

## МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ. ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

УДК: 39.56:502.131.1:658.7

JEL Classification: F23, Q56, L23

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2025.14\(47\).11-25](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2025.14(47).11-25)

В.І. Миценко, доц., канд. пед. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

### Напрями стратегії зеленого переходу у глобальних ланцюгах вартості

У статті досліджено трансформацію енергетичних ланцюгів постачання Європейського Союзу в умовах повномасштабної війни росії проти України та санкційного тиску на російський енергетичний сектор, що спричинили переорієнтацію від трубопровідної моделі до імпорту зрідженого природного газу й одночасно посилили значущість відновлюваної енергетики як базису декарбонізації та зниження імпортозалежності. Метою дослідження є науково-методичне обґрунтування взаємозв'язків між геополітичними шоками, кліматичною політикою та структурною перебудовою глобальних ланцюгів створення вартості у відновлюваній енергетиці з позицій одночасного забезпечення енергетичної безпеки, конкурентоспроможності та кліматичної нейтральності.

Обґрунтовано, що заміщення традиційних поставок зрідженого природного газу із віддалених ринків супроводжується підвищеними транзакційними витратами, логістичними ризиками й інфраструктурними обмеженнями, що збільшує «вартість» енергетичної безпеки та актуалізує потребу у формуванні більш автономної архітектури енергозабезпечення. На основі узагальнення сучасних підходів до аналізу Global Value Chains та «зеленого переходу» систематизовано детермінанти перегляду енергетичних ланцюгів після 2022 року, виокремлено ключові вразливості ланцюгів постачання відновлювальних джерел енергії (концентрація виробництва компонентів і матеріалів у невеликій кількості країн, залежність від критичних мінералів, протекціонізм і торговельні бар'єри, технологічна переривчастість генерації та дефіцит довгострокового зберігання).

Доведено, що «зелений перехід» переносить центр системних ризиків із ринку палива на ринки технологій, сировини, мережевої інфраструктури та інституційного регулювання (включно з механізмами вуглецевого коригування, стандартами сталого фінансування й корпоративної звітності), формуючи нові вимоги до управління стійкістю ланцюгів постачання. Обґрунтовано політику керованої диверсифікації ланцюгів постачання відновлювальних джерел енергії, інвестування в мережі та портфель технологій зберігання, а також у посиленні вимірюваності екологічних результатів для мінімізації ризиків грінвошингу

**цифрова трансформація, глобальні ланцюги вартості, сталий розвиток, зелений перехід, кібербезпека, ESG-стратегії, цифрові ризики**

**Постановка проблеми.** Повномасштабна війна росії проти України та санкційні обмеження щодо російського енергетичного сектору зумовили прискорений перегляд європейськими країнами моделей енергозабезпечення й архітектури ланцюгів постачання енергоносіїв, однак заміщення трубопровідних поставок імпортом зрідженого природного газу (ЗПГ) із віддалених ринків, зокрема зі США, супроводжується високими транзакційними витратами, логістичними ризиками та інфраструктурними обмеженнями, що посилює вразливість енергосистеми та підвищує ціну енергетичної безпеки.

У цих умовах стратегічною альтернативою стає прискорення розвитку відновлюваної енергетики як інструменту декарбонізації, зниження імпортозалежності та формування більш автономного й стійкого ланцюга енергопостачання, проте «зелений перехід» водночас породжує нові структурні ризики: концентрацію виробництва ключових компонентів і матеріалів у невеликій кількості країн, залежність від критичних мінералів, вплив протекціонізму й торговельних обмежень, технологічну переривчастість генерації та дефіцит довгострокових рішень зі зберігання енергії.

Отже, проблематика полягає у необхідності науково обґрунтувати, як у нових геополітичних і кліматичних умовах забезпечити одночасну досяжність трьох взаємопов'язаних цілей - енергетичної безпеки, конкурентоспроможності та кліматичної нейтральності - через трансформацію глобальних і регіональних ланцюгів створення вартості у відновлюваній енергетиці та суміжних секторах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До кола науковців, які досліджують проблематику трансформацій глобальних ланцюгів вартості, належать Roberts A. [32], Ciuriak D. [12], Vacchus J. [3], Nepal R. [28], Guo Y. [17], Pata U. K. [29], Filippidis M. [15] та ін. Зокрема, Roberts A., Moraes H. Ch., Ferguson V. обґрунтовують формування нового гео економічного порядку, в межах якого торгівля та інвестиції дедалі більше підпорядковуються міркуванням стратегічної безпеки та політичного впливу, що безпосередньо впливає на структуру і конфігурацію глобальних ланцюгів вартості [32]. Ciuriak D. акцентує увагу на феномені «недовіри» у цифровій торгівлі, доводячи, що геополітичні суперечності обмежують вільний рух даних і трансформують цифрові сегменти глобальних ланцюгів [12]. Vacchus J. аналізує розширене трактування категорії національної безпеки як інструменту торговельної політики, що створює ризики фрагментації міжнародної економічної системи [3]. У сфері енергетичних ланцюгів вартості Nepal R., Deng Y., Dong K. досліджують адаптацію глобального енергетичного ланцюга до геополітичних ризиків, підкреслюючи його гнучкість, але водночас і зростання транзакційних витрат [28]. Pata U., Alola A., Erdogan S., Kartal M. розглядають вплив доходів, невизначеності економічної політики та геополітичних ризиків на інвестиції у відновлювану енергетику в країнах G7, демонструючи зміну інвестиційних пріоритетів у межах глобальних ланцюгів вартості [29]. Filippidis M., Filis G. аналізують взаємозв'язок геополітичного ризику й цін на енергоносії, що формує додаткові імпульси для перебудови виробничих і логістичних потоків [15]. Сукупність цих досліджень дозволяє стверджувати, що сучасні трансформації глобальних ланцюгів вартості відбуваються під впливом поєднання економічних, політичних та безпекових чинників, що зумовлює їхню регіоналізацію, цифровізацію та переорієнтацію стратегічних ресурсів. Водночас, попри наявність значного наукового доробку у цій сфері, питання напрямів стратегії зеленого переходу у глобальних ланцюгів вартості й досі залишаються фрагментарно висвітленими та потребують подальшого поглиблення як у теоретико-методологічному, так і в прикладному вимірах.

**Постановка завдання.** Метою статті є науково-методичне обґрунтування взаємозв'язків між геополітичними шоками, кліматичною політикою та структурною трансформацією глобальних ланцюгів постачання у відновлюваній енергетиці з позицій забезпечення енергетичної безпеки й конкурентоспроможності ЄС у процесі досягнення кліматичної нейтральності. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- систематизувати чинники, що зумовлюють перегляд енергетичних ланцюгів постачання після 2022 року, та оцінити логіку «заміщення» імпорту викопних енергоносіїв розвитком відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ);
- визначити ключові вразливості ланцюгів постачання ВДЕ, пов'язані з концентрацією виробництва компонентів і критичних мінералів, торговельними бар'єрами та протекціонізмом;
- охарактеризувати технологічні обмеження інтеграції ВДЕ (переривчастість, потреба у довгостроковому зберіганні, модернізація мереж) як детермінанти інвестиційної та регуляторної політики;
- окреслити роль стандартів сталого фінансування та корпоративної звітності у перерозподілі капіталу та мінімізації ризиків грінвошингу.

**Виклад основного матеріалу.** Війна росії проти України, санкції, запроваджені проти росії спричинили перегляд країнами ЄС ланцюгів забезпечення власних потреб енергоносіями. Проте, вартість і ризик імпортованої з США енергії в Європу є високими через тривале транспортування відстань як морем, так і сушею, а також відсутність трубопровідного транспорту. Згідно з даними енергетичного експерта Лорана Сегалена, європейська вартість покупки судна, наповненого ЗПГ зі Сполучених Штатів у 2022 році зріс до 275 мільйонів доларів порівняно з початковою ціною 60 мільйонів доларів. Тому ЄС країни можуть прагнути уникнути надмірної залежності від США шляхом скорочення імпорту ЗПГ звідти.

Важливою альтернативою для ЄС протягом наступних кількох років буде прискорення розвитку відновлюваної енергетики задля прискорення енергетичного переходу і побудови незалежного ланцюга енергопостачання.

Енергетичний перехід є ключем до вуглецевої нейтральності. Перехід на відновлювані джерела енергії з низьким вмістом вуглецю є вирішальним кроком у досягненні глобальних кліматичних цілей, які викладено у Паризькій угоді [1]. Для виконання Паризької угоди, більшість країн взяли на себе зобов'язання скоротити викиди парникових газів і склали дорожні карти і графіки вуглецевої нейтральності. Як наслідок, відбулося значне розширення енергетичних потужностей відновлюваної енергетики по всьому світу, що сприяє більш диверсифікованій і сталій енергетиці.

Зусилля щодо пом'якшення наслідків зміни клімату поступово призводять до впровадження політик та норм, які підтримують впровадження відновлюваної енергії. Підтримуюча політика, наприклад, політика тарифів і стандартів відновлюваної енергії, може стимулювати інвестиції у відновлювану енергетику проекти та впливатиме на моделі торгівлі.

Ланцюги постачання відновлюваної енергії є глобальними, оскільки вони використовують різноманітні ресурси, технологічну спеціалізацію, ефект масштабу та міжнародну співпрацю. Глобальна природа цих ланцюгів постачання має важливе значення для задоволення зростаючого попиту на відновлювану енергію і боротьби зі зміною клімату в глобальному масштабі.

Технології відновлюваної енергетики мають надходити з різних країн, а значні виробничі потужності або природні ресурси, такі як запаси літію, ведуть до глобального ланцюжка поставок. Виробництво технологій відновлюваної енергії спирається на специфічну сировину та мінерали, що обумовлює нові конкурентні переваги країн в конкретних аспектах виробництва технологій відновлюваної енергії.

Матеріали, які лежать в основі відновлюваної енергії, зосереджені в меншій кількості країн, ніж викопне паливо [18]. Наприклад, ресурси літію в основному присутні в Австралії, Аргентині, Болівії та Чилі. Ці порівняльні переваги вимагають транскордонної торгівлі та співпраці для доступу до найкращих технологій та компоненти.

Крім того, виробничі характеристики відновлюваних технологій призводять до економії за рахунок масштабу, що сприяє подальшому розвитку глобалізованих ланцюгів постачання енергії. Відновлювані енергетичні проекти, такі як великі сонячні або вітрові електростанції, отримують вигоду від економії на масштабі.

Для досягнення економічної ефективності ці проекти часто передбачають виробництво та монтаж компонентів у країнах з ефективними виробничими можливостями.

Розвитку відновлюваної енергетики сприяють як фактори попиту, так і пропозиції. З боку попиту, цілі вуглецевої нейтральності стимулюють попит на відновлювану енергію та сприяння енергетичному переходу, який призводить до сплеску попиту на обладнання та устаткування, необхідне для впровадження

технологій відновлюваної енергії, таких як сонячні батареї, вітрові турбіни та накопичувачі енергосистеми. Таким чином, енергетичний перехід призводить до більшої інтеграції джерел відновлюваної енергії у глобальні енергетичні системи.

З боку пропозиції постійні дослідження та розробки (НДДКР) стимулюють інноваційні технології відновлюваної енергії, що веде до підвищення ефективності та зниження витрат. Вартість виробництва енергії з відновлюваних джерел невпинно скорочується, що робить її все більш конкурентоспроможною порівняно з традиційними джерелами енергії. У багатьох регіонах відновлювані джерела енергії досягли паритету у мережі, тобто вони можуть виробляти електроенергію за ціною, порівнянною з або навіть нижче, ніж звичайні джерела.

Згідно з даними [7], очікується, що відновлювані джерела енергії будуть швидко розвиватися у майбутньому. Прогнозується збільшення їх частки в первинному енергопостачанні з 11,8% у 2019 до 34,9-64,0% у 2050. Сонячна та вітрова енергетика зазнає значного зростання. Очікується, що їх загальна встановлена потужність збільшиться до 16 разів у 2050 році, з 1231 ГВт у 2019 р. до 11420-20225 ГВт у 2050 р.

КНР наразі домінує у нарощуванні потужностей сонячної та вітрової енергії. Швидке розширення відновлюваних джерел енергії поступово призведе до значного зростання виробництва. Наприклад, щоб підтримати амбітні глобальні цілі з виробництва необхідних потужностей для ключових будівельних блоків сонячних панелей – полікремнію, зливків, пластин, осередків і модулів – до 2030 року потрібно буде збільшити більш ніж удвічі порівняно з сьогоднішніми рівнями існуючі виробничі потужності [20].

Оскільки технології відновлюваної енергії продовжують розвиватися та стають більш економічно життєздатними, очікується, що вони відіграватимуть ключову роль у формуванні глобальної енергетики та навіть у формуванні політичного ландшафту. Розвиток відновлюваної енергетики вимагатиме змін в енергетичній інфраструктурі та мереж передачі, щоб пристосуватися до змінного характеру відновлюваної енергії. Це створить можливості для нових інвестицій, поступово з'являються нові фінансові інструменти для підтримки розробки та впровадження проєктів у сфері відновлюваної енергетики.

Технології відновлюваної енергетики дозволяють децентралізоване виробництво енергії, сприяючи тому, що громади та окремі домогосподарства виробляли власну електроенергію.

Ця демократизація енергетики розширює можливості споживачів, зменшує залежність від централізованої влади системи та сприяє енергетичній незалежності. Диверсифікація джерел енергії та зменшення залежності від імпорту викопного палива дає країнам можливість підвищити свою енергетичну безпеку та зменшити вплив нестабільних світових енергетичних ринків.

Розвиток відновлюваної енергетики збільшує регіональні енергетичні зв'язки. Для того, щоб використовувати весь потенціал відновлюваної енергії, країнам часто потрібно використовувати ресурси знайдені в різних географічних місцях, що вимагає більш тісних зв'язків енергетичних мереж. Взаємозв'язані енергетичні мережі дозволяють ефективно передавати електроенергію з відновлюваних джерел на великі відстані, полегшуючи інтеграцію відновлюваної енергії з різних джерел і локацій.

Запровадження технологій відновлюваної енергії може навіть змінити торговельні відносини та геополітична динаміка.

Ключовим серед цих змін вже сьогодні є експорт автомобілів, включаючи ринок електромобілів, що швидко зростає (EVS). У першому кварталі 2023 року КНР випередила Японію та стала найбільшим у світі експортером автомобілів, а китайські

виробники почали домінувати у внутрішніх продажах, що призвело до різкого падіння статків японських автовиробників [27].

У 2022 році КНР вдалося забезпечити близько 35% світового ринку експорту електромобілів, тоді як частка Японії знизилася приблизно з 25% до менш ніж 10% за чотирирічний період (2018-2022) [19]. Зростання конкурентоспроможності та частки ринку КНР на експортному ринку електромобілів розглядається як загроза для Японії та Республіки Корея, що може вплинути на геополітичну динаміку. Більше того, із загостренням конкуренції у секторі електромобілів акумулятори електромобілів та інших критично важливих мінералів, необхідних для їх виробництва, таких як літій, також дедалі більше розглядається як питання економічної безпеки [13].

Однією з проблем для відновлюваних джерел енергії є переривчастість, оскільки такі джерела, як сонячна енергетика та вітер, залежать від погодних умов. Переважаючі технології зберігання можуть лише забезпечити максимально короткострокове резервування, тоді як надійність енергосистеми потребує довгострокового резервування.

Надійне джерело живлення потребує резервного копіювання в п'яти часових масштабах: щорічно, щоквартально, щомісяця, щодня, і обертатися назад. На відміну від цього розроблені батареї та накопичувачі водню можуть забезпечити резервне копіювання протягом від години до дня відповідно [6].

Подальший прогрес у технологіях накопичення енергії, таких як батареї та насосні гідрогенератори зберігання, необхідні для забезпечення більшого використання відновлюваної енергії та забезпечення стабільності операцій з мережею. Тому сьогодні ключовими елементами енергетичних інновацій є прориви в зберіганні енергії, інтеграція в мережу та розумне управління енергією, що робить відновлювану енергію більш надійним та конкурентоспроможним джерелом.

Глобальні ланцюжки поставок, які охоплюють кілька регіонів і країн, можуть зробити країни вразливими до збоїв у міжнародній торгівлі через різні фактори. Ці вразливості підкреслюють важливість ретельного управління ланцюгами постачання для сприяння енергетичному переходу у забезпеченні енергопостачання та економічного розвитку.

Країни, які сильно залежать від імпорту відновлюваної енергії, можуть зіткнутися з дефіцитом поставок або збільшення витрат під час перебоїв у торгівлі. Наприклад, торговельні суперечки, тарифи чи геополітична напруженість може спровокувати збої у світовій торгівлі компонентами, необхідними для виробництва енергії з відновлюваних джерел, що потенційно може призвести до дефіциту пропозиції або значного збільшення витрат для країн, які залежить від імпорту.

Згідно зі спеціальним звітом МЕА про глобальні ланцюги поставок сонячної фотоелектричної енергії, запровадження антидемпінгових, компенсаційних та імпорتنних мит з 2011 р. на різні компонентів ланцюга постачання сонячної фотоелектричної енергії значно збільшилося - з одного податку на імпорт до 17 мит і податків на імпорт [20]. Разом ці заходи тепер охоплюють 17% світового попиту, без урахування внутрішнього попиту КНР. Крім того, деякі країни можуть запровадити механізми коригування меж вуглецю для вирішення проблеми витоку вуглецю та захисту вітчизняної промисловості від імпорту з високим вуглецевим слідом. Такі механізми можуть вплинути на конкурентоспроможність продуктів відновлюваної енергії на світових ринках.

Концентрація процесу виробництва енергії з відновлюваних джерел, виробництва технологій і матеріалів призводить до вразливості ланцюга постачання. Виробництво та розподіл енергії часто зосереджені в окремих регіонах чи країнах.

Наприклад, КНР збирається досягти майже 95% частки світового виробництва полікремнію з урахуванням нинішніх виробничих потужностей будівництва [20].

Багато технологій відновлюваної енергетики покладаються на певну базу сировини, яка знаходиться в обмеженій кількості країн [18]. Будь-які збої, незалежно від того, спричинені вони геополітичною напругою, нещасними випадками чи екстремальними погодними явищами, можуть призвести до дефіциту і стрибків цін на світовому енергетичному ринку та ще більше можуть вплинути на виробництво і впровадження технологій відновлюваної енергії в усьому світі.

Енергетичний перехід вимагає значного розвитку критичних мінеральних секторів низьковуглецеві технології, які є мінералоемними. Ланцюжки поставок найважливіших мінералів є більш концентрованими, ніж ланцюги поставок викопного палива [18].

На жаль, сучасне глобальне геополітичне середовище, зокрема китайсько-американська конкуренція та глобальний сплеск протекціонізму, дедалі більше використовують як зброю критичний мінеральний сектор.

Відсутність компромісу у міжнародній торгівлі, інвестиціях та співробітництві заважає енергетичному переходу, оскільки низьковуглецеві технології залежать від міжнародних торговельних мереж та інвестицій у зниження витрат та заохочення навчання і інновацій [16].

Спеціальний звіт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC) про глобальне потепління на 1,5 °C містить заклик до обмеження зростання глобальної температури в межах 1,5 °C до 2030 року, щоб уникнути катастрофічних впливів екстремальних погодних умов на світ [22].

У Паризькій кліматичній угоді – юридично обов'язковому міжнародному договорі про зміну клімату, яку було прийнято 12 грудня 2015 року 195 Сторонами на Конференції ООН зі зміни клімату (COP21) у Парижі, набула чинності 4 листопада 2016 року.

Паризька кліматична угода підтвердила, що розвинені країни та країни, що розвиваються, повинні досягти вуглецевої нейтральності до 2050 і 2060 років відповідно. Крім того, усі країни мають досягти чистого нульового вуглецевого викиду між 2070 і 2090 роками, і весь світ має досягти чистого нульового викиду парникових газів до 2100 р. Після укладання Паризької угоди більшість країн склали плани досягнення цілей щодо вуглецевої нейтральності та інших важливих досягнень щодо розвитку відновлюваної енергетики при скороченні використання викопного палива. На COP 26 (Конференції Організації об'єднаних націй з питань зміни клімату) більше ніж 40 країн, включаючи США та країни ЄС, оголосили про поступову відмову від вугілля до 2030 року і взяли на себе зобов'язання змінити практично всю традиційну енергію енергією вітру, сонця або ядерною енергією та прискорити енергетичний перехід приблизно до 2035 р. КНР також пообіцяла припинити закордонні інвестиції у виробництво електроенергії з вугілля.

Проте порушення ланцюгів енергопостачання під час пандемії COVID-19 і поточні геополітичні зміни, особливо війна росії проти України, впливають на швидкість світового енергетичного переходу та графік досягнення вуглецевої нейтральності.

Прогноз експертів Міжнародного енергетичного агентства щодо наслідків війни для навколишнього середовища та управління кліматом у короткостроковій та довгостроковій є таким:

1. У короткостроковій перспективі енергетична динаміка матиме вплив на глобальне управління кліматом. Проблема енергозабезпечення залишається гострою в короткостроковій перспективі. Теплотворна здатність природного газу (15,3 тС/ТДж)

значно нижча, ніж у вугілля (26,37 тС/ТДж), збільшення використання вугілля європейськими країнами в енергетиці дефіцит збільшив викиди вуглецю. Так само, щоб задовольнити зростаючий попит на електроенергію [21].

У КНР є плани щодо будівництва понад 10 нових електростанцій, що працюють на вугіллі, деякі з яких будуються. І хоча викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з енергетикою, скоротилися протягом рецесії, спричиненої пандемією, це було компенсовано збільшенням у 2021 році на 1,9 Гт, найбільшим у історія [21].

2. У довгостроковій перспективі динаміка енергетичного переходу сприятиме процесу зменшення вуглецевих викидів. Порушення ланцюга постачання природного газу в Європі посилює поштовх до інвестицій та використання відновлюваної енергії. 13 вересня 2022 року для досягнення цілей «Fit for 55» [2] Парламент ЄС ухвалив Директиву про розвиток відновлюваної енергетики (REDII), яка передбачає, що частка споживання відновлюваної енергії досягне до 2030 року 45%. Таким чином, європейські країни можуть досягти вуглецевої нейтральності раніше і взяти на себе роль лідера у глобальному управлінні навколишнім середовищем та кліматом.

3. Енергетична безпека та стійкість ланцюгів енергопостачання будуть ключовими для майбутнього дизайну GVC. Крім того, початок війни росії в Україні викликав глибшу глобальну рефлексію на енергетичну безпеку та енергетичний перехід. Сьогодні країни, які залежали від постачання енергоносії в росії, особливо країни ЄС, намагаються збалансувати енергетичну безпеку, енергетичну надійність та енергетичну чистоту. Уряди всього світу зобов'язані розвивати місцеві ресурси, багато з яких не є викопним паливом, у більших масштабах, щоб забезпечити енергетичну безпеку. Це зменшить глобальну залежність від викопного палива та змінить структуру глобального енергопостачання (рис. 1).

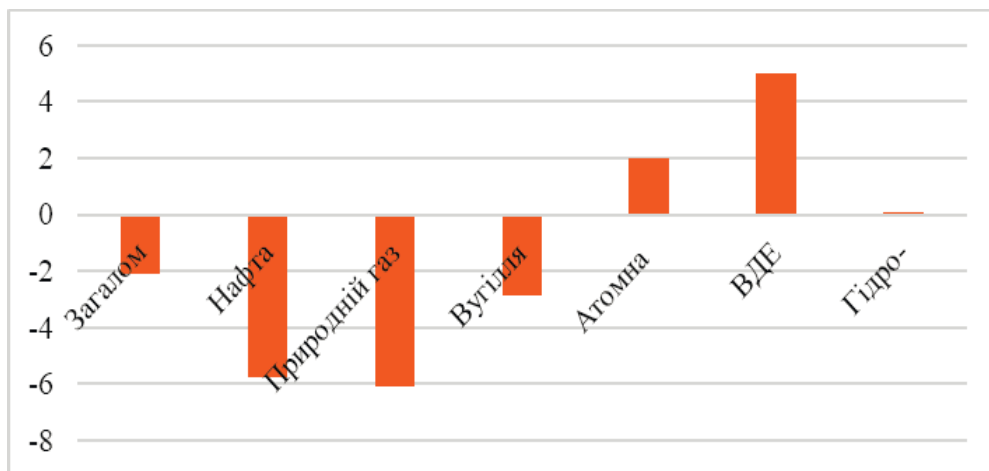


Рисунок 1 – Прогноз зміни первинної енергії до 2035 року по відношенню до 2022 року, %  
Джерело: побудовано автором на основі даних [8]

Зелений перехід є життєво важливим для зміцнення енергетичної незалежності та довгострокової економічної стійкості Європи. Він стимулює інновації, підтримує створення сталих робочих місць та зміцнює лідерство ЄС у глобальних кліматичних діях.

Зміна клімату та погіршення стану навколишнього середовища є екзистенційною загрозою для Європейського Союзу та всього світу.

Згідно зі VI Звітом IPCC «Зміна клімату 2022: вплив, адаптація та вразливість», зміни в кількох факторах кліматичного впливу вже спостерігаються у всіх регіонах Європи: підвищення середньої температури та екстремальна спека, та зменшення періодів похолодання [23].

Зі зростанням потепління впевненість у негативних прогнозах зростає для більшої кількості факторів. Середні та максимальні температури, частота теплих днів і ночей, а також хвилі спеки збільшилися з 1950 року, тоді як відповідні індекси холоду знизилися [31].

Посуха, надмірні дощі та комплексні небезпеки посухи та спеки збільшили витрати та спричинили економічні втрати в продуктивності лісів, однорічних та багаторічних культур, а також тваринництва, включаючи втрати виробництва пшениці в ЄС, при цьому тяжкість наслідків екстремальної спеки та посухи потроїлася за останні 50 років. Метеорологічні екстремуми, спричинені складним впливом холодних зим, надмірних опадів восени та навесні, а також літньої посухи, спричинили втрати виробництва (до 30% відносно очікуваних трендів) у 2012, 2016 та 2018 роках, які були винятковими порівняно з останніми десятиліттями [23].

Енергетичний сектор у Європі вже стикається з впливом екстремальних кліматичних явищ. Значне скорочення та перебої в електропостачанні спостерігалися протягом надзвичайно сухих та/або спекотних років останнього 20-річного періоду, наприклад, у Франції, Німеччині, Швейцарії та Великій Британії під час надзвичайно спекотного літа 2018 року, що призвело до обмежень водяного охолодження на електростанціях. Кількість днів опалення зменшилася, а днів охолодження збільшилася протягом 1951–2014 років, з чіткішими тенденціями після 1980 року [14].

Нові дослідження підтверджують висновки щодо ризиків для термоелектричної енергетики та регіональних відмінностей щодо ризиків для гідроенергетики. В деяких регіонах Європи спостерігається надзвичайно високий приплив води до дамб, що за прогнозами, збільшить ризики затоплення електростанцій та прилеглих населених пунктів [11], тоді як підвищення температури може знизити ефективність парових та газових турбін. Дефіцит води може обмежувати уловлювання та зберігання вуглецю на суші [10].

Зниження швидкості вітру на поверхні землі протягом 1979–2016 років підтверджує прогнозовані тенденції до зменшення потенціалу наземної вітроенергетики. Загальні потреби в резервній енергії в Європі можуть зрости на 4–7% до 2100 року з потенційно більшими сезонними змінами [36].

Технологічні фактори, збільшення споживання електроенергії та адаптація суттєво впливають на температурну чутливість попиту на електроенергію і, як наслідок, на ризики. Потенційні скорочення або відключення електроенергії під час кліматичних екстремумів можуть збільшити ціни на електроенергію [30].

Спека знижує продуктивність праці, особливо в будівництві, сільському господарстві та виробництві. Прямі збитки від повеней у Європі є найвищими для виробництва, комунальних послуг та транспорту; непрямі збитки виникають, наприклад, у виробництві, будівництві, банківській справі та страхуванні [25].

Щоб подолати виклики, пов'язані з неминучою зміною клімату, Європейський союз розробив нову стратегію зростання Європи - «Зелену угоду», яка має перетворити ЄС на сучасну, ресурсоефективну та конкурентоспроможну економіку. Європейська зелена угода має на меті зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року, стимулювати економіку за допомогою зелених технологій, створити стійку промисловість і транспорт, а також скоротити забруднення. Перетворення кліматичних та екологічних викликів на можливості має зробити перехід справедливим та інклюзивним для всіх.

Ключові напрямки Європейської зеленої угоди (ЄЗУ) включають чисту енергію, боротьбу зі зміною клімату, будівництво та реконструкцію, сталу промисловість, сталу мобільність, зменшення забруднення навколишнього середовища, біорізноманіття та сталу сільськогосподарську політику (стратегія «Від ферми до виделки»).

ЄЗУ стосується не лише кліматичної політики, а й зеленої концепції економічної модернізації та зростання, спрямованої на забезпечення життя людини в гармонії з планетою та її ресурсами.

У 2007 році в ЄС було розроблено Стратегічний план енергетичних технологій (SET Plan), який з моменту створення Енергетичного союзу у 2015 році став одним з основних інструментів 5-го стовпа Енергетичного союзу щодо досліджень, інновацій та конкурентоспроможності [34].

SET Plan є ключовим кроком у прискоренні переходу до кліматично нейтральної енергетичної системи. Він зосереджений на розробці та масштабуванні стратегічних енергетичних технологій швидким та конкурентоспроможним за витратами способом.

Він узгоджує національні дослідницькі та інноваційні програми з цілями політики ЄС у сфері чистої енергії, зосереджуючись на стратегічній автономії, конкурентоспроможності та декарбонізації.

Станом на 2022 рік 46 країн встановлювали ціни на викиди за допомогою вуглецевих податків або схем торгівлі викидами [5]. Данія наразі має найвищу схему податку на викиди вуглецю для підприємств, яка досягне 160 доларів США за тонну викидів вуглекислого газу до 2030 року [24]. Однак, оскільки вартість викидів стає дедалі дорожчою в деяких країнах, існує ризик того, що фірми, що базуються в цих країнах, перенесуть вуглецеємне виробництво до країн з менш суворою кліматичною політикою, що відоме як «витік вуглецю».

Щоб запобігти витоку вуглецю з країн, які не мають ціни на вуглець, Європейський Союз поступово впроваджує Механізм коригування вуглецевих викидів на кордоні (СВАМ), який набуде чинності у 2026 році. СВАМ – це вуглецевий тариф, спрямований на товари, що вважаються такими, що мають найбільший ризик витоку вуглецю – цемент, залізо та сталь, алюміній, добрива, електроенергію та водень – розроблений для того, щоб забезпечити еквівалентність ціни на вуглець імпорту ціни на вуглець внутрішнього виробництва.

Інституційні рушійні сили також можуть виникати в багатосторонніх умовах. Це стосується, наприклад, торговельних угод, де детальні екологічні положення включені до статутів, що призводить до збільшення зеленого експорту з країн, що розвиваються, особливо яке виражене в країнах із суворими екологічними нормами [9].

Наприклад, угоди про вуглецевий пакт, які глобальна судноплавна компанія Maersk укладає зі своїми клієнтами, формують основу для підходу, що охоплює ланцюг створення вартості, до зменшення викидів вуглецю від транспорту. Завдяки вуглецевому пакту Maersk забезпечується прозорість логістичних потоків виробничої мережі для всіх клієнтів, що відкриває можливості для оптимізації викидів від транспорту [33].

Ринкові рушійні сили зеленого переходу GVC кореняться у змінах у зеленому попиті та вподобаннях серед споживачів або професійних користувачів на існуючих ринках або в зміщенні ринкового попиту на зелені провідні ринки, тобто ринки з більш суворими екологічними протоколами.

Моделі сукупного попиту можуть зміщуватися з місць з послабленими екологічними режимами на ринки «зелених» лідерів [4]. Іноземне регулювання стимулювало інновації у сфері відновлюваної енергії в енергетичній сфері завдяки ефекту стимулювання іноземного попиту. Таким чином, іноземна кліматична та екологічна політика може стимулювати зелені інновації в інших країнах. Глобальні цінні папери GVC можуть виступати важливим каналом, через який передаються сигнали жорсткого іноземного екологічного регулювання для стимулювання внутрішніх інновацій у сфері відновлюваної енергії. Зазвичай вони поширюються через зусилля, спрямовані на задоволення більш екологічно вимогливих вимог клієнтів.

Інший ефект попиту спостерігається, коли кінцевий попит на галузеву продукцію зміщується з одного ринку на інший, де останній є частиною зеленої економіки. Наприклад, коли попит на літій змістився з кераміки та скла на літій-іонні акумулятори – ринок зі значно більшою увагою до навколишнього середовища – це спонукало до екологічних інновацій для зменшення відходів видобутку корисних копалин біля джерела глобальних цінностей (GVC) [35].

У літературі про GVC підкреслюється роль, яку відіграють провідні фірми у передачі знань та впровадженні інновацій по всьому ланцюжку. Щодо зеленого переходу GVC, провідні фірми описуються як основні рушійні сили екологічних інновацій.

Для фінансування Зеленої угоди Європейська Комісія оголосила, що загалом 1 трильйон євро буде інвестовано в зелену трансформацію європейської економіки. Кошти будуть акумульовані, зокрема, в рамках багаторічної фінансової програми (MFF) до 2027 року та фонду ЄС наступного покоління в загальному обсязі 750 мільярдів євро.

У світлі критичної ролі фінансового сектора для забезпечення достатнього капіталу, сталим фінансам приділяється більше уваги як в академічних дослідженнях, так і у фінансовому секторі.

Провідні менеджери активів та інвестиційні компанії пропонують фінансові продукти, які, як стверджують, враховують фактори стійкості протягом усього інвестиційного процесу. Однак, незважаючи на те, що вони часто використовуються як взаємозамінні, потрібно чітко розрізняти стале фінансування та зелене фінансування або кліматичне фінансування.

Сьогодні під час прийняття інвестиційних рішень у фінансовому секторі беруться до уваги міркування щодо ESG-політики та ESG-стратегії, які впроваджуються суб'єктами господарювання різних рівнів.

Стратегії ESG мають забезпечувати важливий набір керівних принципів або рамок, які компанія встановлює для врахування екологічних, соціальних та управлінських факторів (ESG) у своїй діяльності та процесах прийняття рішень.

З 10 березня 2021 року в країнах ЄС застосовується Положення про розкриття інформації про стале фінансування (SFDR), яке накладає обов'язкові зобов'язання щодо розкриття ESG для керуючих активами та інших учасників фінансового ринку. SFDR є нормативним актом, який має пряму дію на розширення вже існуючих вимог щодо розкриття інформації про учасників фінансового ринку за відповідними галузями законодавства. SFDR вимагає від керуючих активами та фінансових радників розкрити, як вони розглядають ризики сталого розвитку у своєму інвестиційному процесі.

Регламент встановлює зобов'язання щодо розкриття інформації щодо розвитку фінансових продуктів та фінансових консультантів, як на рівні організації, так і на рівні продукту. На рівні суб'єкта господарювання SFDR вимагає від фірм розкривати інформацію про те, як суб'єкт господарювання інтегрує ризики стійкості у процесі прийняття інвестиційних або фінансових рішень. На рівні продукту SFDR вимагається від фірм розкривати додаткову інформацію залежно від цілей окремого фінансового продукту.

Делегований закон про розкриття інформації визначає конкретні KPI, пов'язані зі стійким розвитком для банків, менеджерів активів, інвестиційних компаній, страхових і перестрахових компаній, щоб дозволити інвесторам та іншим зацікавленим сторонам оцінити частку економічної діяльності, яка відповідає Таксономії Регламенту (ЄС) 2020/852 про заснування Рамкової програми сприяння сталим інвестиціям), яка набула чинності 12 липня 2020 року.

Ретельна оцінка заяв про вплив на навколишнє середовище є складною, оскільки систематичні вимірювання є недостатніми, а результати дуже складно виміряти. Багато досліджень є поодинокими випадками ініціатив на рівні фірми або секторів, де важко виділити, узагальнити та приписати причинно-наслідкові фактори. Кілька кількісних досліджень зосереджені на потенційних екологічних перевагах участі у GVC, а не на процесі зеленого переходу GVC.

Іноді конкретні показники є показниками фірми або GVC, а не показниками екологічних результатів як такими (наприклад, як впливає GVC на біорізноманіття). Загалом, «дефіцит або неповнота даних досі обмежує можливість точно оцінити вплив процесів екологічного вдосконалення на фактичні результати» [26]. Крім того, репутаційні результати окремих фірм іноді можуть переважати біофізичні результати. Іншими словами, враховуючи вищезгадану складність визначення впливу на навколишнє довкілля, фірми можуть перебільшувати заяви про зменшення шкоди для навколишнього середовища або збільшення користі для навколишнього середовища, отримуючи водночас уявне покращення іміджу – явище, відоме як «грінвошинг».

На рівні ЄС корпоративна звітність зі сталого розвитку регулюється Директивою (ЄС) 2022/2464 (CSRD), що набула чинності 5 січня 2023 року та передбачає поетапне розширення обов'язкової нефінансової звітності для великих компаній, публічних емітентів, фінансових установ, а згодом – для інших компаній ЄС і третіх країн, пов'язаних з ринками ЄС, із застосуванням Європейських стандартів звітності зі сталого розвитку (ESRS), затверджених у липні 2023 року і таких, що охоплюють екологічні, соціальні та управлінські аспекти, включно зі зміною клімату, біорізноманіттям і правами людини; у цьому контексті Європейська зелена угода формує системний регуляторний та інвестиційний простір, який через механізми СВМ, циркулярну економіку, реформу аграрної політики, декарбонізацію транспорту й енергетики, а також посилення вимог до продукції впливає на торговельно-економічні відносини з Україною, створюючи одночасно виклики та нові можливості для експортерів, МСП, інноваційного й ІТ-сектору, зокрема через участь у програмах «Горизонт Європи», регіональних і міських ініціативах ЄС та проєктах зеленої трансформації; Україна, адаптуючи екологічне та енергетичне законодавство до норм ЄС, уже інтегрує цілі ЄЗУ у державну політику, що відображено у схваленні Плану для України в межах Ukraine Facility (2024–2027) та Національного енергетичного і кліматичного плану до 2030 року, який передбачає істотне скорочення викидів, зростання частки відновлюваної енергії, підвищення енергоефективності та диверсифікацію постачання, а також у перспективі – імплементацію CSRD, яка потенційно охоплюватиме сотні українських підприємств, формуючи підґрунтя для зеленої, конкурентоспроможної та євроінтегрованої післявоєнної відбудови.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Проведений аналіз засвідчує, що війна росії проти України стала катализатором переоцінки енергетичної залежності ЄС і одночасно прискорила перехід до відновлюваної енергетики як стратегічної альтернативи дорогому й ризикованому імпорту викопних енергоносіїв, однак «зелений перехід» переносить центр ризиків із ринку палива на ринки технологій, матеріалів, мережевої інфраструктури та регуляторного середовища. Встановлено, що стійкість ланцюгів постачання ВДЕ визначається поєднанням трьох груп детермінант: ресурсно-матеріальних (критичні мінерали, географічна концентрація видобутку та переробки); виробничо-технологічних (ефект масштабу, домінування окремих країн у виробництві компонентів, технологічні бар'єри інтеграції та зберігання); інституційно-торговельних (митні та нетарифні обмеження, механізми вуглецевого коригування, стандарти сталого фінансування й звітності). Це означає, що досягнення кліматичної нейтральності вимагає не лише нарощування встановлених

потужностей ВДЕ, а й формування політики «керованої диверсифікації» ланцюгів постачання, інвестування у мережі та довгострокове зберігання енергії, а також розвитку вимірюваності екологічних результатів для зниження ризиків грінвошингу.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати з: розробкою кількісних індикаторів концентрації та уразливості ланцюгів постачання ВДЕ (з урахуванням критичних мінералів і торговельних бар'єрів); моделюванням сценаріїв впливу протекціонізму й СВМ-подібних інструментів на вартість «зелених» технологій та темпи декарбонізації; оцінюванням ефективності портфеля технологій зберігання (батареї, водень, pumped storage) у різних часових масштабах резервування; а також емпіричним аналізом того, як стандарти сталого фінансування та звітності змінюють структуру інвестицій, ризик-профілі проектів і реальні екологічні результати на рівні секторів та компаній.

## Список літератури

1. Паризька угода. ООН; Угода, Міжнародний документ від 12.12.2015. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text) (дата звернення: 28.11.2025 р.).
2. Пакет ЄС “Fit for 55” – це набір пропозицій щодо перегляду та оновлення законодавства ЄС і впровадження нових ініціатив, з метою забезпечення відповідності політики ЄС кліматичним цілям. URL: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/06/13-ZK-Dosyagnennya-tsili-vugletsevoi-ney-tralnosti-analiz-nayavnyh-vugletsevyh-rynkiv-ta-instrumentiv-i-hnogo-regulyuvannya.pdf> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
3. Bacchus J. The Black Hole of National Security. CATO Policy Analysis. 2022. Vol. 936. URL: <https://www.cato.org/sites/cato.org/files/2022-11/policy-analysis-936.pdf> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
4. Beise, Marian, and Klaus Rennings. 2005. Lead Markets and Regulation: A Framework for Analyzing the International Diffusion of Environmental Innovations. *Ecological Economics*. 52 (1). pp. 5–17.
5. Black, Simon, Ian Parry, and Karlygash Zhunussova. 2022. More Countries Are Pricing Carbon, but Emissions Are Still Too Cheap. *International Monetary Fund (IMF) Blog*.
6. Blakers A., Stocks M., Lu B., Cheng C. A review of pumped hydro energy storage. *Prog. Energy*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/2516-1083/abeb5b>.
7. BP Energy Outlook 2023. *Energy Outlook*. Energy economics. Home (bp.com).
8. BP Energy Outlook 2022. EO22 means Energy Outlook 2022.
9. Brandi, Clara, Jakob Schwab, Axel Berger, and Jean-Frédéric Morin. 2020. Do Environmental Provisions in Trade Agreements Make Exports from Developing Countries Greener? *World Development*. 129 (104899).
10. Byers, E.A., et al., 2016: Water and climate risks to power generation with carbon capture and storage. *Environ. Res. Lett.*, 11(2), 24011, DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024011>.
11. Chernet Haregewoin, H., K. Alfredden and H. Midttømme Grethe, 2014: Safety of hydropower dams in a changing climate. *J. Hydrol. Eng.*, 19(3), 569–582, DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.000083](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.000083).
12. Ciuriak D. Unfree Flow with No Trust: The Implications of Geoeconomics and Geopolitics for Data and Digital Trade. *Centre for International Governance Innovation: Website*. 14.02.2022. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3963074>.
13. Corey Lee Bell, Elena Collinson, Xunpeng Shi, 2023. The China Factor in Japan-South Korea Rapprochement. *Dipl.* URL: <https://thediplomat.com/2023/05/the-china-factor-in-japan-south-korea-rapprochement/> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
14. EEA, 2017: Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016 – An Indicator-based Report. EEA Report No 1/2017. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-9213-835-6. (424 pp).
15. Filippidis M., Filis G. Geopolitical risk and energy prices. *Encyclopedia of Monetary Policy, Financial Markets and Banking*. 2025. Vol. 3. Pp. 194-203. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-44-313776-1.00132-X>
16. Goldthau A., Hughes L. Protect global supply chains for low-carbon technologies. *Nature* 2020. №585. P. 28–30. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02499-8>.
17. Guo Y., Zheng H., Zeng Y., Fan W., Albahooth B., Bhuiyan R. A. Natural resources extraction of RCEP trade bloc: examining geopolitical risk and economic situation. *Resources Policy*. 2023. Vol. 86. P. 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104227>.
18. IEA The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Paris. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1787/f262b91c-en>.

19. IEA. Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021, IEA, Paris 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
20. IEA. Special Report on Solar PV Global Supply Chains. Int. Energy Agency. 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains/executive-summary>.
21. IEA. World Energy Outlook 2022, IEA. Paris. 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/worldenergy-outlook-2022> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
22. IPCC Sixth Assessment Report. 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
23. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
24. Jacobsen, Stine, and Nikolaj Skydsgaard. 2022. Denmark agrees corporate carbon tax. Reuters. 24 June.
25. Koks, E., R. Pant, S. Thacker and J.W. Hall, 2019a: Understanding business disruption and economic losses due to electricity failures and flooding. Int. J. Disaster Risk Sci., 10(4), 421–438, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00236-y>.
26. Krishnan, Aarti, Valentina De Marchi, and Stefano Ponte. 2022. Environmental Upgrading and Downgrading in Global Value Chains: A Framework for Analysis. Economic Geography. 99. pp. 25–50.
27. Michael Harley, 2023. China Overtakes Japan As The World's Biggest Exporter Of Passenger Cars [WWW Document]. Forbes. URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelharley/2023/05/22/china-overtakes-japan-as-the-worlds-biggestexporter-of-passenger-cars/?sh=3db6db642c4f> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
28. Nepal R., Deng Y., Dong K. Going with the flow: How does global energy value chain adapt to geopolitical risks? Energy Economics. 2025. Vol. 144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108288>.
29. Pata U. K., Alola A. A., Erdogan S., Kartal M. T. The influence of income, economic policy uncertainty, geopolitical risk, and urbanization on renewable energy investments in G7 countries. Energy Economics. 2023. Vol. 128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107172>.
30. Pechan, A. and K. Eisenack, 2014: The impact of heat waves on electricity spot markets. Energy Econ., 43, 63–71, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.006>.
31. Ranasinghe R., A.C. Ruane, R. Vautard, N. Arnell, E. Coppola, F.A. Cruz, S. Dessai, A.S. Islam, M. Rahimi, D. Ruiz Carrascal, J. Sillmann, M.B. Sylla, C. Tebaldi, W. Wang and R. Zaaboul, 2021: Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge. In press.
32. Roberts A., Moraes H. Ch., Ferguson V. Toward a Geoeconomic Order in Trade and Investment. Journal of International Economic Law. 2019. Vol. 22(4). Pp. 655-676. DOI: <https://doi.org/10.1093/jiel/jgz036>
33. Salminen, Jaakko, Mikko Rajavuori, Mika Viljanen, and Agnes Hellner. 2022. Greenhouse Gas Emissions in Global Value Chains: Governance, Regulation and Liability. Copenhagen Business School Law Research Paper Series No. 22-05. Copenhagen.
34. SET plan progress report 2025. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4514d861-b56a-11f0-b37f-01aa75ed71a1/language-en> (дата звернення: 28.11.2025 р.).
35. Tabelin, Carlito Baltazar, Jessica Dallas, Sophia Casanova, Timothy Pelech, Ghislain Bournival, Serkan Saydam, and Ismet Canbulat. 2021. Towards a Low-Carbon Society: A Review of Lithium Resource Availability, Challenges and Innovations in Mining, Extraction and Recycling, and Future Perspectives. Minerals Engineering. 163 (106743).
36. Weber, J., et al., 2018: Impact of climate change on backup energy and storage needs in wind-dominated power systems in Europe. PLoS ONE, 13(8), DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201457>.

## References

1. Paris Agreement. (2015). United Nations. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text) [in Ukrainian].
2. European Commission. (2021). *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 climate target through legislative reform*. <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/06/13-ZK-Dosyagnennya-tsili-vugletsevoi-ney-tralnosti-analiz-nayavnyh-vugletsevyh-rynkiv-ta-instrumentiv-i-hnogo-regulyuvannya.pdf> [in Ukrainian].
3. Bacchus, J. (2022). *The black hole of national security* (Policy Analysis No. 936). Cato Institute. <https://www.cato.org/sites/cato.org/files/2022-11/policy-analysis-936.pdf> [in English].

4. Beise, M., & Rennings, K. (2005). Lead markets and regulation: A framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*, 52(1), 5–17. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.007>.
5. Black, S., Parry, I., & Zhunussova, K. (2022). More countries are pricing carbon, but emissions are still too cheap. *IMF Blog*. <https://www.imf.org/en/Blogs> [in English].
6. Blakers, A., Stocks, M., Lu, B., & Cheng, C. (2021). A review of pumped hydro energy storage. *Progress in Energy*. [in English] DOI: <https://doi.org/10.1088/2516-1083/abeb5b>.
7. BP. (2023). *BP energy outlook 2023*. <https://www.bp.com/energyoutlook> [in English].
8. BP Energy Outlook 2022. EO22 means Energy Outlook 2022 [in English].
9. Brandi, C., Schwab, J., Berger, A., & Morin, J.-F. (2020). Do environmental provisions in trade agreements make exports from developing countries greener? *World Development*, 129, Article 104899. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104899>.
10. Byers, E. A., et al. (2016). Water and climate risks to power generation with carbon capture and storage. *Environmental Research Letters*, 11(2), Article 024011. [in English] <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024011>.
11. Chernet, H., Alfredsen, K., & Midttømme, G. H. (2014). Safety of hydropower dams in a changing climate. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 569–582. [in English] [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000836](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000836).
12. Ciuriak, D. (2022). *Unfree flow with no trust: The implications of geoeconomics and geopolitics for data and digital trade*. Centre for International Governance Innovation. [in English] <https://doi.org/10.2139/ssrn.3963074>.
13. Corey Lee Bell, Elena Collinson, Xunpeng Shi. (2023). The China Factor in Japan-South Korea Rapprochement. Dipl. URL <https://thediplomat.com/2023/05/the-china-factor-in-japan-south-korea-rapprochement/> [in English].
14. European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016: An indicator-based report* (EEA Report No. 1/2017). Publications Office of the European Union. [in English].
15. Filippidis, M., & Filis, G. (2025). Geopolitical risk and energy prices. In *Encyclopedia of monetary policy, financial markets and banking* (Vol. 3, pp. 194–203). Elsevier. [in English] <https://doi.org/10.1016/B978-0-44-313776-1.00132-X>.
16. Goldthau, A., & Hughes, L. (2020). Protect global supply chains for low-carbon technologies. *Nature*, 585, 28–30. [in English] <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02499-8>.
17. Guo, Y., Zheng, H., Zeng, Y., Fan, W., Albahooth, B., & Bhuiyan, R. A. (2023). Natural resources extraction of RCEP trade bloc: Examining geopolitical risk and economic situation. *Resources Policy*, 86, Article 104227. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104227>.
18. International Energy Agency. (2021). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. [in English] <https://doi.org/10.1787/f262b91c-en>.
19. International Energy Agency. (2022a). *Global energy review: CO<sub>2</sub> emissions in 2021*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2> [in English].
20. International Energy Agency. (2022b). *Special report on solar PV global supply chains*. <https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains/executive-summary> [in English].
21. International Energy Agency. (2022c). *World energy outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> [in English].
22. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Sixth assessment report*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> [in English].
23. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. [in English] <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
24. Jacobsen, S., & Skydsgaard, N. (2022, June 24). Denmark agrees corporate carbon tax. *Reuters*. [in English].
25. Koks, E., Pant, R., Thacker, S., & Hall, J. W. (2019). Understanding business disruption and economic losses due to electricity failures and flooding. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(4), 421–438. [in English] <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00236-y>.
26. Krishnan, A., De Marchi, V., & Ponte, S. (2022). Environmental upgrading and downgrading in global value chains: A framework for analysis. *Economic Geography*, 99, 25–50 [in English].
27. Michael Harley, 2023. China Overtakes Japan As The World's Biggest Exporter Of Passenger Cars [WWW Document]. Forbes. URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelharley/2023/05/22/china-overtakes-japan-as-the-worlds-biggestexporter-of-passenger-cars/?sh=3db6db642c4f> [in English].
28. Nepal, R., Deng, Y., & Dong, K. (2025). Going with the flow: How does the global energy value chain adapt to geopolitical risks? *Energy Economics*, 144, Article 108288. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108288>.

29. Pata, U. K., Alola, A. A., Erdogan, S., & Kartal, M. T. (2023). The influence of income, economic policy uncertainty, geopolitical risk, and urbanization on renewable energy investments in G7 countries. *Energy Economics*, 128, Article 107172. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107172>.
30. Pechan, A., & Eisenack, K. (2014). The impact of heat waves on electricity spot markets. *Energy Economics*, 43, 63–71. [in English] <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.02.006>.
31. Ranasinghe, R., et al. (2021). Climate change information for regional impact and risk assessment. In V. Masson-Delmotte et al. (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press [in English].
32. Roberts, A., Moraes, H. C., & Ferguson, V. (2019). Toward a geoeconomic order in trade and investment. *Journal of International Economic Law*, 22(4), 655–676. [in English] <https://doi.org/10.1093/jiel/jgz036>.
33. Salminen, J., Rajavuori, M., Viljanen, M., & Hellner, A. (2022). *Greenhouse gas emissions in global value chains: Governance, regulation and liability* (CBS Law Research Paper No. 22-05). Copenhagen Business School [in English].
34. SET plan progress report 2025. – URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4514d861-b56a-11f0-b37f-01aa75ed71a1/language-en> [in English].
35. Tabelin, C. B., et al. (2021). Towards a low-carbon society: A review of lithium resource availability, challenges and innovations. *Minerals Engineering*, 163, Article 106743 [in English].
36. Weber, J., et al. (2018). Impact of climate change on backup energy and storage needs in wind-dominated power systems in Europe. *PLoS ONE*, 13(8). [in English] <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201457>.

**Valerii Mytsenko**, Associate Professor, PhD in Pedagogics (Candidate of Pedagogical Sciences)

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Directions of Green Transition Strategy in Global Value Chains**

The article examines the transformation of the European Union's energy supply chains in the context of Russia's full-scale war against Ukraine and sanctions pressure on the Russian energy sector, which have caused a reorientation from the pipeline model to imports of liquefied natural gas and, at the same time, have increased the importance of renewable energy as the basis for decarbonization and reducing import dependence. The aim of the study is to provide a scientific and methodological substantiation of the interrelationships between geopolitical shocks, climate policy, and the structural restructuring of global value chains in renewable energy from the perspective of simultaneously ensuring energy security, competitiveness, and climate neutrality.

It is substantiated that the substitution of traditional liquefied natural gas supplies from distant markets is accompanied by increased transaction costs, logistical risks, and infrastructural constraints, which raise the “cost” of energy security and highlight the need to develop a more autonomous architecture of energy provision. Based on a generalization of contemporary approaches to the analysis of Global Value Chains and the “green transition,” the determinants of the revision of energy value chains after 2022 are systematized. The key vulnerabilities of renewable energy supply chains are identified, including the concentration of component and material production in a limited number of countries, dependence on critical minerals, protectionism and trade barriers, technological intermittency of generation, and the lack of long-term storage capacity.

It has been proven that the “green transition” shifts the center of systemic risks from the fuel market to the markets of technologies, raw materials, network infrastructure, and institutional regulation (including carbon adjustment mechanisms, sustainable financing standards, and corporate reporting), forming new requirements for supply chain sustainability management. The policy of managed diversification of renewable energy sources supply chains, investment in networks and storage technology portfolios, as well as strengthening the measurability of environmental results to minimize greenwashing risks, is justified.

**digital transformation, global value chains, sustainable development, green transition, cybersecurity, ESG strategies, digital risks.**

*Одержано (Received) 02.12.2025*

*Прорецензовано (Reviewed) 12.12.2025*  
*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025*