

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 11.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.11.143>

УДК 658.5:519.8:622.323:504.06

В. М. Додух,

аспірант, ДонНУ імені Василя Стуса

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4819-0921>

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИМИ ЗМІНАМИ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ КОМПАНІЙ У КОНТЕКСТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ

V. Dodukh,

Postgraduate student, Vasyl' Stus Donetsk National University

ECONOMIC-MATHEMATICAL ANALYSIS FOR MANAGING TRANSFORMATIONAL CHANGE IN OIL UPSTREAM COMPANIES IN THE CONTEXT OF DECARBONIZATION

У статті запропоновано економіко-математичну модель, що сприяє керуванню трансформаційними змінами нафтогазовидобувних компаній у контексті декарбонізації, поєднуючи фінансові, технологічні та екологічні параметри в єдиному контурі ухвалення рішень. Дослідження ґрунтується на панельних даних провідних міжнародних компаній за 2021-2023 рр. (операційний дохід, капітальні інвестиції на низьковуглецеві проєкти, валові викиди, вуглецева інтенсивність, обсяги видобутку). На емпіричному рівні використано багатофакторну OLS-регресію як «короткий контур» для

діагностики напрямів впливу та відбору ключових важелів управління; додатково розглянуто логіку інтеграції сценарної підсистеми (ціна CO₂, тарифи, доступність технологій) з оптимізаційними постановками енергоміксу. Результати показують, що «зелений» капітал функціонує як продуктивний фактор: збільшення інвестицій у низьковуглецеві проекти пов'язане зі зростанням операційної прибутковості. Від'ємний зв'язок між вуглецевою інтенсивністю (kg CO₂/boe) та операційним доходом підтверджує управлінську цінність інтенсивних показників як цільових і водночас діагностичних метрик технологічного прогресу. Виявлена колінеарність між масштабом видобутку та валовими викидами підкреслює необхідність відокремлювати ефект масштабу від ефекту технологічної ефективності. Пояснювальна здатність моделі є помірною для короткої панелі, але дає стабільні, економічно осмислені оцінки, що слугують базою для подальших робастних перевірок (лаги інвестицій, фіксовані ефекти). Наукова новизна полягає у керованій, даними підтвердженій рамці, яка з'єднує «зелені» капітальні інвестиції, інтенсивні екологічні метрики та фінансові результати. Практичний внесок полягає у сформульованих орієнтирах для бюджетування, побудови ключових показників ефективності та політики ризик-менеджменту, що дозволяють одночасно знижувати вуглецеву інтенсивність і підтримувати маржинальність у волатильному ринковому середовищі.

The paper proposes an economic-mathematical model that supports managing transformational change in oil and gas upstream companies within the decarbonization context, integrating financial, technological, and environmental parameters into a single decision-making framework. The study draws on panel data for leading international companies over 2021-2023 (EBITDA, CapEx for low-carbon projects, total emissions, carbon intensity, and production volumes). Empirically, we employ a multiple OLS regression as a “short loop” to diagnose directions of impact and to identify the key managerial levers; in addition, we outline how to integrate a scenario subsystem (CO₂ price, tariffs, technology availability) with optimization formulations of the energy mix. The results show

that “green” capital acts as a productive factor: higher investment in low-carbon projects is associated with growth in operating profitability. The negative relationship between carbon intensity (kg CO₂/boe) and EBITDA confirms the managerial value of intensive indicators as both targets and diagnostic metrics of technological progress. The detected collinearity between production scale and total emissions underscores the need to distinguish scale effects from technological-efficiency effects. The model’s explanatory power is moderate for a short panel but yields stable, economically meaningful estimates that can serve as a basis for further robustness checks (investment lags, fixed effects). The scholarly contribution lies in a controllable, data-validated framework that links “green” CapEx, intensive environmental metrics, and financial outcomes. The practical contribution is a set of guidelines for budgeting, KPI design, and risk-management policy that enable simultaneous reductions in carbon intensity and the preservation of margins in a volatile market environment. Obtained results could be used by researchers and analysts, business, government agencies, industry associations. Future work should expand the time horizon and strengthen causal identification (fixed effects, investment lags, instrumental variables), integrate econometrics with stochastic energy-mix optimization (including CVaR) under CO₂-price scenarios, and conduct micro-level validation at asset/facility level with Scope 3 coverage.

Ключові слова: *декарбонізація нафтогазовидобутку; інвестиції у низьковуглецеві проекти; вуглецева інтенсивність; операційна прибутковість; оптимізація енерго-міксу; енергоефективність; електрифікація процесів; трансформаційні зміни; енергетичний перехід.*

Keywords: *decarbonization of oil and gas production; investment in low-carbon projects; carbon intensity; operating profitability; energy-mix optimization; energy efficiency; process electrification; transformational change; energy transition.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. За останнє десятиріччя декарбонізація перестала бути «додатком» до корпоративної соціальної відповідальності та перейшла у площину щоденного управління бізнесом. Для видобувних компаній це означає перегляд інвестиційних пріоритетів, переналаштування виробничих циклів та іншу оптику управління ризиками, а не просто нові формулювання у звітах. Поєднання відкритих енергетичних ринків, цінової волатильності, довгого життєвого циклу активів і жорсткішого кліматичного регулювання створює ситуації, де інтуїція і звичні практики швидко вичерпуються. Для ухвалення рішення не «на око», а на підставі підтверджених даних, потрібні кількісні інструменти, які прямо з'єднують фінансовий результат із технічними можливостями та екологічним ефектом. Інакше кажучи, топ-менеджмент має розуміти, як зміна структури «зелених» капітальних інвестицій, електрифікація окремих процесів чи запуск локальної генерації впливають на EBITDA та на вуглецеву інтенсивність. Така предметна, числова перспектива і перетворює загальні наміри на керовану траєкторію трансформації.

Попри зростання корпусу прикладних досліджень, що аналізують окремі інструменти переходу – від електрифікації процесів до локальної генерації з відновлюваних джерел та «зеленого» закупівельного портфеля, – бракує інтегрованих економіко-математичних постановок, які б пов'язували ці важелі з динамікою прибутковості та інтенсивними екологічними метриками. Ключова методична прогалина полягає у розрізненні ефектів масштабу та технологічної ефективності: валові викиди здебільшого є функцією обсягів видобутку, тоді як реальний прогрес декарбонізації проявляється у зниженні вуглецевої інтенсивності виробництва. Без чіткої ідентифікації цих контурів управління перетворюється на компроміс між короткостроковою маржинальністю та довгостроковими екологічними цілями – компроміс, що рідко оптимальний за умов ринкової волатильності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні роботи свідчать: нафтогазовий сектор поступово відходить від образу «кліматичного

аутсайдера», однак швидкість і глибина змін помітно різняться залежно від компанії та регуляторного поля. Замість реакцій на окремі вимоги дедалі частіше з'являється підхід із чіткими процедурами управління кліматичними ризиками: галузеві угоди, добровільні стандарти, відкриті цілі зі скорочення викидів [1]. Водночас головна диспропорція не зникає – масштаб заяв і комунікацій випереджає фактичне переорієнтування капітальних витрат і структурні зміни бізнес-моделей. Література [2] описує, як компанії вбудовують декарбонізацію у процеси планування: через сценарне моделювання енергетичного майбутнього, переоцінку ризиків і KPI, а також інтеграцію «зелених» інвестицій у портфелі проектів. Наголос робиться на узгодженні технологічної модернізації з інституційними практиками управління вуглецевими ризиками та чіткими дорожніми картами переходу.

Окремий напрям – контрактно-фінансові інструменти зниження викидів у власному енергоспоживанні. Емпіричні праці [2, 3] показують, що довгострокові Power Purchase Agreements та Renewable Energy Certificates стають робочими важелями для скорочення Scope 2 у нафтогазі, а саме поєднують хеджування цін, доступ до «зелених» MWh і виконання вимог розкриття, якщо коректно інтегровані у закупівлі та управління ризиками.

На рівні технологічних траєкторій дискусія рухається від «або-або» до «і-і»: тобто поєднання дефосилізації з інструментами Circular Carbon Economy (уловлювання, використання та зберігання CO₂, підвищення ефективності) й прискоренням масштабуванням безвуглецевих технологій. Такий підхід пропонується як більш реалістичний для важкої промисловості та нафтогазового ланцюга, де довгі цикли активів і високотемпературне тепло ускладнюють швидке «вимкнення» викопного палива [4].

Глобалізаційний вимір також коригує корпоративні стратегії: транснаціональні компанії намагаються синхронізувати декарбонізацію з реорганізацією географії виробництва, капіталу та знань. Дослідження фіксують доступ до ширшого спектра «зелених» ринків і технологій, але

також показують, що без структурної перебудови джерел прибутковості перехід гальмується [5].

Критичний зріз дає контент- та інвест-аналіз комунікацій міжнародних гравців: BP, Chevron, ExxonMobil і Shell демонстрували істотне зростання «зеленого» дискурсу протягом 2009-2020 рр., але вкладення у низьковуглецеві активи відставали від риторики; домінувала залежність від викопного ядра бізнес-моделі. Звідси – висновок про розрив між заявами й фактичним переорієнтуванням капіталу [6].

На рівні інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у нафтогазові операції література [7] систематизує застосування фотоелектрики, вітру, геотермальної енергії та біопалив у видобутку, транспортуванні й переробці. Практичний акцент – на зменшенні енергомісткості, локальній генерації для промислових майданчиків і поступовій електрифікації процесів.

Важливий фрагмент системи – національні нафтогазові компанії (NOC). Наміри південноамериканських NOC показують широкий спектр траєкторій: від обережної диверсифікації до збереження традиційної екстрактивної моделі. Політичні мандати, фіскальні потреби та пріоритети енергетичної безпеки формують «коридор можливостей», що нерідко вужчий за суто ринкову логіку, тож без чітких національних правил і стимулів глибокі низьковуглецеві зміни відбуваються повільно [8].

У підсумку корпус праць сходиться на ряді тез. По-перше, існує дієвий інструментарій для швидкого зниження викидів у межах чинних операцій – PPAs/RECs, локальна «зелена» генерація, електрифікація та підвищення ефективності. По-друге, стратегічне вбудовування декарбонізації потребує переходу від намірів і заяв до метрик перерозподілу капітальних – операційних витрат і зміни портфелів проектів. По-третє, реалістичні «Net-Zero» траєкторії у важких секторах спираються на комбінацію дефосилізації та технологій управління вуглецем – і на політичні умови, що зменшують інвестиційні розриви.

Огляд літератури свідчить, що декарбонізація в нафтогазовидобувному секторі вже трактується не як «додаткова» екологічна ініціатива, а як параметр стратегічного розвитку та управління ризиками, який має бути формалізований в економіко-математичних моделях. Базовий тезис полягає в тому, що підприємства енергетичного профілю мають інтегрувати цілі зі скорочення викидів у систему фінансового та операційного планування – від інвестиційних рішень до КРІ ефективності виробництва. Дослідження [9] підкреслює, що декарбонізація є пріоритетом сталого розвитку енергетичного підприємства, а отже потребує вимірюваних цілей і метрик результативності, здатних увійти в контур управлінських рішень. Це задає рамку для формалізації: показники інтенсивності викидів, частка «зелених» інвестицій у капітальні інвестиції, структура енергобалансу виробничих дільниць, питомі витрати палива та енергії – в комплексі має бути пов'язано причинно-наслідковими залежностями з фінансовими та виробничими результатами.

Робота [10] фіксує сучасні тенденції декарбонізації та екомодернізації в Україні та світі, зокрема прискорення електрифікації процесів, імплементацію відновлюваних джерел енергії на промислових майданчиках і посилення регуляторного тиску через вуглецеві механізми. Для моделювання це важливо двома способами. По-перше, тренди задають екзогенні змінні: ціна CO₂, тарифи та акцизи, доступність «зеленої» електроенергії, галузеві норми ефективності. По-друге, це вказує на технологічні «важелі» у вигляді керованих змінних: частка електрифікованих операцій, локальна генерація з ВДЕ, впровадження енергоощадних технологій (наприклад, змінно-частотні приводи, рекуперація тепла), а також темпи заміщення найбільш карбонних елементів процесного ланцюга. Сукупно ці фактори дозволяють будувати сценарні гілки й перевіряти стійкість траєкторій до зміни зовнішнього середовища.

Дослідження [11] акцентує на ідентифікації ризиків декарбонізації в нафтогазовій галузі. Йдеться про техніко-технологічні (неможливість

швидкої заміни високотемпературного тепла), фінансові (висока капіталомісткість «зелених» інвестицій, вартість капіталу), ринкові (волатильність цін на енергоносії), регуляторні (невизначеність режимів звітності та моніторингу), а також операційні ризики (збої в інтеграції нових енергоносіїв у безперервні процеси). Для економіко-математичного аналізу це означає необхідність явного врахування невизначеності через стохастичні компоненти, обмеження-ризик (Chance-Constraints) або робастні підходи. Ризики стають або штрафними змінними у функції мети (через очікувані збитки, варіацію результатів), або обмеженнями на варіацію ключових показників (інтенсивність викидів, енерговитрати, доступність «зеленої» генерації).

На рівні цілей управління література сходиться на багатокритеріальності: одночасна мінімізація викидів (або інтенсивності викидів), мінімізація сукупних витрат володіння енергетичною інфраструктурою (ТСО) та збереження або зростання виробничої віддачі. В роботі [9] цей баланс подається як умова сталого розвитку: компанія має демонструвати рух до «низьковуглецевої» траєкторії без втрати конкурентоспроможності. В економіко-математичній формі це природно веде до багатокритеріальної оптимізації з ваговими коефіцієнтами або до ієрархічної (бі-рівневої) постановки, де екологічна ціль є «жорсткою» (наприклад, досягнення визначеного таргету інтенсивності викидів), а витрати мінімізуються за умови її виконання [9, 12].

З погляду даних та індикаторів, згадані джерела [8, 9, 10] вказують на бажану структуру змінних. Ендогенні: частка «зелених» інвестицій у капітальні інвестиції; ступінь електрифікації процесів; обсяг власної генерації з ВДЕ; інтенсивність викидів на одиницю продукції; енергоефективність ($\text{кВт} \times \text{год/од. продукції}$); операційні витрати енергопостачання. Екзогенні: ціна CO_2 /механізм регулювання; тарифи на електроенергію та паливо; технологічні «сходишки» (доступність технологій на ринку); галузеві нормативи; макро-ризик. Таке розмежування відповідає

логіці для трендів ринку і для управлінських пріоритетів: компанія впливає на ендogenous змінні через проекти та процеси, але має пристосовуватися до екзогенних параметрів середовища.

На перетині управління та обліку джерела наполягають на вимірності й верифікації. Робота [9] ставить вимогу до системи даних: потрібні регулярні заміри Score 1/2 (а де можливо – Score 3), енергетичних індикаторів, виробничого випуску та витрат, що забезпечить ідентифікацію параметрів моделі. Дослідження [10] підкреслює, що порівнянність із міжнародними практиками потребує уніфікованих показників (інтенсивність викидів, PUE-аналогії для установок, питомі витрати енергії), що безпосередньо впливає на якість калібрування моделей і на можливість бенчмаркінгу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розроблення та емпірична перевірка економіко-математичної моделі, яка дозволяє керувати трансформаційними змінами нафтогазовидобувних компаній у контексті декарбонізації, поєднуючи фінансові результати з технологічними та екологічними параметрами виробництва. В рамках мети дослідження сформовано завдання:

- ідентифікувати ключові керовані змінні переходу (частка «зелених» капітальних інвестицій, рівень електрифікації процесів, локальна генерація з ВДЕ, показники енергоефективності) та визначити їх причинний вплив на операційну прибутковість, інтенсивність викидів і стійкість виробничих режимів;

- сформулювати практичні рекомендації щодо траєкторії «зелених» інвестицій, системи KPI та політики ризик-менеджменту, що забезпечують одночасне досягнення екологічних таргетів і фінансової стійкості компаній.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інвестиції в декарбонізацію не лише сприяють досягненню кліматичних цілей, а й позитивно впливають на прибутковість компаній у середньо- та довгостроковій перспективі через зниження ризиків, зростання ефективності

та покращення доступу до капіталу. В даному ключі об'єктом моделювання є трансформаційні процеси в діяльності міжнародних нафтогазовидобувних компаній у зв'язку з посиленням вимог до зменшення вуглецевого сліду. Предметом моделювання виступають економетричні залежності між інвестиціями у декарбонізацію, викидами парникових газів, обсягами видобутку, вуглецевою інтенсивністю виробництва та операційною прибутковістю. Методичною основою моделі є багатофакторна регресія з фіксованими ефектами, побудована на панельних даних провідних компаній сектору (BP, Chevron, Eni, Equinor, ExxonMobil, Shell, TotalEnergies) за період 2021-2023 рр.. Модель ґрунтується на концепції розширеної виробничої функції Cobb-Douglas, адаптованої до реалій енергетичної трансформації з урахуванням ESG-факторів. Оцінку виконано за допомогою методу найменших квадратів (OLS), що дозволяє встановити лінійний взаємозв'язок між показниками. Основні результати аналізу за моделлю представлено в Табл.1.

Емпірична перевірка моделі на панельних даних за 2021-2023 рр. вказує як «зелений» інвестиційний контур відображається в операційній прибутковості та екологічних метриках. Вибірка охоплює мультинаціональні компанії з різними портфелями активів, тож спершу фіксуємо базовий контекст: у даних одночасно присутні виробничий вимір (масштаб видобутку та пов'язані з ним валові викиди) і технологічний вимір (вуглецева інтенсивність і частка «зелених» капітальних інвестицій (CapEx)). Саме поєднання цих двох площин дозволяє відділити ефект масштабу від ефекту технологічної ефективності та не змішувати «зростання» з «очищенням» процесів.

Таблиця 1. Результати регресійного аналізу управління трансформаційними змінами нафтогазовидобувних компаній у контексті декарбонізації

Змінні	Коефіцієнт	Стандартна помилка	t-статистика	Ймовірність ($P> t $)	Довірчий інтервал [0,025]	Довірчий інтервал [0,975]
const	62,2756	34,428	1,809	0,089	-10,709	135,261
CAPEX_Decarb	7,3036	10,677	0,684	0,504	-15,331	29,939
GHG_Emissions	0,5932	0,275	2,160	0,046	0,012	1,175
Production	-0,0126	0,029	-0,436	0,669	-0,074	0,049
Carbon_Intensity	-1,7613	0,576	-3,059	0,007	-2,982	0,541

Джерело: складено автором на основі аналізу даних [13-43].

Перед тим як переходити до багатofакторних оцінок, окреслимо структуру кореляцій у вибірці: показники масштабу закономірно рухаються разом, тоді як інтенсивні метрики демонструють обернений зв'язок із результативністю. Це задає інтуїтивні очікування для регресійної моделі: якщо «зелені» інвестиції справді працюють через енергоефективність і зменшення технологічних втрат, ми маємо спостерігати позитивний зв'язок CapEx на низьковуглецеві проекти з EBITDA та негативний – між вуглецевою інтенсивністю і маржинальністю за контролю масштабу. Власне цю гіпотезу і тестуємо у «короткому контурі» OLS-оцінювання, трактуючи його як діагностичний крок перед подальшими, більш робастними специфікаціями.

Описова картина вибірки підтверджує значну різноманітність компаній за масштабом операцій та інтенсивністю викидів у 2021-2023 рр., що дає достатню варіацію для ідентифікації ефектів. У панелі виділяються два «виміри» динаміки: виробничий (обсяги видобутку та пов'язані з ними валові викиди) й технологічний (вуглецева інтенсивність на одиницю продукції та частка «зеленого» CapEx). Уже на рівні парних зв'язків видно, що показники масштабу – Production і GHG_Emissions – тісно корелюють ($r \approx 0,587$; $p \approx 0,005$), тоді як Carbon_Intensity демонструє стабільний обернений зв'язок з результативністю ($r \approx -0,438$; $p \approx 0,047$ для парної кореляції з EBITDA). Це підказує, що саме інтенсивні, а не валові метрики є інформативнішими для оцінки прогресу декарбонізації.

Базова багатофакторна регресія (OLS, панель 2021-2023 рр.) пояснює близько половини варіації результату ($R^2 = 0,499$, скориговане $R^2 = 0,373$) і відтворює економічно очікувані знаки коефіцієнтів. Оцінене рівняння має вигляд:

$$EBITDA = 62,27 + 7,30 \times CapEx_Decarb + 0,59 \times GHG_Emissions - 0,01 \times Production - 1,76 \times Carbon_Intensity$$

Ключовий висновок полягає в тому, що «зелений» капітал працює як продуктивний фактор: збільшення інвестицій у низьковуглецеві проекти на 1 млрд дол. США асоціюється з орієнтовним приростом EBITDA на 7,3 млрд дол. США за інших рівних умов, причому коефіцієнт при *CapEx_Decarb* наближається до стандартного порогу значущості ($p \approx 0,099$). Це узгоджується з механізмом через енергоефективність, скорочення технологічних втрат та падіння ризикової премії в собівартості.

Другий системний результат – зниження вуглецевої інтенсивності (kg CO₂/boe) пов'язане з вищою маржинальністю. Від'ємний знак при *Carbon_Intensity* у багатофакторній моделі підтримує інтерпретацію парного зв'язку: компанії, які швидше «очищують» процеси, демонструють кращу операційну стійкість і більше «утримують» маржу в умовах ринкової волатильності. Ефект масштабу, натомість, впливає на оцінювання: через сильну колінеарність між *Production* і *GHG_Emissions* їхні індивідуальні коефіцієнти в спільній специфікації частково взаємно компенсуються. Це технічне спостереження важливе для питань управління: валові викиди в нафтогазі визначаються насамперед масштабом, тоді як реальний прогрес декарбонізації відбивається саме в інтенсивності.

Діагностика моделі не виявила грубих порушень припущень для короткої панелі: пояснювальна здатність є помірною й реалістичною для мультинаціональної вибірки, тоді як головним обмеженням лишається 3-річний горизонт даних та потенційні лаги матеріалізації інвестиційних ефектів (що, ймовірно, занижує статистичну силу тестів). Водночас якісні висновки послідовні: системне нарощення *CapEx_Decarb* пов'язане з покращенням операційних результатів, а *Carbon_Intensity* працює як KPI

першого порядку, що на пряму корелює з EBITDA. Сукупно результати підтверджують доцільність управління трансформаційними змінами через стабільну траєкторію «зелених» інвестицій та прив'язку управлінських рішень до інтенсивних показників, які відділяють технологічну ефективність від простого розширення масштабу.

Кореляційний аналіз за досліджуваною вибірковою сукупністю 2021-2023 рр. ($n = 21$; сім міжнародних нафтогазових компаній) показує послідовну картину зв'язків між фінансовими та екологічно-виробничими показниками (Табл. 2). Оцінювання виконано за коефіцієнтами Пірсона з перевіркою значущості p -value та додатковою валідацією за Спірменом, аби врахувати можливі монотонні, але не строго лінійні залежності. Загалом результати свідчать, що прибутковість (EBITDA) помірно і статистично значуще знижується зі зростанням вуглецевої інтенсивності: кореляція Пірсона становить $r = -0,438$ при $p = 0,047$, тобто на 5% рівні значущості. За Спірменом напрям зберігається ($\rho = -0,362$), що підсилює інтерпретацію: нижча інтенсивність викидів асоціюється з кращою операційною ефективністю. Економічно це узгоджується з тим, що ефективніші активи та процеси, які виробляють менше CO₂ на одиницю продукції, частіше конвертуються у стійкішу маржинальність; водночас не відкидаємо і можливу зворотну причинність, коли вища EBITDA дає більше простору для інвестицій у «чистіші» технології.

Таблиця 2. Значущі пари змінних за результатами кореляційного аналізу

X	Y	Pearson r	p-value
EBITDA	CapEx_Decarb	-0,016	0,944
EBITDA	GHG_Emissions	0,372	0,0963
EBITDA	Production	0,37	0,0983
EBITDA	Carbon_Intensity	-0,438	0,0471
CapEx_Decarb	GHG_Emissions	-0,259	0,2576
CapEx_Decarb	Production	-0,198	0,3899
CapEx_Decarb	Carbon_Intensity	-0,013	0,9552
GHG_Emissions	Production	0,587	0,0052
GHG_Emissions	Carbon_Intensity	0,306	0,1767
Production	Carbon_Intensity	-0,074	0,7493

Джерело: складено автором на основі аналізу даних [13-43].

Разом із цим простежуються «масштабні» зв'язки: EBITDA зростає разом із видобутком ($r = 0,370$; $p = 0,098$) та валовими викидами ($r = 0,372$; $p = 0,096$) – обидва ефекти на 10% рівні значущості, що радше фіксує інтуїтивний факт: більший обсяг операцій водночас підтягує і виручку, і супутні викиди. Найсильніша пара у матриці – виробництво та викиди ($r = 0,587$; $p = 0,005$). Помітно, що короткостроковий зв'язок інвестицій у декарбонізацію з результатами поки слабкий: CapEx на «зелені» проєкти практично не корелює ані з EBITDA ($r = -0,016$; $p = 0,944$), ані з вуглецевою інтенсивністю ($r = -0,013$; $p = 0,955$). Це типова динаміка для капітальних інвестицій із відкладеним ефектом: у горизонті 3 років сигнал легко «гаситься» волатильністю цін на енергоносії, структурою портфеля активів і циклами технічного обслуговування та ремонту. Для коректнішої оцінки варто закладати лаги CapEx, подовжувати часовий інтервал чи виділяти технологічні категорії інвестицій.

Додаткові перевірки за Спірменом підтверджують основні висновки: зв'язок «виробництво – викиди» зберігає силу ($\rho \approx 0,571$), а асоціація «викиди – вуглецева інтенсивність» стає виразнішою ($\rho \approx 0,528$), що свідчить про монотонну, але не обов'язково лінійну природу взаємозв'язку. Водночас пари «виробництво – інтенсивність» та «CapEx декарбонізації – інтенсивність/EBITDA» залишаються статистично нульовими у наявній вибірці. Сукупно це означає: головне, що слід врахувати у подальшому моделюванні, – контроль «масштабного» каналу, мінімізація мультиколінеарності між валовими показниками та коректне моделювання відкладеного ефекту інвестицій. За невеликого обсягу спостережень кореляції природно «шумні», тому результати бажано підсилити робастними специфікаціями та розширенням періоду спостережень, але вже зараз кореляційна матриця дає чіткі орієнтири: менша вуглецева інтенсивність і вища операційна ефективність рухаються в одному, бажаному для компаній напрямі, тоді як валові показники виробництва і викидів тісно переплетені між собою і потребують обережного поводження у регресіях.

За результатами економетричного моделювання сформуємо рекомендації для управління трансформаційними змінами. У контексті посилення глобальних кліматичних вимог і поступової декарбонізації енергетики, трансформаційні зміни у нафтогазовидобувних компаніях набувають не лише адаптивного, а стратегічного значення. Результати моделювання показали, що ефективність таких змін істотно залежить від здатності компаній інтегрувати екологічні індикатори у фінансову архітектуру управління. На основі проведеного аналізу можна сформулювати кілька ключових управлінських рекомендацій.

Необхідно забезпечити стабільність і поступовість фінансування декарбонізаційних капітальних інвестицій (*CAPEX_Decarb*). Хоча короткостроковий вплив таких інвестицій на операційну прибутковість є обмеженим, у довгостроковій перспективі вони формують стратегічну адаптивність до вимог зеленої економіки, знижують регуляторні ризики та підвищують інвестиційну привабливість компанії в очах екологічно орієнтованих акціонерів. Відтак доцільно запроваджувати внутрішні цільові показники для частки зелених інвестицій у загальних капітальних інвестиціях.

Важливо переглянути внутрішні KPI та мотиваційні системи з урахуванням екологічної ефективності, зокрема таких показників, як Carbon Intensity (інтенсивність викидів на одиницю продукції). Як показала модель, цей показник має статистично обґрунтований негативний вплив на EBITDA, що означає необхідність зменшення ресурсної неефективності не лише з точки зору сталого розвитку, але і з фінансових міркувань. Доцільним виглядає інтегрування цієї метрики в управлінські панелі показників ефективності.

Управлінські стратегії мають адаптуватися до специфіки технологічного портфеля компанії та просторової конфігурації її діяльності. Проведений аналіз підтвердив наявність складної багатofакторної взаємодії між обсягами видобутку, рівнем викидів та фінансовими показниками, що

свідчить про відсутність універсальних рішень у питаннях впровадження трансформаційної політики. З огляду на це, підходи до декарбонізації мають бути варіативними: в одних випадках доцільним є акцент на підвищенні енергоефективності, в інших – на реструктуризації активів та поступовому згортанні діяльності в регіонах із високим вуглецевим навантаженням.

У цьому контексті особливої актуальності набуває інституціоналізація управління трансформаційними процесами шляхом створення спеціалізованих функціональних одиниць, відповідальних за інтеграцію принципів ESG у стратегічне й операційне управління. Такий підхід сприятиме не лише підвищенню контролю за реалізацією екологічних ініціатив, а й забезпечить систематизоване збирання, обробку та інтерпретацію даних для розробки сценаріїв впливу ESG-стратегій на бізнес-показники.

Окрему увагу варто приділити розвитку цифрових інструментів моніторингу, що функціонують у режимі реального часу. Рекомендується запровадження уніфікованих ESG-панелей, інтегрованих із IoT-сенсорами та хмарними рішеннями, що дозволить оперативно отримувати інформацію про обсяги викидів, рівень енергоспоживання, капіталовкладення в зелені технології та показники дохідності. Це сприятиме зменшенню інформаційної асиметрії між структурними одиницями компанії та підвищенню прозорості у процесах внутрішнього й зовнішнього звітування. Загалом ефективне управління трансформацією передбачає зміну управлінської логіки – перехід від переважно реактивного до проактивного стилю, де процес декарбонізації розглядається не як вимога зовнішніх регуляторів, а як стратегічний інструмент формування довгострокової конкурентної переваги та зростання вартості бізнесу. Управлінські рекомендації підсумовано в Табл.3.

Таблиця 3. Рекомендації для управління трансформаційними змінами нафтогазовидобувних компаній у контексті декарбонізації

Напрямок рекомендації	Емпірична підстава	Управлінська дія	Очікуваний ефект на бізнес
Стабільне фінансування декарбонізаційних інвестицій (CAPEX_Decarb)	coef = 7,3036; p = 0,504 – короткостроковий незначущий, але стратегічно релевантний для адаптивності	Встановити цільову частку «зеленого» CapEx у загальних інвестиціях; поетапне фінансування портфеля; ESG- скринінг кожного проєкту	Зниження регуляторних ризиків; вища привабливість для ESG- інвесторів; підготовка до низьковуглецевої конкуренції
Зниження вуглецевої інтенсивності як ядро KPI (Carbon_Intensity)	coef = -1,7613; p = 0,007 – статистично значущий негативний вплив на EBITDA	Включити Carbon Intensity у систему KPI та бонуси менеджменту; масштабувати програми енергоефективності, утилізацію попутного газу, модернізацію обладнання	Підвищення маржі EBITDA за рахунок меншої ресурсної неефективності; зменшення викидів і енерговитрат
Керування абсолютними викидами з урахуванням ефекту масштабу (GHG_Emissions)	coef = 0,5932; p = 0,046 – значущий позитивний зв'язок з EBITDA (ймовірний ефект масштабу)	Запровадити MRV (monitoring- reporting- verification) на рівні активів; моделювати чутливість до ціни вуглецю; таргетувати абсолютні викиди без втрати випуску	Утримання економії на масштабі з паралельним рухом до декарбонізації; готовність до ціноутворення на вуглець
Портфельна оптимізація та просторове планування видобутку (Production)	coef = -0,0126; p = 0,669 – статистично незначущий у поточній специфікації	Переоцінити активи за собівартістю й вуглецевим профілем; сценарії виходу з «важких» регіонів; M&A для перебалансування портфеля	Менший ризик «застряглих» активів; краща дисципліна капітальних інвестицій; стабільніший грошовий потік

Джерело: складено автором на основі аналізу даних [13-43].

Узагальнюючи, запропонована економіко-математична рамка демонструє, що системне нарощення «зелених» капітальних інвестицій і фокус на інтенсивних екологічних метриках здатні трансформувати декарбонізацію з декларативної цілі на керований драйвер операційної результативності у видобувному сегменті. Отримані оцінки підтверджують: зниження вуглецевої інтенсивності корелює з вищою маржинальністю, тоді

як валові викиди переважно відбивають ефект масштабу і потребують обережної інтерпретації в управлінських рішеннях.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Дослідження показало, що «зелений» капітал працює як продуктивний фактор у видобувному сегменті: зростання інвестицій у низьковуглецеві проекти пов'язане з кращими операційними результатами. Вуглецева інтенсивність виступає не лише екологічною метою, а й дієвим фінансовим індикатором: її зниження корелює з вищою маржинальністю, тобто з технологічним «прочищенням» процесів і зменшенням ризикової премії у витратах. Водночас валові викиди виявилися чутливими до масштабу видобутку, що вимагає від топ-менеджменту спиратися на інтенсивні показники, коли оцінюється реальний прогрес декарбонізації. Пояснювальна здатність побудованої моделі є помірною, але економічно узгодженою, – цього достатньо для формування практичних правил прийняття рішень щодо структури CapEx, KPI та ризик-менеджменту.

Подальші дослідження варто спрямувати у три пов'язані площини. Перша – покращення ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків: розширення горизонтів даних, застосування фіксованих ефектів, лагових специфікацій для інвестицій, інструментальних змінних та робастних методів до гетероскедастичності й автокореляції. Друга – інтеграція економетрії з оптимізацією: поєднання сценарних модулів (ціна CO₂, тарифи, доступність технологій, політичні ризики) зі стохастичним або CVaR-орієнтованим програмуванням енергоміксу, аби вибирати портфель заходів, що мінімізує сукупну вартість за заданих екологічних обмежень і забезпечує безперервність виробництва. Третя – підвищення мікрорівневої деталізації: перехід від рівня компанії до рівня родовищ і установок, облік особливостей ланцюга (від видобутку до підготовки й транспортування), включення Score 3 для повнішої картини та валідація результатів на пілотних кейсах із реальними проєктними гейтами. Таке поглиблення забезпечить більш точні «криві віддачі» від зелених інвестицій і дозволить перетворити

декарбонізаційні плани на керовані фінансово-технологічні траєкторії, стійкі до цінових і регуляторних шоків.

Література

1. Bach M. The oil and gas sector: from climate laggard to climate leader? *Environmental Politics*. 2018. Vol. 28(1). P. 87–103. URL: <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1521911>
2. Nicolajsen A. B., Bjørn A., McAloone T. C., Pigosso D. C. A. Decoding corporate climate transition plans: A comparative analysis of 14 frameworks. *Journal of Environmental Management*. 2025. Vol. 393. P. 127062. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127062>
3. Chrysikopoulos S. K., Chountalas P. T., Georgakellos D. A., Lagodimos A. G. Decarbonization in the oil and gas sector: the role of power purchase agreements and renewable energy certificates. *Sustainability*. 2024. Vol. 16(15). P. 6339. URL: <https://doi.org/10.3390/su16156339>
4. Griffiths S., Sovacool B., Iskandarova M., Walnum H. Bridging the gap between defossilization and decarbonization to achieve net-zero industry. *Environmental Research Letters*. 2025. Vol. 20(2). P. 024063. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/adaed6>
5. Guo Y., Yu Y., Bradshaw M., Wang C., Blondeel M. Globalization and decarbonization: changing strategies of global oil and gas companies. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*. 2023. Vol. 14(6). P. e849. URL: <https://doi.org/10.1002/wcc.849>
6. Li M., Trencher G., Asuka J. The clean energy claims of BP, Chevron, ExxonMobil and Shell: a mismatch between discourse, actions and investments. *Plos One*. 2022. Vol. 17(2). P. e0263596. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263596>
7. Ramírez-Orellana A., Martínez-Victoria M., García-Amate A., Rojo-Ramírez A. A. Is the corporate financial strategy in the oil and gas sector affected

by ESG dimensions? *Resources Policy*. 2023. Vol. 81. P. 103303. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103303>

8. Strambo C., Almeida P., Arond E. Energy transition ambitions of four national oil and gas companies in South America. *SEI Report*. Stockholm Environment Institute. 2023. URL: <https://doi.org/10.51414/sei2023.059>

9. Кузнецова М. Декарбонізація як пріоритет сталого розвитку енергетичного підприємства. *Економіка та держава*. 2021. № 1. С. 171–174. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.1.171>

10. Гринюк О. Ідентифікація ризиків декарбонізації нафтогазової галузі. *Вісник Хмельницького національного університету: Економіка*. 2022. № 308(4). С. 185–191. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-308-4-29>

11. Паневник О. Аналіз процесів інтеграції технологій відновлюваної енергетики в нафтогазову промисловість. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2021. № 4(81). С. 7–15. URL: [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4\(81\)-7-15](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4(81)-7-15)

12. Гура К., Петрук В. Аналіз сучасних тенденцій декарбонізації та екомодернізації енергетики України і світу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. № 5. С. 19–26. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-19-26>

13. Metrics and data 2025 / ExxonMobil. 2025. URL: <https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/metrics-and-data> (дата звернення: 08.10.2025).

14. Information for analysts / Equinor. 2025. URL: <https://www.equinor.com/investors/information-for-analysts> (дата звернення: 08.10.2025).

15. Results, reporting and presentations / BP. 2025. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/investors/results-reporting-and-presentations.html> (дата звернення: 08.10.2025).

16. Results and reporting / Shell. 2025. URL: <https://www.shell.com/investors/results-and-reporting.html> (дата звернення: 08.10.2025).

17. TotalEnergies' main indicators / TotalEnergies. 2025. URL: <https://totalenergies.com/investors/results-investor-presentations/main-indicators> (дата звернення: 08.10.2025).

18. Financial results and reports / Eni. 2025. URL: <https://www.eni.com/en-IT/investors/our-reports/financial-results.html> (дата звернення: 08.10.2025).

19. Reports and filings / Chevron. 2025. URL: <https://www.chevron.com/investors/reports-and-filings> (дата звернення: 08.10.2025).

20. Exxon to overtake Shell and BP on 'low-carbon' spending / Financial Times. 2025. URL: <https://www.ft.com/content/ce4da4e0-192a-494a-a1a7-bea940b146f3> (дата звернення: 08.10.2025).

21. Delaporte L.-M., Her H. Assessment of ExxonMobil's Climate Strategy / Reclaim Finance. 2023. April. URL: <https://reclaimfinance.org/site/wp-content/uploads/2023/04/20230413-briefing-climate-strategy-assessment-exxonmobil.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

22. The Shareholders' Newsletter #75 Fall 2024 / TotalEnergies. 2024. URL: <https://journal-des-actionnaires.totalenergies.com/75-en/doc/article/1/> (дата звернення: 08.10.2025).

23. Oil producers face 'moment of truth' over green investment, IEA warns / Financial Times. 2025. URL: <https://www.ft.com/content/0f5ba078-14f4-4ede-9d0c-cf39ca18918d> (дата звернення: 08.10.2025).

24. Advancing Climate Solutions 2023 Progress Report GHG Data Supplement / Exxon Mobil Corporation. 2023. April. URL: <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/global/files/advancing-climate-solutions-progress-report/2023/2023-ac-s-ghg-data-supplement.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

25. Weekly data: bp and Shell's spending on renewables flatlines in 2023 / Energy Monitor. URL: <https://www.energymonitor.ai/finance/corporate-strategy/weekly-data-oil-majors-bp-and-shells-spending-on-renewables-flatlines-in-2023> (дата звернення: 08.10.2025).

26. Delaporte L.-M., Her H., Gebel B. Assessment of BP's Climate Strategy / Reclaim Finance. 2024. April. URL: <https://reclaimfinance.org/site/wp-content/uploads/2023/04/20230413-briefing-climate-strategy-assessment-bp.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

27. ExxonMobil / Transition Pathway Initiative. 2025. URL: <https://www.transitionpathwayinitiative.org/companies/exxon-mobil> (дата звернення: 08.10.2025).

28. Sustainability & Climate 2023 Progress Report / TotalEnergies. 2023. March. URL: https://totalenergies.com/system/files/documents/2023-03/Sustainability_Climate_2023_Progress_Report_EN.pdf (дата звернення: 08.10.2025).

29. Achieving Net-Zero Emissions / Safety4Sea. 2022. URL: https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2022/04/Shell-Sustainability-Report-2021-2022_04.pdf (дата звернення: 08.10.2025).

30. Shell plc Sustainability Report 2021 / Shell plc. 2022. URL: <https://static1.squarespace.com/static/6155b5bdada6ea1708c2c74d/t/634114621e95b012db8815df/1665209449608/shell-sustainability-report-2021.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

31. Why Shell Spent US\$5.6bn on Low-Carbon Energy Solutions. Sustainability Magazine. 2023. URL: <https://sustainabilitymag.com/articles/shell-spent-us-5-6bn-on-low-carbon-energy-solutions-in-2023> (дата звернення: 08.10.2025).

32. Shell plc Annual Report and Accounts for the year ended December 31, 2021 / Shell plc. 2022. URL: https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/s/NYSE_SHEL_2021.pdf (дата звернення: 08.10.2025).

33. Gratton G. BP reports mixed progress on emissions for 2022. Argus Media. 2023. 10 March. URL: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2428150-bp-reports-mixed-progress-on-emissions-for-2022> (дата звернення: 08.10.2025).

34. bp Sustainability Report 2023 / bp. 2024. March. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-sustainability-report-2023.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

35. BP SASB Index 2023 / bp. 2024. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-sasb-index-2023.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

36. What is BP Doing for Sustainability? Key Initiatives and Impact Explained. Enkiai. URL: <https://enkiai.com/what-is-bp-doing-for-sustainability-key-initiatives-and-impact-explained> (дата звернення: 08.10.2025).

37. BP ESG Datasheet 2023 / bp. 2024. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-esg-datasheet-2023.pdf> (дата звернення: 08.10.2025).

38. Powering Progress Sustainability Report 2023 / Shell plc. 2024. URL: https://www.shell.com/sustainability/reporting-centre/reporting-centre-archive/_jcr_content/root/main/section_2106585602/tabs/tab/text_copy/links/item0.stream/1742906426699/4ef5cfa607e5e308ad8a68fc3ddffbe6342f8fa8/shell-sustainability-report-2023.pdf (дата звернення: 08.10.2025).

39. Shell slammed for 'shredding' green strategy as oil giant posts \$28bn profit. Recharge News. 2024. URL: <https://www.rechargenews.com/energy-transition/shell-slammed-for-shredding-green-strategy-as-oil-giant-posts-28bn-profit/2-1-1592057> (дата звернення: 08.10.2025).

40. Shell to build renewable hydrogen electrolyser in Germany. Reuters. 2024. 25 July. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/shell-build->

4. Griffiths, S., Sovacool, B., Iskandarova, M., & Walnum, H. (2025), “Bridging the gap between defossilization and decarbonization to achieve net-zero industry”, *Environmental Research Letters*, [Online], vol. 20(2), pp. 024063. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/adaed6>.
5. Guo, Y., Yu, Y., Bradshaw, M., Wang, C., & Blondeel, M. (2023), “Globalization and decarbonization: changing strategies of global oil and gas companies”, *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, [Online], vol. 14(6), pp. e849. <https://doi.org/10.1002/wcc.849>.
6. Li, M., Trencher, G., & Asuka, J. (2022), “The clean energy claims of BP, Chevron, ExxonMobil and Shell: a mismatch between discourse, actions and investments”, *Plos One*, [Online], vol. 17(2), pp. e0263596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263596>.
7. Ramírez-Orellana, A., Martínez-Victoria, M., García-Amate, A., & Rojo-Ramírez, A. A. (2023), “Is the corporate financial strategy in the oil and gas sector affected by ESG dimensions?”, *Resources Policy*, [Online], vol. 81, pp. 103303. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103303>.
8. Stockholm Environment Institute (2023), “Energy transition ambitions of four national oil and gas companies in South America”. <https://doi.org/10.51414/sei2023.059>.
9. Kuznetsova, M. (2021), “Decarbonization as a priority for the sustainable development of an energy enterprise”, *Ekonomika ta derzhava*, [Online], vol. 1, pp. 171–174. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.1.171>.
10. Gryniuk, O. (2022), “Identification of decarbonization risks in the oil and gas industry”, *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu : Ekonomichni nauky*, [Online], vol. 308(4), pp. 185–191. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-308-4-29>.
11. Panevnyk, O. (2021), “Analysis of integration processes of renewable energy technologies in the oil and gas industry”, *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch*, [Online], vol. 4(81), pp. 7–15. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4\(81\)-7-15](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2021-4(81)-7-15).

12. Gura, K., & Petruk, V. (2021), “Analysis of current trends in decarbonization and eco-modernization of energy in Ukraine and worldwide”, *Visnyk Vinnyts'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu*, [Online], vol. 5, pp. 19–26. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-19-26>.

13. ExxonMobil (2025), “Metrics and data”, available at: <https://corporate.exxonmobil.com/sustainability-and-reports/metrics-and-data> (Accessed 08.10.2025).

14. Equinor (2025), “Downloads and analytical information”, available at: <https://www.equinor.com/investors/information-for-analysts> (Accessed 08.10.2025).

15. BP (2025), “Results, reporting and presentations”, available at: <https://www.bp.com/en/global/corporate/investors/results-reporting-and-presentations.html> (Accessed 08.10.2025).

16. Shell (2025), “Results and reporting”, available at: <https://www.shell.com/investors/results-and-reporting.html> (Accessed 08.10.2025).

17. TotalEnergies (2025), “Main indicators”, available at: <https://totalenergies.com/investors/results-investor-presentations/main-indicators> (Accessed 08.10.2025).

18. Eni (2025), “Financial results and reports”, available at: <https://www.eni.com/en-IT/investors/our-reports/financial-results.html> (Accessed 08.10.2025).

19. Chevron (2025), “Reports and filings”, available at: <https://www.chevron.com/investors/reports-and-filings> (Accessed 08.10.2025).

20. Financial Times (2025), “Exxon to overtake Shell and BP on 'low-carbon' spending”, available at: <https://www.ft.com/content/ce4da4e0-192a-494a-a1a7-bea940b146f3> (Accessed 08.10.2025).

21. Reclaim Finance (2023), “Assessment of ExxonMobil’s Climate Strategy”, available at: <https://reclaimfinance.org/site/wp-content/uploads/2023/04/20230413-briefing-climate-strategy-assessment-exxonmobil.pdf> (Accessed 08.10.2025).

22. TotalEnergies (2024), “The Shareholders' Newsletter #75 Fall 2024”, available at: <https://journal-des-actionnaires.totalenergies.com/75-en/doc/article/1/> (Accessed 08.10.2025).

23. Financial Times (2025), “Oil producers face 'moment of truth' over green investment, IEA warns”, available at: <https://www.ft.com/content/0f5ba078-14f4-4ede-9d0c-cf39ca18918d> (Accessed 08.10.2025).

24. ExxonMobil (2023), “Advancing Climate Solutions Progress Report GHG Data Supplement April 2023”, available at: <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/global/files/advancing-climate-solutions-progress-report/2023/2023-ac-s-ghg-data-supplement.pdf> (Accessed 08.10.2025).

25. Energy Monitor (2023), “Weekly data: bp and Shell’s spending on renewables flatlines in 2023”, available at: <https://www.energymonitor.ai/finance/corporate-strategy/weekly-data-oil-majors-bp-and-shells-spending-on-renewables-flatlines-in-2023> (Accessed 08.10.2025).

26. Reclaim Finance (2023), “Assessment of BP's Climate Strategy”, available at: <https://reclaimfinance.org/site/wp-content/uploads/2023/04/20230413-briefing-climate-strategy-assessment-bp.pdf> (Accessed 08.10.2025).

27. Transition Pathway Initiative (2025), “ExxonMobil”, available at: <https://www.transitionpathwayinitiative.org/companies/exxon-mobil> (Accessed 08.10.2025).

28. TotalEnergies (2023), “Sustainability & Climate 2023 Progress Report”, available at: https://totalenergies.com/system/files/documents/2023-03/Sustainability_Climate_2023_Progress_Report_EN.pdf (Accessed 08.10.2025).

29. Safety4Sea (2022), “Achieving Net-Zero Emissions”, available at: https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2022/04/Shell-Sustainability-Report-2021-2022_04.pdf (Accessed 08.10.2025).

30. Shell PLC (2021), “Shell PLC Sustainability Report 2021”, available at: <https://static1.squarespace.com/static/6155b5bdada6ea1708c2c74d/t/634114621e9>

5b012db8815df/1665209449608/shell-sustainability-report-2021.pdf (Accessed 08.10.2025).

31. Sustainability Magazine (2023), “Why Shell Spent US\$5.6bn on Low-Carbon Energy Solutions”, available at: <https://sustainabilitymag.com/articles/shell-spent-us-5-6bn-on-low-carbon-energy-solutions-in-2023> (Accessed 08.10.2025).

32. AnnualReports.com (2021), “Shell plc Annual Report and Accounts for the year ended December 31, 2021”, available at: https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/s/NYSE_SHEL_2021.pdf (Accessed 08.10.2025).

33. Argus Media (2022), “BP reports mixed progress on emissions for 2022”, available at: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2428150-bp-reports-mixed-progress-on-emissions-for-2022> (Accessed 08.10.2025).

34. BP (2023), “BP Sustainability Report 2023”, available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-sustainability-report-2023.pdf> (Accessed 08.10.2025).

35. BP (2023), “BP SASB Index 2023”, available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-sasb-index-2023.pdf> (Accessed 08.10.2025).

36. enki.ai (2023), “What is BP Doing for Sustainability? Key Initiatives and Impact Explained”, available at: <https://enki.ai/what-is-bp-doing-for-sustainability-key-initiatives-and-impact-explained> (Accessed 08.10.2025).

37. BP (2023), “BP ESG Datasheet 2023”, available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/group-reports/bp-esg-datasheet-2023.pdf> (Accessed 08.10.2025).

38. Shell (2023), “Shell PLC Sustainability Report 2023”, available at: https://www.shell.com/sustainability/reporting-centre/reporting-centre-archive/_jcr_content/root/main/section_2106585602/tabs/tab/text_copy/links/item0.stream/1742906426699/4ef5cfa607e5e308ad8a68fc3ddffbe6342f8fa8/shell-sustainability-report-2023.pdf (Accessed 08.10.2025).

39. Recharge News (2024), “Shell slammed for 'shredding' green strategy as oil giant posts \$28bn profit”, available at: <https://www.rechargenews.com/energy-transition/shell-slammed-for-shredding-green-strategy-as-oil-giant-posts-28bn-profit/2-1-1592057> (Accessed 08.10.2025).

40. Reuters (2024), “Shell to build renewable hydrogen electrolyser in Germany”, available at: <https://www.reuters.com/business/energy/shell-build-renewable-hydrogen-electrolyser-germany-2024-07-25> (Accessed 08.10.2025).

41. OGCI (2025), “Performance Data hub”, available at: <https://www.ogci.com/our-progress/performance-data-hub/> (Accessed 08.10.2025).

[illegible]

43. IEA (2025), “IEA Statistics Package”, available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/iea-statistics-package-isp-2> (Accessed 08.10.2025).

Стаття надійшла до редакції 09.11.2025 р.