

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 330.15

DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/1-86-16>**Верстяк А. В.**

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ЕКОЛОГІЧНИЙ СЛІД У ДОСЛІДЖЕННЯХ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ КОНВЕРГЕНЦІЇ КРАЇН/РЕГІОНІВ: КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ

Досліджено окремі показники, які використовуються для оцінки еколого-економічної конвергенції країн/регіонів. Із цієї метою в наукових дослідженнях використовуються викиди CO₂, однак критичний аналіз наукових джерел показав, що сьогодні дослідники схильються до використання екологічного сліду, який є комплексним кумулятивним показником. Виявлено, що показник екологічного сліду є більш адекватним індикатором, оскільки включає комплекс змінних забруднення навколишнього середовища. У зв'язку із цим зроблено висновок, що використання екологічного сліду в завданнях дослідження еколого-економічної конвергенції країн/регіонів є актуальним: за результатами тестів конвергенції екологічного сліду керівництва країн можуть приймати рішення щодо проведення спільної або ж розмежованої еколого-економічної політики щодо боротьби із забрудненням навколишнього середовища. **Ключові слова:** еколого-економічна конвергенція, екологічний слід, теорія економічного зростання, зміна клімату, еколого-економічна політика.

Постановка проблеми. У науковій літературі присутні численні емпіричні дослідження конвергенції еколого-економічних показників, яка розглядається як ключова мета зусиль щодо зменшення викидів у різних країнах. Конвергенція зазначених показників є основою багатьох наукових шкіл досліджень зміни клімату. Коли країни конвергують, вони можуть спільно боротися із загрозами навколишньому середовищу та узгоджувати свої зобов'язання щодо зменшення викидів. Із часу Конференції ООН (1972 р., Стокгольм) із проблем середовища, оточуючого людину, де вперше обговорювалася концепція сталого розвитку, було проведено численні заходи та прийнято міжнародні угоди для вирішення екологічних проблем, зокрема Кіотський протокол (1997 р.), Цілі сталого розвитку (2016 р.), Паризька угода (2015 р.). Так, Кіотський протокол визначає шість показників, за допомогою яких оцінюються шкідливі викиди: діоксид вуглецю (CO₂), метан, закис азоту, гідрофторвуглець, перфторуглероди та гексафторид сірки. Правила Кіотського протоколу вимагають від країн зменшення викидів зазначених газів, серед яких викиди CO₂ мають найбільшу частку (70%) у викидах парникових газів. Окрім того, ці викиди були зареєстровані як найбільший забрудник навколишнього середовища, пов'язаного з діяльністю людини [1].

Відзначимо, що у науковій літературі з метою дослідження конвергенції показників негативного впливу на навколишнє середовище здебільшого використовуються саме викиди CO₂, однак в останні три роки науковці схильються до використання екологічного сліду, який є комплексним кумулятивним показником.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із часу публікації першого дослідження [2], в якому автори використовували критерій одиничних коренів для підтвердження конвергенції 22 промислово розвинених країн за період 1960–1997 рр., обговорення конвергенції викидів CO₂ досліджено

доволі детально в науковій літературі з енергетики та еколого-економіки. В останніх дослідженнях еколого-економічної конвергенції об'єктом виступають різні її типи та характеристики (абсолютна та умовна, сигма та стохастична конвергенція), а також численні економетричні методи (включаючи тести одиничних коренів, алгоритми кластеризації, кроссекційний та аналіз розподілів). У зв'язку із застосуванням різних економетричних підходів та наборів даних результати цих досліджень неоднозначні, оскільки деякі автори вказують, що викиди CO₂ на душу населення мають конвергенцію, а інші, навпаки, що вони мають дивергенцію.

Більшість праць зосереджується на національній конвергенції викидів між країнами з обмеженим дослідженням на галузевому та регіональному рівнях. Якщо говорити про останній, то завдяки наявності якісної статистичної інформації основний акцент досліджень зосереджений на регіонах Китаю та штатах США. Так, у роботі [3] розглянуто конвергенцію викидів CO₂ на душу населення у 50 штатах США за 1980–2013 рр.; використовуючи підхід клубної конвергенції, доведено її наявність між штатами. У статті [4] досліджено конвергенцію інтенсивності викидів вуглецю в дельті ріки Янцзи в Китаї для 25 міст-префектур за 2000–2010 рр. За допомогою тесту Дікі-Фуллера доведено існування стохастичної конвергенції; аналіз сигма-конвергенції показав її наявність для 2000–2002 рр. та 2004–2010 рр., що означає зменшення розриву в інтенсивності викидів за цей період. У публікації [5] використовувався підхід безперервного динамічного розподілу для вивчення конвергенції викидів CO₂ на душу населення в 286 містах Китаю; результати продемонстрували зближення. У праці [6] досліджено конвергенцію інтенсивності викидів вуглецю в 24 промислових секторах Китаю за 1995–2015 рр.; автори провели статистичні тести абсолютної та умовної бета-конвергенції та продемонстрували її

наявність; метод клубної конвергенції показав наявність зближення для 20 секторів (було виділено два клуби). Серед вітчизняних наукових доробок виділимо праці [8; 9]. У публікації [7] зроблено висновок про наявність регіональної конвергенції по економічних показниках, що означає, що диспропорційність розвитку в регіонах із часом повинна зменшуватися й надалі. Сформульована на початку нульова гіпотеза про те, що регіони з більшим асиміляційним потенціалом повинні розвиватися більш швидкими темпами, згідно з проведеними розрахунками, виявилися вірною [7]. У роботі [8] на основі відомих міжнародних підходів та економетричних моделей проаналізовано процеси еколого-економічної конвергенції серед регіонів України. Зокрема, встановлено наявність на регіональному рівні економічної конвергенції на прикладі динаміки рівня доходів населення, що є позитивним зрушенням та означає поступове зменшення диспропорційності соціально-економічного розвитку [8].

Міждержавний аналіз конвергенції включає роботу [9], в якому автори досліджували конвергенцію викидів CO_2 , що спричинені спалюванням нафти для групи з 86 країн. Автори застосували традиційний підхід бета-конвергенції, який продемонстрував її наявність для періодів 1973–1979 та 1979–1991 рр. Акар та Ліндмарк [9] проаналізували конвергенцію викидів CO_2 від використання нафти та вугілля за період 1973–2010 рр., який був розділений на два субперіоди: 1973–1991 та 1992–2010 рр.; автори використали метод умовної конвергенції для 28 країн ОЕСР; конвергенція була виявлена для всього періоду та субперіодів. Для цієї ж групи країн Барассі та ін. [10] використали метод дробового інтегрування з метою перевірки існування конвергенції для періоду, який охоплює 1950–2013 рр.; результат продемонстрував порівняно слабу стохастичну конвергенцію викидів CO_2 , лише 30–40% країн мають збіжність до середнього показника ОЕСР; при цьому конвергенція з'являється, якщо вибірку розширити країнами БРІКС (без РФ). Конвергенцію викидів CO_2 для 18 країн Азії за період 1972–2010 рр. було досліджено у праці [11]; автори застосували ядерну оцінку щільності для непараметричних тестів безумовної та сигма-конвергенції; при цьому виявлено збіжність викидів CO_2 у всіх випадках. Лін та ін. [12] дослідили, чи збігаються викиди CO_2 на душу населення в країнах G18 в період 1950–2013 рр.; автори використали квантильний тест одиничного кореня та зробили висновок, що викиди CO_2 на душу населення збігаються для п'яти країн G18 (Австралія, Бразилія, Канада, Німеччина та Індія).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Відзначимо, що показник викидів CO_2 відображає тільки частину сукупних наслідків, які є результатом екстенсивного споживання енергії [11]. Окрім викидів CO_2 , використання таких ресурсів, як ліси, ґрунти, нафтогазові та гірничодобувні запаси, також чинить суттєвий вплив на навколишнє середовище. Наприклад, у розвинених країнах спостерігається зниження кількості конкретних забруднюючих речовин на одиницю випуску продукції, що досягнуто технологічним прогресом та впровадженням суворого екологічного законодавства; однак забруднення стічних вод перемістилося від оксидів азоту та сірки до твердих відходів, тому сукупні відходи залишаються високими, а відходи на душу населення навіть можуть залишатися сталими.

Мета статті. Вищесказане свідчить про те, що конкретні показники негативного впливу на навколишнє середовище, включаючи викиди CO_2 , потрібно доповнювати комплексними кумулятивними індикаторами, що й є метою даної статті.

Виклад основного матеріалу. Відзначимо, що взаємодія між викидами CO_2 та економічними індикаторами була досліджена з використанням різних гіпотез, таких як екологічна крива Кузнеця, гіпотеза про забруднення (pollution haven) та гіпотеза ореолу забруднення (pollution halo). Гіпотеза екологічної кривої Кузнеця, запропонована Гроссманом та Крюгером [13], показує, що зі збільшенням рівня доходу на душу населення погіршення стану навколишнього зростатиме, але через певний поворотний момент доходу на душу населення якість навколишнього середовища почне зростати. Ця гіпотеза означає, що між доходом на душу населення та показником впливу на навколишнє середовище існує обернена U-подібна залежність, а економічне зростання призводить до зменшення забруднення навколишнього середовища. Водночас теза про позитивний вплив економічного зростання на навколишнього середовища після певного поворотного моменту продовжує активно дискутуватися в багатьох дослідженнях, зокрема у праці [14] було продемонстровано, що країни, які розвиваються, ще не досягли поворотної точки. Тобто зі зростанням рівня доходу рівень забруднення доквілля продовжує теж зростати у країнах, що розвиваються; розвинені країни, навпаки, є більш успішними у зменшенні забруднення навколишнього середовища з їх високим рівнем доходу, який перевищує поворотний момент, та за рахунок використання сучасних зелених технологій. Брок і Тейлор [15] асоціюють конвергенцію показників забруднення навколишнього середовища з гіпотезою екологічної кривої Кузнеця. Екологічна гіпотеза наздоганяючого зростання (catch-up growth), розроблена авторами, передбачає, що в бідніших країнах забруднення доквілля є більшим, аніж у багатих країнах, а також що забруднення між багатими та бідними країнами з часом дивергує. Причиною такої диференціації є рівень капіталу країн у початковий момент часу. Коли країни, що розвиваються, починають використовувати екологічні технології з одночасним збільшенням рівня доходу, різниця між якістю навколишнього середовища в багатих і бідних країнах зменшується, а показники забруднення навколишнього середовища зближуватимуться. Хоча економічне зростання спочатку спричиняє екологічну шкоду, врешті-решт, воно з часом призводить до поліпшення якості навколишнього середовища. Згідно з дослідженням Штерна [16], гіпотеза конвергенції свідчить про те, що забруднення зменшується швидше в країнах із високим рівнем забруднення, ніж у країнах із низьким його рівнем; якщо ж багаті країни в початковий момент часу мають високий рівень забруднення на відміну від низького рівня забруднення в бідних країнах, то результат буде подібний до гіпотези екологічної кривої Кузнеця. Однак на відміну від цієї гіпотези, яка детально розглянута в багатьох дослідженнях, література про конвергенцію забруднення є доволі обмеженою [11]. Вищесказане означає, що це є головним недоліком, коли країни акцентуються тільки на скороченні викидів CO_2 , ігноруючи інші джерела забруднень.

Відповідно до дослідження [17], головними методами аналізу впливу на сталий розвиток є:

1) аналіз енергоспоживання; 2) аналіз емергії (тобто кількості енергії, яка безпосередньо витрачається на прямі та непрямі трансформації для виготовлення товару чи послуги); 3) еколого-економічні таблиці «витрати – випуск»; 4) екологічний слід; 5) вуглецевий слід; 6) екологічне ціноутворення; 7) оцінка життєвого циклу (тобто оцінка впливу на навколишнє середовище, який пов'язаний з усіма стадіями життєвого циклу комерційного продукту, товару чи послуги).

У табл. 1 наведено аналіз перерахованих методів за відповідними критеріями:

Наведені методи в табл. 1 мають певні загальні особливості, які можуть використовуватися у дослідженні еколого-економічної конвергенції країн/регіонів. По-перше, зазначені методи враховують складні «мережі» потоків товарів і послуг, а також як «природні ресурси» використовуються у цих мережах і як забруднювачі утворюються у цих мережах. Тому головна особливість цих методів полягає у тому, що вони дають змогу оцінити використані «непрямі ресурси» та «непрямі забруднювачі» у процесі виробництва продукту чи послуги. По-друге, в останні роки спостерігається тенденція інтеграції різних методів екологічного обліку з метою отримання більш повного уявлення про вплив діяльності людини на навколишнє середовище.

Однак в окремих дослідженнях, зокрема в роботі [18], зазначається, що найбільш відповідним методом оцінки впливу людської діяльності на глобальну стійкість є саме слід. Існує велика кількість слідів, таких як вуглецевий слід, водний слід, емісійний слід, енергетичний слід, азотний слід, слід біологічного різноманіття, фосфорний слід, слід відходів, соціальний слід, фінансовий слід, економічний слід, ексергічний слід, хімічний слід та екологічний слід [19].

Термін «екологічний слід» (англ. ecological footprint), який був запропонований як концепція Різом [20] та безпосередньо розроблений у роботі [21], відображає сукупну міру антропогенного впливу людини на навколишнє середовище. За своєю суттю показник відображає попит людини на природні ресурси і включає шість компонентів: поля, пасовища, ліс, рибний промисел, забудовані землі та вуглецевий слід. Даний показник широко використовується в усьому світі для підтримки та оцінки сталого розвитку. Він може бути використаний для управління використанням ресурсів,

а також для оцінки «сталості» товарів та послуг, підприємств/організацій, міст, регіонів, країн, а також способу життя людей. Екологічний слід – це інструмент обліку ресурсів, який дає змогу оцінити наявні в країні ресурси [12]; він відображає існування біофізичних меж, а також показує, що структура поточного споживання не є стійкою у довгостроковій перспективі [21]. Україна зараз стоїть перед вибором або продовжити надмірно використовувати природні багатства, або здійснювати ретельний аналіз у відновлюваних ресурсах і проводити суворий облік їхніх запасів, зберігаючи природний капітал на довгі роки.

Національні рахунки сліду та біологічної ємності містять основні дані, необхідні для комплексного аналізу екологічного сліду в усьому світі. Рахунки містять інформацію щодо використання екологічних ресурсів та ресурсну спроможність країн у часі. Розрахунки екологічного сліду та біоємності базуються на наборах даних ООН та дочірніх організацій ООН, у тому числі опублікованих Продовольчою та сільськогосподарською організацією, Базою даних статистики торгівлі товарами ООН, Статистичним відділом ООН, а також Міжнародним енергетичним агентством [22]. Додаткові джерела даних включають дослідження в рецензованих наукових журналах та тематичних збірниках.

Для спрощення розрахунків й у зв'язку зі складністю збору даних головним видом відходів у даному разі виступає двоокис вуглецю CO_2 , що утворюється під час спалювання викопного палива. Під час розрахунку екологічного сліду також ураховуються необхідні людині ріллі, пасовища, ліси і землі, призначені для зведення будівель та будівництва доріг. Наприклад, чим більше ресурсів поглинається під час виробництва продуктів харчування і лісоматеріалів, тим менше залишається біологічно продуктивних територій, здатних поглинати CO_2 , і він накопичується в атмосфері та океані.

Згідно з [22], екологічний слід розраховується як:

$$EF_C = EP_p + (EF_I + EF_E), \quad (1)$$

де EF_C – екологічний слід споживання (відображає споживання біоресурсів людиною даної країни; даний параметр є найбільш аменабельним до змін через зміну індивідуумами їх споживання); EP_p – екологічний слід виробництва (відображає споживання біоресурсів у процесі виробництва в межах даної країни; даний показник відображає,

Таблиця 1

Порівняльний аналіз методів оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище

Метод [17]	Мета	Метод аналізу	Ключові концепції
1	Оцінка прямого та непрямого споживання енергії у процесі виробництва	Процесний метод; витрати – випуск	Енергетичні витрати на виробництво та експлуатацію
2	Холістична оцінка стійкості взаємопов'язаних економічних та екологічних систем	Потокові діаграми	Емергія, трансформенність, принцип максимальної потужності
3	Екологічні наслідки виробництва	Таблиці витрати-випуск	Екологічний множник
4	Вплив діяльності людини на біоємність	Процесний метод; витрати – випуск	Екологічний слід, біоємність, екологічний резерв та дефіцит
5	Оцінка впливу діяльності людини на глобальне потепління	Процесний метод; витрати – випуск	Потенціал глобального потепління
6	Оцінка ціни екологічних процесів та ресурсів із метою прийняття економічних рішень	Методи матричної алгебри для вимірювання прямих та зворотних зв'язків у системі	Екологічна ціна
7	Екологічні наслідки, пов'язані з повним життєвим циклом товару	Процесний метод; витрати – випуск	Життєвий цикл товару

Джерело: складено за [17]

Використання екологічного сліду у дослідженнях еколого-економічної конвергенції

Джерело, (рік)	Період	Країни	Результат
[23], (2018)	1961-2013	ЄС	Екологічний слід сьогодні став популярним екологічним показником. Він забезпечує основу для встановлення цілей, визначення варіантів дій та відстеження прогресу до досягнення поставлених цілей. У статті досліджується конвергенція екологічного сліду на душу населення з використанням щорічних даних. Емпіричні висновки підтверджують наявність певних конвергентних клубів.
[24], (2019)	1961-2014	Всі країни згідно [24]	Дана стаття має на меті: 1) використання більш нового, комплексного еколого-економічного показника екологічного сліду, ніж CO ₂ , який називається екологічним слідом, та 2) дослідження конвергенції країн чотирьох континентів за показником екологічного сліду. Результати продемонстрували наявність конвергенції екологічного сліду для країн Африки, Америки та Європи, тоді як нульова гіпотеза про конвергенцію була відхилена для країн Азії.
[25], (2019)	1961-2014	92	Метою дослідження є перевірка конвергенції екологічного сліду на душу населення та його шести компонентів. Зроблено висновок, що політика щодо охорони навколишнього середовища повинна враховувати унікальні шляхи конвергенції кожної з країн кластеру за показником екологічного сліду, а також його складників.
[26], (2020)	1961-2016	АСЕАН-5	Мета статті – дослідити конвергенцію екологічного сліду на душу населення. Зроблено висновок про однозначну наявність абсолютної конвергенції екологічного сліду в досліджуваному регіоні.
[27], (2021)	1961-2016	Всі країни згідно [24]	Конвергенція забруднення навколишнього середовища є однією з найбільших проблем сучасної економічної науки. Головні висновки: а) залежність існує за всіма групами доходу; б) використані методи показали однозначну конвергенцію; с) існує декілька клубів конвергенції. Існування клубної конвергенції передбачає, що екологічна політика кожної досліджуваної країни повинна розроблятися відповідно із належності до відповідного клубу.

Джерело: складено автором

по суті, ВВП); EF_i – екологічний слід, пов'язаний з імпортом та EF_e – екологічний слід, пов'язаний з експортом (відображає споживання біоресурсів у процесі здійснення міжнародної торгівлі: якщо екологічний слід, який відображений в експорті, вище, ніж в імпорті, то дана країна є чистим експортером відновлюваних ресурсів та екологічних послуг).

Аналіз формули (1) дає можливість оцінити екологічний вплив даної країни: країна має екологічний резерв, якщо її екологічний слід менший за її біоємність, в іншому разі країна має екологічний дефіцит. Перших часто називають екологічними кредиторами, а других – екологічними боржниками [22]. У цьому контексті важливо відзначити, що у більшості країн та світі у цілому спостерігається екологічний дефіцит. Насправді сьогодні понад 85% населення світу живе в країнах з екологічним дефіцитом [13].

Підкреслимо, що емпіричні дослідження еколого-економічної конвергенції саме на основі екологічного сліду почалися відносно недавно: з появи першого дослідження [23] їх сьогодні існує доволі мала кількість (у наукометричних базах найми знайдено п'ять джерел). У табл. 2 наведено аналіз зазначених досліджень.

Висновки і пропозиції. Сьогодні науковці, екологи, політики та інші зацікавлені особи з майже всіх країн світу все більше стурбовані та, відповідно, приділяють більшу увагу вирішенню екологічних проблем. У цьому контексті на міжнародних та національних рівнях активно проводяться зустрічі, заходи та підписуються угоди щодо запобігання забрудненню навколишнього середовища. Головна мета цих зустрічей полягає у зменшенні

викидів парникових газів, зокрема CO₂, для боротьби зі зміною клімату. Однак у ході даного дослідження виявлено, що потрібен більш усебічний показник для оцінки забруднення навколишнього середовища. Це підтверджено серією останніх сучасних досліджень, в яких стверджується, що показник екологічного сліду є більш адекватним та надійним показником, оскільки включає комплекс змінних забруднення навколишнього середовища. Екологічний слід відображає як споживання природних ресурсів людиною, так і відтворення цих ресурсів природою. На основі даного показника можна оцінити перевищення або нестачу біоємності. У зв'язку із цим використання екологічного сліду в задачах дослідження еколого-економічної конвергенції країн/регіонів є актуальним: за результатами тестів на конвергенцію екологічного сліду можна приймати рішення щодо проведення спільної або ж розмежованої еколого-економічної політики щодо боротьби із забрудненням навколишнього середовища. Іншими словами, якщо спостерігається еколого-економічна конвергенція країн, то потрібно розробляти спільні заходи, політику, інституції з метою боротьби проти забруднення навколишнього середовища; якщо ж, навпаки, спостерігається дивергенція, то країнам потрібно дотримуватися національних кроків. У межах даного дослідження проведено аналіз джерел конвергенції екологічного сліду між різними країнами/групами країн; усі вони містять однозначні висновки про наявність конвергенції та її статистичну значущість, а отже, це може бути використано в подальших дослідженнях, зокрема еколого-економічної конвергенції країн ЄС та України.

Список використаних джерел:

1. Khan A.M., Bibi A.M., Muhammad S.Z. Convergence of per capita CO₂ emissions across the globe: Insights via wavelet analysis. *Renewable Sustainable Energy Review*. 2017. Vol. 75. P. 86–97.
2. Strazicich M.C., List J. A Are CO₂ emission levels converging among industrial countries? *Environmental & Resource Economics*. 2003. Vol. 24(3). P. 263–271.
3. Apergis N., Payne J.E. Per capita carbon dioxide emissions across US states by sector and fossil fuel source: Evidence from club convergence tests. *Energy Economics*. 2017. Vol. 63, pp. 365–372.

4. Li J., Huang X., Yang H., Chuai X., Wu C. Convergence of carbon intensity in the Yangtze River Delta. China. *Habitat International*. 2017. Vol. 60. P. 58–68.
5. Wu J., Wu Y., Guo X., Cheong T.S. Convergence of carbon dioxide emissions in Chinese cities: A continuous dynamic distribution approach. *Energy Policy*. 2016. Vol. 91. P. 207–219.
6. Yu S., Hu X., Fan J.L., Cheng J. Convergence of carbon emissions intensity across Chinese industrial sectors. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 194. P. 179–192.
7. Кубатко О.В. Еколого-економічна конвергенція регіонів як напрям забезпечення сталого розвитку. *Економіка та держава*. 2009. № 9. С. 45–48.
8. Лепейко Т.І. Економічний та екологічний потенціал конвергенції регіонального розвитку України. *Механізм регулювання економіки*. 2017. № 4. С. 176–182.
9. Acar S., Lindmark M. Periods of converging carbon dioxide emissions from oil combustion in a pre-Kyoto context. *Environmental Development*. 2016. Vol. 19, C. 1–9.
10. Barassi M.R., Spagnolo N., Zhao Y. Fractional integration versus structural change: Testing the convergence of CO₂ emissions. *Environmental & Resource Economics*. 2017. Vol. 33. P. 1–46.
11. Tiwari C., Mishra M. Testing the CO₂ emissions convergence: Evidence from asian countries. *IIM Kozhikode Society & Management Review*. 2017. Vol. 6(1), P. 67–72.
12. Working guidebook to the national footprint accounts / D. Lin et al. Oakland : Global Footprint Network, 2008. 100 p.
13. Grossman, Gene Michael, Krueger Alan Bennett Environmental Impacts of North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper Series. 1991. № 3914.
14. Sugiawan Yogi, Managi Shunsuke. The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy. *Energy Policy*. 2016. Vol. 98. P. 187–198.
15. Brock William Allen, Taylor Michael Scott The Kindergarten Rule of sustainable growth. NBER : Massachusetts, 2003. Working Paper. № 9597.
16. Stern, D.I. The environmental Kuznets curve: A primer. *CCEP working paper*, 2014. P. 1404.
17. Murray Patterson, Garry McDonald, Derrylea Hardy. Is there more in common than we think? Convergence of ecological footprinting, energy analysis, life cycle assessment and other methods of environmental accounting. *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 362. P. 19–36.
18. Life cycle management: how business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable. *UNEP/SETAC*. 2020 URL: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf> (дата звернення: 02.02 2021).
19. Cucek L., Jaromir K.J., Zdravko K. A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2012. Vol. 34. P. 9–20.
20. Rees, William E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environmental Urbanization*. 1992. Vol. 4 (2). P. 121–130.
21. Wachernagel Mathis, Rees William. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, The New Catalyst Bioregional Series. London's ecological footprint a review, 2003. URL: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/ecological_footprint.pdf (дата звернення: 02.02 2021).
22. Ecological footprint. Data and Methodology. URL: <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/> (дата звернення: 20.03 2021).
23. Ulucak R., Apergis N. Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environmental Science & Policy*. 2018. Vol. 80. P. 21–27.
24. Bilgili F., Ulucak R., Kozak E. Implications of Environmental Convergence: Continental Evidence Based on Ecological Footprint. In: Shahbaz M., Balsobre D. (eds) Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization. *Green Energy and Technology*. Springer, Charn, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-06001-5_6.
25. Sakiru Adebola Solarin, Aviral Kumar Tiwari, Mufutau Opeyemi Bello. A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*. 2019. Vol. 46. P. 101422.
26. Veli Yilanci, Ugur Korkut Pata. Convergence of per capita ecological footprint among the ASEAN-5 countries: Evidence from a non-linear panel unit root test. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 113. P. 106178.
27. Sinan Erdogan, Ilyas Okumus. Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121. P. 107123.

References:

1. Khan A.M., Bibi A.M, Muhammad S.Z. (2017) Convergence of per capita CO₂ emissions across the globe: Insights via wavelet analysis. *Renewable Sustainable Energy Review*, vol. 75, pp. 86–97.
2. Strazicich M.C., List J.A.Are. (2003) CO₂ emission levels converging among industrial countries? *Environmental & Resource Economics*, vol. 24(3), pp. 263–271.
3. Apergis N., Payne J.E. (2017) Per capita carbon dioxide emissions across US states by sector and fossil fuel source: Evidence from club convergence tests. *Energy Economics*, vol. 63, pp. 365–372.
4. Li J., Huang X., Yang H., Chuai X., Wu C. (2017) Convergence of carbon intensity in the Yangtze River Delta. China. *Habitat International*, vol. 60, pp. 58–68.
5. Wu J., Wu Y., Guo X., Cheong T.S. (2016) Convergence of carbon dioxide emissions in Chinese cities: A continuous dynamic distribution approach. *Energy Policy*, vol. 91, pp. 207–219.
6. Yu S., Hu X., Fan J.L., Cheng J. (2018) Convergence of carbon emissions intensity across Chinese industrial sectors. *Journal of Cleaner Production*, vol. 194, pp. 179–192.
7. Kubatko O.V. (2009) Ekoloho-ekonomichna konverhentsiia rehioniv yak napriam zabezpechennia staloho rozvytku. *Ekonomika ta derzhava*, vol. 9, pp. 45–48.
8. Lepeiko T.I. (2017) Ekonomichni ta ekolohichni potentsial konverhentsii rehionalnoho rozvytku Ukrainy. *Mekhanizm rehuliuвання економіки*, no. 4, pp. 176–182.
9. Acar S., Lindmark M. (2016) Periods of converging carbon dioxide emissions from oil combustion in a pre-Kyoto context. *Environmental Development*, vol. 19, pp. 1–9.
10. Barassi M. R., Spagnolo N., Zhao Y. (2017) Fractional integration versus structural change: Testing the convergence of CO₂ emissions. *Environmental & Resource Economics*, vol. 33, pp. 1–46.
11. Tiwari C., Mishra M. (2017) Testing the CO₂ emissions convergence: Evidence from asian countries. *IIM Kozhikode Society & Management Review*, vol. 6(1), pp. 67–72.
12. D. Lin et al. (2008) Working guidebook to the national footprint accounts. Oakland: Global Footprint Network, 100 p.
13. Grossman Gene Michael, Krueger Alan Bennett (1991) Environmental Impacts of North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper Series, no. 3914
14. Sugiawan, Yogi Managi Shunsuke (2016) The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy. *Energy Policy*, vol. 98, pp. 187–198.
15. Brock William Allen, Taylor Michael Scott The Kindergarten Rule of sustainable growth. NBER: Massachusetts, 2003. Working Paper, no. 9597.

16. Stern D.I. (2014) The environmental Kuznets curve: A primer. CCEP working paper, p. 1404.
17. Murray Patterson, Garry McDonald, Derrylea Hardy (2017) Is there more in common than we think? Convergence of ecological footprinting, energy analysis, life cycle assessment and other methods of environmental accounting. *Ecological Modelling*, vol. 362, pp. 19–36.
18. UNEP/SETAC (2020) Life cycle management: how business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable. Available at: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf> (accessed 02 February 2021).
19. Cucek L., Jaromir K.J., Zdravko K. (2012) A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, vol. 34, pp. 9–20.
20. Rees William E. (1992) Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environmental Urbanization*, vol. 4 (2), pp. 121–130.
21. Wachernagel Mathis, Rees William (2003) Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, The New Catalyst Bioregional Series. London's ecological footprint a review. Available at: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/ecological_footprint.pdf (accessed 02 February 2021).
22. Ecological footprint. Data and Methodology. Available at: <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/> (accessed 20 March 2021).
23. Ulucak R., Apergis N. (2018) Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environmental Science & Policy*, vol. 80, pp. 21–27.
24. Bilgili F., Ulucak R., Kozak E. (2019) Implications of Environmental Convergence: Continental Evidence Based on Ecological Footprint. In: Shahbaz M., Balsalobre D. (eds) Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization. *Green Energy and Technology*. Springer, Charm. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-06001-5_6.
25. Sakiru Adebola Solarin, Aviral Kumar Tiwari, Mufutau Opeyemi Bello (2019) A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*, vol. 46, pp. 101422.
26. Veli Yilanci, Ugur Korkut Pata (2020) Convergence of per capita ecological footprint among the ASEAN-5 countries: Evidence from a non-linear panel unit root test. *Ecological Indicators*, vol. 113, pp. 106178.
27. Sinan Erdogan, Ilyas Okumus (2021) Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, vol. 121, pp. 107123.

Верстяк А. В.

Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОНВЕРГЕНЦИИ СТРАН/РЕГИОНОВ: КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Резюме

Исследованы отдельные показатели, которые используются для оценки эколого-экономической конвергенции стран/регионов. С этой целью в научных исследованиях используют выбросы CO₂, однако критический анализ научных источников показал, что сегодня исследователи склонны к использованию экологического следа, который является комплексным кумулятивным показателем. Выявлено, что показатель экологического следа является более адекватным, поскольку включает комплекс переменных загрязнения окружающей среды. В связи с этим сделан вывод, что использование экологического следа в задачах исследования эколого-экономической конвергенции стран/регионов является актуальным: по результатам тестов конвергенции экологического следа руководства стран могут принимать решения касательно проведения общей или разграниченной эколого-экономической политики с целью борьбы с загрязнением окружающей среды.

Ключевые слова: эколого-экономическая конвергенция, экологический след, теория экономического роста, изменение климата, эколого-экономическая политика.

Verstiak Andrii

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

ECOLOGICAL FOOTPRINT IN RESEARCHES OF ECOLOGICAL COUNTRY/REGIONAL CONVERGENCE: CRITICAL LITERATURE REVIEW

Summary

The paper investigates indicators to be used to assessing the ecological convergence of countries/regions. There are numerous empirical studies in the scientific literature on the convergence of environmental and economic indicators, which are considered as the key goal of efforts to reduce emissions in different countries. The convergence of these indicators is the basis of many scientific schools of climate change researches. When countries converge, they can work together to address environmental threats and agree on their emission reduction commitments. To this end, CO₂ emissions are used in researches, but a critical analysis of scientific sources has shown that researchers are inclined to use the ecological footprint, which is a complex cumulative indicator. It is noted that the CO₂ emission indicator reflects only part of the cumulative effects that result from extensive energy consumption [11]. In addition to CO₂ emissions, the use of resources such as forests, soils, oil, gas and mining reserves also has a significant impact on the environment. For example, in developed countries there is a decrease in the number of specific pollutants per unit of output, which has been achieved by technological progress and the implementation of strict environmental legislation; however, wastewater pollution has shifted from nitrogen and sulfur oxides to solid waste, so total waste remains high and waste per capita may even remain stable. The above indicates that specific indicators of negative impact on the environment, including CO₂ emissions, need to be supplemented with comprehensive cumulative indicators, which is the purpose of this article. It was found that the indicator of ecological footprint is a more adequate indicator, as it includes a set of variables of environmental pollution. In this regard, it is concluded that the use of ecological footprint in the study of ecological and economic convergence of countries/regions is relevant: based on the results of convergence tests of ecological footprint, country leaders can decide to conduct a common or differentiated environmental and economic policy to decrease environmental pollution.

Keywords: ecological and economic convergence, ecological footprint, theory of economic growth, climate change, ecological and economic policy.