

ДОСВІД ЄС У ПІДТРИМЦІ ЕНЕРГОЄМНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ШЛЯХУ ДО КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У дослідженні систематизовано та критично оцінено досвід Європейського Союзу у сфері декарбонізації та надання підтримки енергоємним підприємствам на шляху до досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Досліджено еволюцію та сучасний стан системи торгівлі викидами ЄС (EU ETS), зокрема особливості розподілу безоплатних квот та функціонування ринкового стабілізаційного резерву. Детально проаналізовано механізм прикордонного вуглецевого коригування (CBAM) як новий інструмент запобігання «витоку вуглецю» та вирівнювання умов міжнародної конкуренції, а також висвітлено практичні труднощі його імплементації. Розглянуто ключові фінансові інструменти ЄС, включаючи Фонд інновацій, Фонд модернізації, Програму «Горизонт Європа» та Фонд справедливого переходу. Окрему увагу приділено технологічним шляхам модернізації найбільш проблемних секторів (металургії, цементної та хімічної промисловості), зокрема впровадженню технологій прямого відновлення заліза на водні (H_2 -DRI), уловлюванню та зберіганню вуглецю (CCS/CCU). Визначено структурні обмеження кліматичної політики ЄС, серед яких роздробленість фінансових інструментів та географічна нерівномірність стартових умов держав-членів. На основі європейського досвіду сформульовано практичні рекомендації для державної політики України щодо розбудови національної системи торгівлі викидами, залучення коштів фінансових інструментів (зокрема Ukraine Facility) та підготовки промисловості до вимог CBAM в умовах повоєнної відбудови на низьковуглецевій основі.

Ключові слова: кліматична нейтральність, енергоємні підприємства, декарбонізація, система торгівлі викидами (EU ETS), CBAM, фонд інновацій, зелений водень, уловлювання вуглецю (CCS), повоєнне відновлення України.

Abstract

The investigation systematizes and critically evaluates the experience of the European Union in decarbonizing and supporting energy-intensive industries on their path toward achieving climate neutrality by 2050. The evolution and current state of the EU Emissions Trading System (EU ETS) are investigated, specifically focusing on the features of free allocation and the functioning of the Market Stability Reserve. The Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) is analyzed in detail as a novel tool to prevent "carbon leakage" and create a level playing field in international trade, while also highlighting the practical complexities of its implementation. Key EU financial instruments are reviewed, including the Innovation Fund, the Modernization Fund, the Horizon Europe program, and the Just Transition Fund. Particular attention is paid to the technological pathways for modernizing the hardest-to-abate sectors (steel, cement, and chemical industries), notably through the deployment of hydrogen-based direct reduced iron (H_2 -DRI) and carbon capture, utilization, and storage (CCS/CCU) technologies. The structural limitations of the EU's climate policy, such as the fragmentation of financial tools and geographical disparities in the starting conditions of member states, are identified. Based on the EU's experience, practical recommendations are formulated for Ukraine's public policy regarding the development of a national emissions trading system, leveraging financial mechanisms (including the Ukraine Facility), and preparing domestic industries for CBAM requirements during post-war reconstruction on a low-carbon basis.

Keywords: climate neutrality, energy-intensive industries, decarbonization, Emissions Trading System (EU ETS), CBAM, Innovation Fund, green hydrogen, carbon capture (CCS), post-war reconstruction of Ukraine.

Вступ

Кліматична криза є одним із найбільш серйозних викликів для глобальної економіки на початку XXI століття. Промисловий сектор (зокрема металургія, хімія, цементна, скляна та целюлозно-паперова галузі) є відповідальним за близько 20–25% загальних викидів парникових газів у межах

Європейського Союзу. Водночас ці галузі є системоутворюючими для промислового базису більшості держав-членів і забезпечують мільйони робочих місць.

Зеленого переходу неможливо уникнути: у 2019–2021 роках ЄС послідовно закріпив нормативно-правову базу, яка зобов'язує досягти кліматичної нейтральності до 2050 року, а до 2030-го – скоротити викиди не менш ніж на 55% порівняно з рівнем 1990 року. Саме це ставить перед урядами і бізнесом принципове питання: як забезпечити декарбонізацію промисловості, не знищивши її конкурентоспроможність?

Це дослідження ставить за мету систематизувати та критично оцінити досвід ЄС у підтримці енергоємних підприємств на шляху до кліматичної нейтральності, виокремити ключові інструменти, виявити їх ефективність і суперечності, а також окреслити практичні уроки для України, яка наближається до членства в ЄС.

Запропоновані нами результати досліджень представлені науковим проектом у Воркшопі EU4DEFA Fall Workshop 4.0 проекту «ЄС для розвитку цифрової, екологічної та фінансової обізнаності громадян / EU for people's digital, eco and financial awareness (EU4DEFA)», що реалізується кафедрою страхування, банківської справи та управління ризиками Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Україна) в рамках програми Європейського Союзу Erasmus+, модуль Jean Monnet «ЄС для цифрової, екологічної та фінансової обізнаності людей» (Модуль Jean Monnet 101174694 – EU4DEFA – ERASMUS-JMO-2024-HEI-TCH-RSCH). Головною метою цього проекту є сприяння заповненню критичних прогалів у розумінні та впровадженні політики ЄС в Україні, зосереджуючись на основах цифровізації, Зеленої угоди та фінансової обізнаності. Зосереджуючись на аспектах цифровізації, Зеленої угоди та фінансової обізнаності в політиці ЄС та її впровадженні в Україні, EU4DEFA сприяє сталому розвитку в багатьох вимірах. В нашому дослідженні використано наукові результати з наших попередніх досліджень з [1 – 3].

Об'єктом дослідження є система державної та наднаціональної підтримки енергоємних підприємств ЄС. Предметом – інституційні, фінансові та регуляторні механізми, що забезпечують баланс між декарбонізацією та збереженням промислового потенціалу.

Результати дослідження

Під кліматичною нейтральністю розуміється стан, при якому антропогенні викиди парникових газів компенсуються їх поглинанням, внаслідок чого нетто-емісія дорівнює нулю. Це поняття закріплено в Паризькій угоді (стаття 4) і конкретизовано в Законі ЄС про клімат (Regulation (EU) 2021/1119), прийнятому у червні 2021 року. Відповідно до Закону про клімат ЄС, нейтральність до 2050 року є юридично зобов'язальною ціллю для всіх інституцій та держав-членів. Проміжна ціль – 55% скорочення до 2030 – отримала назву «Fit for 55» і послугувала основою для цілого пакету директив і регламентів, прийнятих у 2021–2023 роках.

Енергоємні галузі (англ. energy-intensive industries, ЕІ) – це виробництва, для яких витрати на електроенергію та паливо становлять значну частку загальних витрат. Директива ЄС про оподаткування енергоресурсів (Energy Taxation Directive, ETD), а також Директива про систему торгівлі викидами (ETS Directive) традиційно відносять до цієї категорії виробництво заліза та сталі, алюмінію, хімічної продукції (зокрема амоніаку), цементу, скла, кераміки, паперу та деяких видів пластику.

Специфіка цих галузей полягає в тому, що зниження питомих викидів пов'язано з фундаментальними змінами у виробничих процесах – переходом на водень, уловлюванням і зберіганням вуглецю (CCS), електрифікацією печей тощо – а не лише з підвищенням енергоефективності. Ці зміни потребують масштабних капіталовкладень, довгострокових горизонтів планування та стабільного регуляторного середовища.

Система торгівлі викидами ЄС (EU Emissions Trading System, EU ETS) запроваджена Директивою 2003/87/ЄС і є флагманським кліматичним інструментом Союзу. Принцип дії – встановлення «стелі» на загальний обсяг викидів з поступовим його зниженням; підприємства отримують або купують квоти на викиди і можуть торгувати ними. Цінові сигнали ринку мають стимулювати найдешевші шляхи скорочення.

З моменту запуску система пройшла чотири торгові фази. Перша (2005–2007) і друга (2008–2012) фази характеризувалися надлишком квот, що утримувало ціну на вуглець на неприйнятно низькому рівні – нерідко нижче 5 євро/т CO₂ – і не створювало суттєвих стимулів для інвестицій у низьковуглецеві технології.

Третя фаза (2013–2020) ввела єдину загальноєвропейську «стелю» замість національних, більшу частку аукціонного продажу квот, а також ринковий стабілізаційний резерв (Market Stability Reserve, MSR), запроваджений у 2019 році для поглинання надлишків. Ці заходи дозволили ціні на вуглець

суттєво зрости – до 25–35 євро/т до 2020 року.

Четверта фаза EU ETS (2021–2030) встановила значно прискорене зниження стелі – 4,2% на рік проти 1,74% у попередній фазі – і була доповнена пакетом «Fit for 55». Реформа 2023 року (Директива (ЄС) 2023/959) розширила охоплення системи на морський транспорт і ввела окрему ETS 2 для автотранспорту та опалення будівель.

Станом на 2024–2025 роки ціна вуглецевих квот (EU Allowances, EUA) коливається в діапазоні 55–75 євро за тону CO₂-еквіваленту, що вже є рівнем, за якого інвестиції у водневу металургію чи улавлювання вуглецю стають економічно привабливими для провідних гравців.

Ключовим механізмом захисту конкурентоспроможності енергоємних галузей у межах EU ETS є безоплатне виділення квот (free allocation) на основі орієнтирів (benchmarks) найефективніших виробництв. Мета – захистити галузі, що піддаються ризику «витоку вуглецю» (carbon leakage), тобто переміщення виробництва до регіонів з менш суворими кліматичними вимогами.

Перелік галузей, визнаних підданими ризику витоку вуглецю (carbon leakage list), переглядається кожні п'ять років. До нього традиційно входять понад 50 секторів – від виробництва цементу та сталі до виготовлення добрив. Підприємства у цих секторах отримують безоплатні квоти в обсязі 100% від орієнтира найефективнішого виробника.

Разом з тим критики вказують, що надмірна безоплатна аллокація знижує стимули для інновацій та фактично субсидує найбільших емітентів. Дослідження показали, що у цементній та сталеливарній промисловості безоплатні квоти значно перевищували фактичні потреби підприємств, формуючи «вітровий прибуток» (windfall profits) без відповідного стимулу до скорочення викидів.

Механізм вуглецевого коригування на кордоні (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) – Регламент (ЄС) 2023/956 – став принципово новим підходом до проблеми витоку вуглецю. Замість захисту через безоплатні квоти CBAM встановлює «вуглецеве мито» на імпорт товарів, виробництво яких супроводжується значними викидами.

Логіка механізму полягає в тому, що імпортери з третіх країн зобов'язані купувати «сертифікати CBAM», ціна яких відповідає ціні EU ETS. Тим самим досягається «рівне вуглецеве поле» (level playing field): вітчизняні виробники, які платять за свої викиди, і закордонні, які не платять, потрапляють у зрівняні конкурентні умови.

CBAM запроваджується поетапно. У 2023–2025 роках діє перехідний період, упродовж якого імпортери зобов'язані лише звітувати про вуглецевий вміст (без фінансових зобов'язань). Повноцінне нарахування фінансових зобов'язань розпочинається з 1 жовтня 2026 року, а безоплатні квоти для відповідних галузей EU ETS скасовуватимуться паралельно з 2026 до 2034 року.

Первинний перелік охоплених секторів: цемент, електроенергія, добрива (амоніак, нітратні), залізо та сталь, алюміній, хімічна продукція (водень). У наступних фазах очікується розширення на інші сектори ETS.

CBAM породжує низку юридичних і практичних складностей. По-перше, визначення «вмісту вуглецю» (embedded carbon) у складних виробках є технічно складним завданням, особливо для непрямих викидів (Scope 2–3). По-друге, торгові партнери ЄС – Індія, Туреччина, Єгипет – висловили занепокоєння щодо сумісності CBAM із нормами COT, зокрема принципом найбільшого сприяння і принципом недискримінації. По-третє, існує ризик того, що CBAM де-факто діятиме як протекціоністський інструмент, що посилюватиме торгіву напруженість.

Для України CBAM є особливо важливим: значна частка українського металургійного та хімічного експорту спрямована до ЄС, і ціна вуглецевих зобов'язань може суттєво вплинути на конкурентоспроможність українських виробників після вступу до Союзу або навіть до нього – в межах угоди про поглиблену та всеосяжну зону вільної торгівлі.

Фонд інновацій EU ETS – наймасштабніший фінансовий інструмент ЄС для підтримки проривних низьковуглецевих технологій у промисловості та енергетиці. Він фінансується з аукціонного продажу 450 мільйонів квот ETS впродовж 2020–2030 років, що при ціні 60 євро/т CO₂ генерує близько 27 млрд євро.

Грантовий компонент покриває до 60% капітальних витрат, а в ряді випадків (проекти «зеленого водню», CCS) – до 80%. Конкуренція за кошти висока: перший конкурс 2021 року охопив 311 заявок на суму вдвічі більшу за доступне фінансування. Першими лауреатами стали проекти з прямого відновлення заліза на водні (HYBRIT у Швеції), виробництва «зеленого» амоніаку (Yara у Норвегії), а також кілька CCS-проектів у Нідерландах.

Фонд модернізації – специфічний інструмент солідарності, спрямований на 10 держав-членів з нижчими доходами: Болгарію, Чехію, Естонію, Хорватію, Угорщину, Латвію, Литву, Польщу, Румунію та Словаччину. Він фінансується з аукціонного продажу 2% від загального обсягу квот ETS (близько 690 млн квот у четвертій фазі) та орієнтований на модернізацію енергетичної системи і підвищення

енергоефективності промисловості.

Станом на 2024 рік загальний обсяг коштів перевищив 13 млрд євро. Провідним отримувачем є Польща, яка скерувала значну частину коштів на теплоізоляцію будівель і розвиток відновлюваної енергетики, хоча міжнародні спостерігачі критикували початкові польські плани щодо фінансування газової інфраструктури з коштів фонду.

Програма «Горизонт Європа» (2021–2027) виділяє близько 35 млрд євро на науково-дослідну та інноваційну діяльність, значна частина яких пов'язана з кліматичними та промисловими трансформаціями. Кластери «Клімат, енергія та мобільність», «Харчові технології, біоекономіка, природні ресурси» безпосередньо фінансують промислові інновації.

Окремо слід виокремити «Важливі проекти загальноєвропейського інтересу» (Important Projects of Common European Interest, IPCEI). IPCEI Hydrogen (2022) та IPCEI on Batteries (2019, 2021) дозволили урядам надавати допомогу консорціумам підприємств в обхід звичайних норм про державну допомогу, що особливо важливо для перших масштабних «зелених» виробництв.

Фонд справедливого переходу (Just Transition Fund, JTF) – 19,2 млрд євро у рамках механізму справедливого переходу – орієнтований на регіони, що найбільш залежать від вуглецеємних виробництв: вугільні шахти, коксохімія, торф'яна промисловість. Підтримка охоплює перекваліфікацію робочої сили, диверсифікацію місцевої економіки, екологічну рекультивуацію.

Досвід силезького регіону Польщі, рурського регіону Німеччини та Сілезії Чехії показує, що соціальні аспекти переходу є не менш складними, ніж технологічні. Без активної підтримки уражених громад зелений перехід може породжувати суттєвий соціальний протест і політичний спротив – «жовті жилети» у Франції є наочним прикладом.

Виробництво сталі є одним з найважчих для декарбонізації секторів: доменна піч з конвертором (BF-BOF) відповідає за 70% обсягу виробництва сталі в ЄС і потребує температур понад 1500°C, що нині практично неможливо досягти без спалення коксу або вугілля. Питомі викиди складають 1,8–2,1 т CO₂ на тонну сталі.

Шлях до нейтральності включає два магістральні напрями: пряме відновлення заліза на «зеленому» водні (H₂-DRI) з подальшою виплавою в електродуговій печі; застосування технологій CCS/CCU для існуючих доменних виробництв. Перший напрям визнається більш перспективним у довгостроковій перспективі, хоча і вимагає масштабного відновлюваного водню за ціною нижче 2 євро/кг.

ArcelorMittal, SSAB та Thyssenkrupp оголосили про інвестиційні програми вартістю від 1 до 5 млрд євро кожна для переходу на водневу металургію до 2030–2035 років. Шведський проект HYBRIT виробив перші партії «зеленої» сталі у 2021 році і став символом технологічної здійсненності нового підходу, однак собівартість такої сталі наразі на 20–30% вища за традиційну.

Цемент є особливо складним випадком: близько 60% викидів CO₂ є процесовими і пов'язані з декарбонізацією вапняку, а отже не можуть бути усунені шляхом переходу на відновлювану енергію. Єдиним технічно доступним рішенням є улавлювання і зберігання або використання вуглецю (CCS/CCU).

Провідним пілотним проектом у галузі є LEILAC (Low Emissions Intensity Lime And Cement), що тестується на заводах HeidelbergCement у Бельгії та Великій Британії і показав скорочення процесових викидів на 95%. Тим не менш, масштабування CCS-технологій гальмується браком інфраструктури транспортування і підземного зберігання CO₂.

Для виробництва амоніаку і метанолу, що є основою азотних добрив і цілого ряду хімікатів, перехід на «зелений» водень (електролізний, з відновлювальної енергії) є головним інструментом декарбонізації. Ціна такого водню повинна впасти з 4–7 євро/кг сьогодні до 1,5–2 євро/кг до 2030 року, що є умовою комерційної виправданості.

Стратегія ЄС з водню (2020) та Акт про промислову безвуглецеву продукцію (NZIA) стимулюють нарощування потужностей електролізерів: мета – 10 ГВт внутрішнього виробництва і ще 10 ГВт відповідних потужностей за межами ЄС до 2030 року. Реалізація цього плану натрапляє на труднощі: станом на кінець 2024 року введені в дію потужності склали менше 1 ГВт.

Класичне право ЄС про державну допомогу обмежує можливості держав субсидувати підприємства, щоб уникнути спотворення конкуренції. Однак зелений перехід вимагає масштабних інвестицій, які ринок сам по собі не забезпечує: «перший перехідний виробник» зазнає вищих витрат, не отримуючи премії від покупців, які ще не вимагають низьковуглецевої продукції.

У відповідь Єврокомісія прийняла Тимчасову кризову та перехідну рамкову програму (Temporary Crisis and Transition Framework, TCTF) у 2022–2023 роках, яка значно розширила умови допустимості державної допомоги для енергоємних галузей, що декарбонізуються, включаючи підтримку інвестицій у відновлювані джерела, водень і безвуглецеві промислові процеси.

У лютому 2023 року Єврокомісія оприлюднила «Промисловий план Зеленої угоди» (Green Deal Industrial Plan), який є відповіддю на американський Закон про зниження інфляції (IRA), що передбачає масштабні субсидії для зеленого виробництва у США. План включає чотири компоненти: спрощення регуляторного середовища; прискорений доступ до фінансування; розвиток умінь і навичок; відкрита торгівля для розширення ланцюгів постачання.

Ключовим елементом плану стало прийняття Акту про промислову безвуглецеву продукцію (Net-Zero Industry Act, NZIA) та Акту про критичну сировину (Critical Raw Materials Act, CRMA) у 2024 році, що встановили цільові показники для виробництва стратегічних чистих технологій на теренах ЄС.

До безсумнівних досягнень кліматичної промислової політики ЄС слід віднести наступне. По-перше, EU ETS продемонстрував спроможність ціни на вуглець виступати структурним стимулом для інвестицій: після зростання ціни EUA вище 50 євро/т різко зросла кількість корпоративних оголошень про нейтральні зобов'язання (net-zero commitments). По-друге, Фонд інновацій профінансував перші в світі промислові масштабні проекти «зеленої» сталі та водневих процесів. По-третє, СВАМ сформував міжнародний прецедент вуглецевого ціноутворення в торгівлі – кілька держав (Канада, Велика Британія) розглядають аналогічні механізми.

Водночас дослідники і практики вказують на серйозні структурні обмеження. По-перше, роздробленість фінансових інструментів – EU ETS, Фонд інновацій, Фонд модернізації, JTF, IPCEI, InvestEU, «Горизонт Європа» – ускладнює координацію та підвищує транзакційні витрати для підприємств, особливо середнього розміру. Дослідження Agora Industrie (2023) фіксує, що кількість заявників середнього бізнесу в конкурсах Фонду інновацій непропорційно мала порівняно з великими корпораціями.

По-друге, технологічна невизначеність залишається суттєвою: чи стане водень, CCS або електрифікація домінуючою технологією для кожної галузі – питання, що потребує відповіді до здійснення 20–30-річних капіталовкладень. Підтримка множинних технологічних шляхів (technology-neutral approach) збільшує загальний обсяг фінансування, але не гарантує масштабування жодного.

По-третє, нерівномірність географічного розподілу: промислові кластери в Польщі, Румунії та Болгарії, де енергетична система більш вуглецемістка, перебувають у значно менш сприятливих стартових умовах, ніж виробники у Скандинавії, Франції чи Іспанії, де відновлювані джерела вже домінують.

Нарешті, соціальна вимір переходу: за оцінками Комісії, у «вуглецевоємних» регіонах ЄС зайнято близько 185 тисяч осіб безпосередньо та понад мільйон у суміжних галузях. Рамкова програма справедливого переходу забезпечує певний буфер, але кваліфікаційний розрив між потребами «зелених» галузей і наявними навичками робочої сили залишається критичним.

Україна є однією з найбільш енергоємних економік Європи: питомі витрати енергії на одиницю ВВП перевищують середній показник ЄС у 2,5–3 рази. Металургійна галузь, хімічна промисловість і виробництво будматеріалів формують значну частку промислового ВВП і є основними постачальниками валютної виручки. Після повномасштабного вторгнення 2022 року промислова інфраструктура зазнала суттєвих руйнувань, що водночас є трагедією і «вікном можливостей» для будівництва нових потужностей одразу на низьковуглецевій основі.

У контексті євроінтеграції Україна взяла на себе зобов'язання поступового приєднання до EU ETS та імплементації пов'язаного кліматичного законодавства в рамках процесу вступу. Національний план адаптації до змін клімату та Національна стратегія сталого розвитку визначають декарбонізацію як пріоритет, однак операційний механізм підтримки промислового переходу залишається в зародковому стані.

На основі аналізу досвіду ЄС пропонуються такі рекомендації для державної політики України.

Перше: розбудова національної системи торгівлі викидами як підготовчого кроку до зв'язку з EU ETS. Уже сьогодні запровадження обов'язкового звітування про викиди для підприємств, охоплених СВАМ (сталь, алюміній, цемент, добрива), є невідкладним завданням для уникнення неприємних сюрпризів при доступі на ринок ЄС.

Друге: стратегічне позиціонування у ланцюгах постачання «зеленої» сталі та водню. Нові сталеливарні потужності, що відбудовуватимуться після завершення активної фази бойових дій, доцільно проектувати з урахуванням H₂-DRI-технологій і забезпечити доступом до інфраструктури відновлюваної електроенергії.

Третє: використання фінансових механізмів ЄС у рамках Плану України (Ukraine Facility, 50 млрд євро на 2024–2027 роки) для цілеспрямованого субсидіювання «зелених» промислових інвестицій з прив'язкою до СВАМ-вимог та технологічних орієнтирів EU ETS.

Четверте: розвиток інституційних спроможностей для СВМ-верифікації: сертифікація незалежних перевіряючих, розбудова Державного кадастру викидів парникових газів на рівні установок (facility-level), впровадження цифрових систем моніторингу виробничих процесів.

Висновки

Проведений аналіз дозволяє сформулювати такі ключові висновки.

1. Досвід ЄС свідчить, що кліматична нейтральність і промислова конкурентоспроможність є сумісними цілями, але їх одночасне досягнення потребує комплексного інструментарію, який поєднує ціноутворення на вуглець (EU ETS), захист конкурентоспроможності (СВМ, безоплатні квоти), пряму фінансову підтримку інновацій (Фонд інновацій, ІРСЕІ) та соціальний супровід (ІТГ).

2. Ціна вуглецю є необхідним, але не достатнім стимулом: без доступного фінансування «першого переходу», без стабільних сигналів попиту (зокрема, зеленими державними закупівлями) і без інфраструктури (відновлюваний водень, CO₂-трубопроводи, «розумні» мережі) навіть висока ціна ЕУА не забезпечить масштабного промислового переходу у короткий термін.

3. СВМ є структурно значущим, але юридично вразливим механізмом: його успіх залежить від міжнародного визнання і здатності ЄС ставити вуглецеву ціну дієвим інструментом зовнішньої торговельної дипломатії.

4. Для України участь у кліматичній промисловій трансформації ЄС – не лише регуляторне зобов'язання, а й стратегічна можливість: вигідне географічне положення, потенціал відновлюваної енергетики (особливо вітрової та сонячної), кваліфікована технічна робоча сила і потреба у відбудові промислового капіталу формують унікальне вікно можливостей для будівництва «зелених» промислових активів нового покоління.

5. Міждисциплінарний підхід до дослідження – з урахуванням економіки, права, технічних наук та соціології – є методологічно необхідним для повноцінного розуміння трансформацій, що відбуваються, і для розробки ефективної державної політики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Ostapenko Olha. Ukraine's opportunities for implementing a sustainable development program: environmental aspects and the impact of innovative energy technologies. Ukraine's capacity to implement the sustainable development program in the context of full-scale armed aggression: Scientific monograph. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", Volume 2, Section 32. 2025. P. 238-269. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-570-9-3>

2. Ostapenko Olha. Ecological aspects of sustainable development of Ukraine's regions: integration of heat pumps and renewable sources of energy. Theoretical and applied aspects of sustainable development of Ukrainian regions : scientific monograph. Volume 1. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. P. 299-333. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-539-6-13>

3. Ostapenko O. P. Estimation of tendencies of transforming the energy sectors of World, European Union and Ukraine in the perspective to 2050 with using the renewable energy sources in the concept of Sustainable Development. Social capital: Vectors of development of behavioural economics: Collective monograph. ACCESS Press Publishing house: Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2021, 184 p. P. 99 – 139.

Ольга Павлівна Остапенко – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Володимир Віталійович Поліщук – студент групи ТЕ-226, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Богдан Вікторович Сталінський – студент групи ТЕ-226, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Olga P. Ostapenko – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Volodymyr V. Polishchuk – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Bohdan V. Stalinskyi – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia