро.1), частка населення, підключеного щонайменше до вторинної очистки стічних вод (Смікро.3) та частка персоналу, що займається НДДКР (Смезо.3). Ці показники продемонстрували найбільший вплив на рівень соціальної циркулярності та мають теоретичне обґрунтування у контексті соціальної справедливості, екологічної відповідальності та розвитку економіки знань.

Предиктори, що продемонстрували дуже слабкий зв'язок, не будуть включені до подальшого економетричного аналізу на даному етапі дослідження.

Наступним етапом аналізу є дослідження детермінант екологічної циркулярності. Для цього було розглянуто вплив факторних ознак на рівень екологічної циркулярності країн Європи у 2023 р., представлений у вигляді парних лінійних регресій на рис. 3.



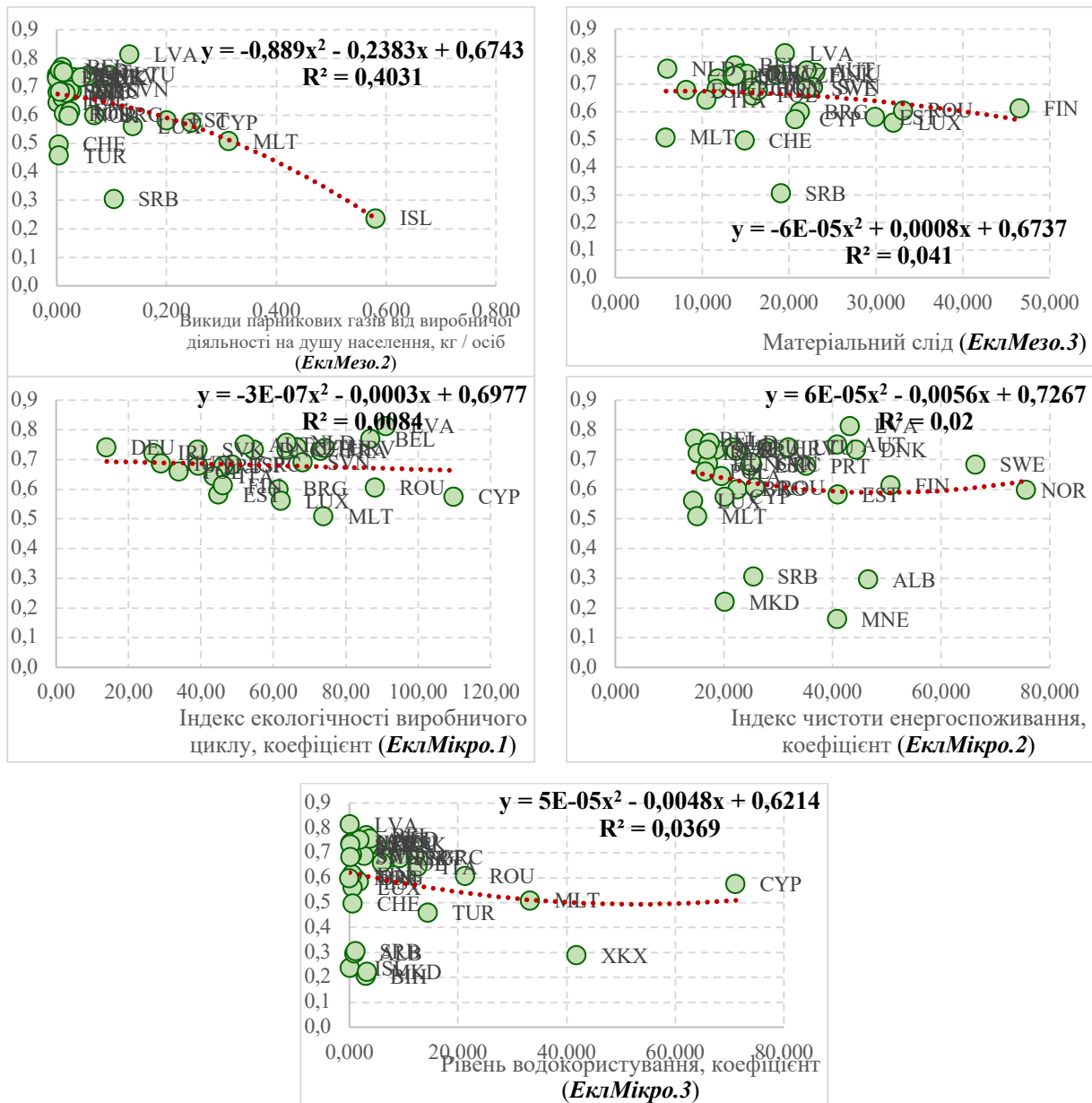


Рис. 3. Парні лінійні регресії залежності рівня екологічної циркулярності країн Європи від незалежних змінних у 2023 р.

Джерело: побудовано автором на основі [10]

На основі аналізу рис. 3, що представляє собою результати парних лінійних регресій, які відображають залежність між рівнем екологічної циркулярності країн Європи та відповідними факторними ознаками за 2023 р., було сформульовано висновки щодо статистично значущих взаємозв'язків між низкою екологічних предикторів та інтегральним індексом екологічної циркулярності країн Європи, зокрема:

1. До предикторів, що демонструють помірний ступінь кореляції з рівнем екологічної циркулярності ($0,5 < R^2 < 0,7$), належить рівень переробки побутових відходів (*ЕклМезо.1*). Тіснота зв'язку між рівнем переробки побутових відходів та екологічною циркулярністю характеризується коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,6175$, що вказує на те, що 61,75 % варіації рівня екологічної циркулярності може бути пояснено змінами цього предиктора. Це підтверджує важливість розбудови ефективної системи збору, сортування та переробки відходів. Високий рівень переробки побутових відходів свідчить про розвинену систему збору, сортування та переробки відходів, а також про свідоме ставлення населення до проблеми утворення відходів. Зв'язок між переробкою відходів та екологічною циркулярністю підтримується концепцією «ієрархії управління відходами», яка передбачає пріоритетність запобігання утворенню відходів, повторного використання та переробки над захороненням [25]. Збільшення частки перероблених побутових відходів сприяє зменшенню використання первинних ресурсів, зниженню забруднення навколишнього середовища та створенню нових економічних можливостей, що узгоджується з принципами циркулярної економіки [2].

2. До предикторів, що мали слабкий зв'язок з рівнем екологічної циркулярності ($0,3 < R^2 < 0,5$), відносяться:

- **індекс чистоти енергоспоживання** (*ЕклМікро.2*) ($R^2 = 0,4521$) відображає частку енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у валовому кінцевому споживанні енергії. Зв'язок індексу чистоти енергоспоживання та екологічної циркулярності, хоча і є позитивним, характеризується дещо нижчим коефіцієнтом детермінації, який складає 0,4521. Це вказує на те, що перехід до більш екологічно чистої енергетики сприяє покращенню екологічних показників, проте не є визначальним фактором екологічної циркулярності. Збільшення частки відновлюваної енергетики сприяє зменшенню залежності від невідновлюваних ресурсів та формуванню більш екологічно стійкої економіки [26].

- **рівень водокористування** (*ЕклМікро.3*) ($R^2 = 0,3122$) має зворотній вплив, оскільки збільшення обсягів водокористування прямо пропорційно збільшує антропогенне навантаження на водні ресурси.

3. З усіма іншими предикторами індекс екологічної циркулярності з зв'язок є дуже слабким або незначущим ($R^2 < 0,3$), відносяться зокрема: споживчий слід (*ЕклМакро.1*) ($R^2 = 0,1212$); рівень утворення відходів на душу населення (*ЕклМакро.2*) ($R^2 = 0,2337$); втрати від зміни клімату (*ЕклМакро.3*) ($R^2 = 0,0183$); матеріальний слід (*ЕклМезо.3*) ($R^2 = 0,1765$); індекс екологічності виробничого циклу (*ЕклМікро.1*) ($R^2 = 0,1036$).

Це може бути зумовлено тим, що їх вплив є опосередкованим або залежить від інших факторів, які не враховані в парній регресійній моделі. Низькі значення коефіцієнтів можуть бути пов'язані із високим ступенем агрегації відповідних статистичних даних.

Отже, результати проведеного кореляційного аналізу дозволяють визначити перелік екологічних предикторів, які будуть включені до подальшого економетричного моделювання рівня екологічної циркулярності країн Європи. Відповідно до отриманих результатів, найбільш вагомим предиктором для подальшого аналізу є рівень переробки побутових відходів (*ЕклМезо.1*).

Інші предиктори, такі як індекс чистоти енергоспоживання (*ЕклМікро.2*) та рівень водокористування (*ЕклМікро.3*), можуть бути включені до моделі з метою більш детального

аналізу їхнього впливу на екологічну циркулярність, з урахуванням особливостей їх впливу (прямого чи зворотнього).

Висновки. Отже, підсумовуючи проведений аналіз парних кореляцій, можна констатувати, що на рівні економічної, соціальної та екологічної циркулярності національних економічних країн Європи мав вплив комплекс детермінант, які потребують урахування в подальшому аналізі. Загалом, парні лінійні регресії залежності циркулярності від незалежних змінних слугують інструментом для візуалізації та аналізу взаємозв'язків між сильними факторами та рівнем економічної, соціальної та екологічної циркулярності національної економіки, що дозволяє зробити обґрунтовані висновки та сформулювати практичні рекомендації для подальших досліджень та розробки державної політики.

Результати дослідження парних залежностей дозволили визначити ключові предиктори, які найбільшою мірою пов'язані з інтегральними індексами циркулярності:

- *для економічної циркулярності:* продуктивність ресурсів, енергопродуктивність та інтенсивність викидів у повітря від промислових підприємств. Показники підкреслюють важливість ефективного використання ресурсів, енергії та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище в економічній діяльності;

- *для соціальної циркулярності:* частка персоналу, що займається НДКР, рівень витрат на соціальний захист та частка населення, підключеного до вторинної очистки вод. Це показав вплив інвестицій у науку, соціальний захист та екологічну свідомість на формування соціальної складової циркулярної економіки;

- *для екологічної циркулярності:* рівень переробки побутових відходів, індекс чистоти енергоспоживання та рівень водокористування, що відображають важливість управління відходами, використання відновлюваних джерел енергії та раціональне використання водних ресурсів для забезпечення екологічної стійкості.

Для отримання більш надійних та обґрунтованих результатів, необхідно перейти до використання багатовимірних економетричних моделей, які дозволяють врахувати вплив комплексу факторів на рівень циркулярності національної економіки. Саме моделювання циркулярності національної економіки дозволить верифікувати попередні висновки та розробити обґрунтовані рекомендації щодо стимулювання переходу до циркулярної економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee, and the Committee of the Regions. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. 2015. URL: https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/plastics-policies/4415_I_2015_Closing_the_loop.pdf

2. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. no 114. P. 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

3. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.* 2017. No 127. P. 221–232.

4. Ellen MacArthur Foundation. Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. 2015.

5. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F., Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production, Elsevier*. 2019. No 207. P. 542-559.
6. Вернадський В. Декілька слів про ноосферу. *Хроніка*. 2004. Вип. 57/58. С. 485–495.
7. Євдокимов В.В. Циркулярна економіка : монографія. Житомир: ЖДТУ, 2016. 200 с.
8. Мельник О. Г., Злотнік М. Л. Аналізування стану та тенденцій розвитку циркулярної економіки у Львівській області. *Бізнес Інформ*. 2020. № 2. С. 125–133. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-2-125-133>
9. Мусіна Л.А. Ресурсоефективна економіка: європейські тенденції та уроки для України. *Економічний аналіз*. 2014. Том 18. № 1. С. 51–62.
10. Eurostat. Circular economy indicators. Monitoring framework. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circulareconomy/>
11. World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Our common future. Oxford University Press.
12. Ayres R. U., Kneese A. V. Production, consumption, and externalities. *The American Economic Review*. 1969. no 59(3). P. 282-297.
13. Porter M. E., van der Linde, C. Green and competitive: Breaking the stalemate. *Harvard Business Review*. 1995. no 73(5). P. 120-134.
14. Foray D., Lundvall B. Å. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. OECD. 1996. URL: <https://scispace.com/papers/the-knowledge-based-economy-from-the-economics-of-knowledge-400zbfzrg>
15. Esping-Andersen G. The Three Worlds of Welfare Capitalism. Princeton University Press, 1990. URL: <https://pagotto.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/the-three-worlds-of-welfare-capitalism-1990.pdf>
16. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: A Reexamination of the Time-Series Evidence Using Alternative Social Security Wealth Variables Office of Research and Statistics, Office of Policy, Social Security Administration, *Working Paper* 1980. no 19.
17. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: New Time-Series Evidence, *Journal of Political Economy*. 1982. June. P. 606-629.
18. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: An Examination of Feldstein's New Evidence. (Working Paper No. 31), Office of Research, Statistics, and International Policy, Office of Policy, Social Security Administration, 1983.
19. Lesnoy S. D., Hambor J. C. Social Security, Saving, and Capital Formation, *Social Security Bulletin*. 1975. July. P. 3-15.
20. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: New Time-Series Evidence with Alternative Specifications. Office of Research and Statistics, Office of Policy, Social Security Administration. Working Paper. 1981. no 22.
21. Schlosberg D. Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature. Oxford University Press, 2007.
22. Dolnicar S., Hurlimann A. Australians' water conservation behaviours and attitudes. *Australian Journal of Water Resources*. 2010. no 14 (1). P. 43-53.
23. Rennings K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*. 2000. Volume 32. Issue 2 (February). P. 319-332.
24. Layard R. Happiness: Lessons from a New Science. Penguin Group USA, London, 2005.
25. European Commission. Directive 2008/98/EC on waste. 2008. URL: <https://www.bundesumweltministerium.de/en/law/directive-2008-98-ec-on-waste-and-repealing->

certain-

directives#:~:text=Directive%202008%2F98%2FEC%20of%2019%20November%202008&text=The%20purpose%20of%20the%20directive,is%20collected%20separately%20and%20recovered.

26. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

REFERENCES

1. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. 2015. URL: https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/plastics-policies/4415_I_2015_Closing_the_loop.pdf
2. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. no 114. P. 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
3. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resour. Conserv. Recycl.* 2017. no 127. P. 221–232.
4. Ellen MacArthur Foundation. Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. 2015.
5. Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F., Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production, Elsevier*. 2019. no 207. P. 542-559.
6. Vernadskyi V. Dekilka sliv pro noosferu. *Khronika*. 2004. Vyp. 57/58. S. 485–495.
7. Yevdokymov V.V. Tsyrukuliarna ekonomika: monohrafiia. Zhytomyr: ZhDTU, 2016. 200 s.
8. Melnyk O. H., Zlotnik M. L. Analizuvannia stanu ta tendentsii rozvytku tsyrkuliarnoi ekonomiky u Lvivskii oblasti. *Biznes Inform.* 2020. № 2. С. 125–133. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-2-125-133>
9. Musina L.A. Resursoefektyvna ekonomika: yevropeiski tendentsii ta uroky dlia Ukrainy. *Ekonomichnyi analiz*. 2014. Tom 18. № 1. S. 51–62.
10. Eurostat. Circular economy indicators. Monitoring framework. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circulareconomy/>
11. World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Our common future. Oxford University Press.
12. Ayres R. U., Kneese A. V. Production, consumption, and externalities. *The American Economic Review*. 1969. no 59(3). P. 282-297.
13. Porter M. E., van der Linde, C. Green and competitive: Breaking the stalemate. *Harvard Business Review*. 1995. no 73(5). P. 120-134.
14. Foray D., Lundvall B. Å. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. OECD. 1996. URL: <https://scispace.com/papers/the-knowledge-based-economy-from-the-economics-of-knowledge-400zbfzrzg>
15. Esping-Andersen G. The Three Worlds of Welfare Capitalism. Princeton University Press, 1990. URL: <https://pagotto.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/the-three-worlds-of-welfare-capitalism-1990.pdf>

16. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: A Reexamination of the Time-Series Evidence Using Alternative Social Security Wealth Variables Office of Research and Statistics, Office of Policy, Social Security Administration, *Working Paper* 1980. no 19.
17. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: New Time-Series Evidence, *Journal of Political Economy*. 1982. June. P. 606-629.
18. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: An Examination of Feldstein's New Evidence. (Working Paper No. 31), Office of Research, Statistics, and International Policy, Office of Policy, Social Security Administration, 1983.
19. Lesnoy S. D., Hambor J. C. Social Security, Saving, and Capital Formation, *Social Security Bulletin*. 1975. July. P. 3-15.
20. Leimer D. R., Lesnoy S. D. Social Security and Private Saving: New Time-Series Evidence with Alternative Specifications. Office of Research and Statistics, Office of Policy, Social Security Administration. Working Paper. 1981. no 22.
21. Schlosberg D. Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature. Oxford University Press, 2007.
22. Dolnicar S., Hurlimann A. Australians' water conservation behaviours and attitudes. *Australian Journal of Water Resources*. 2010. no 14 (1). P. 43-53.
23. Rennings K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*. 2000. Volume 32. Issue 2 (February). P. 319-332.
24. Layard R. Happiness: Lessons from a New Science. Penguin Group USA, London, 2005.
25. European Commission. Directive 2008/98/EC on waste. 2008. URL: <https://www.bundesumweltministerium.de/en/law/directive-2008-98-ec-on-waste-and-repealing-certain-directives#:~:text=Directive%202008%2F98%2FEC%20of%2019%20November%202008&text=The%20purpose%20of%20the%20directive,is%20collected%20separately%20and%20recovered.>
26. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>