

РОЛЬ СИСТЕМИ ТОРГІВЛІ КВОТАМИ НА ВИКИДИ У СПРИЯННІ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Дмитро Володимирович Подольчук¹

У цьому дослідженні аналізується система торгівлі викидами Європейського Союзу та її ефективність у скороченні викидів парникових газів. Було розглянуто, як СТВ ЄС розвивалася з моменту її впровадження у 2005 р., включаючи початкову надмірну пропозицію квот та подальші заходи з обмеження надлишкової пропозиції та підвищення цін на вуглецеві квоти. Було виявлено, що з часом спостерігається тенденція до зменшення обсягів асигнувань на СТВ, при цьому сектор стаціонарних установок отримує найбільшу кількість квот. Крім того, в дослідженні розглянуто зв'язок між СТВ ЄС, ВВП ЄС та часткою відновлюваних джерел енергії і виявлено значний негативний зв'язок між СТВ ЄС та часткою ВДЕ, в той час як ВВП ЄС має значний позитивний зв'язок з часткою ВДЕ. У дослідженні робиться висновок, що хоча СТВ ЄС і надала помітний ціновий сигнал, вона все ще перебуває під загрозою надлишкової пропозиції, а ціни ще не досягли рівнів, сумісних з Паризькою угодою.

Ключові слова: система торгівлі квотами Європейського Союзу, викиди парникових газів, система торгівлі квотами, дозволи на викиди, відновлювані джерела енергії.

Постановка проблеми. Європейський Союз (ЄС) вже давно є лідером у вирішенні проблем, пов'язаних зі зміною клімату. Система торгівлі квотами на викиди (СТВ ЄС, англ. EU Emissions Trading System (EU ETS)) має велике значення для досягнення цих завдань. Це найбільший вуглецевий ринок у світі, який охоплює близько 40% викидів парникових газів в ЄС [3]. В рамках СТВ ЄС компаніям виділяється певна кількість квот на викиди, якими вони можуть торгувати з іншими компаніями. Загальна кількість квот обмежена, що створює ринок квот на викиди, на якому компанії купують і продають квоти залежно від обсягів своїх викидів.

СТВ ЄС має на меті забезпечити ціновий сигнал для компаній, заохочуючи скорочувати свої викиди та інвестувати у низьковуглецеві технології. В останні роки ЄС посилює жорсткість системи, зменшивши кількість доступних квот і запровадивши резерв ринкової стабільності для регулювання ринку.

СТВ ЄС є ключовим інструментом для скорочення викидів парникових газів і відіграє важливу роль у стимулюванні розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зелена енергії, така як вітрова, сонячна та гідроенергетика, є важливим компонентом стратегії ЄС зі скорочення викидів парникових газів та переходу до низьковуглецевої економіки. Однак у деяких країнах-членах ЄС впровадження ВДЕ відбувається повільно, і на це впливає багато чинників. Тому варто дослідити взаємозв'язок між СТВ ЄС та розвитком відновлюваної енергетики в ЄС. Розуміння того, як СТВ ЄС може

сприяти розвитку відновлюваної енергетики, допоможе зрозуміти шляхи підвищення ефективності системи та прискорити перехід до низьковуглецевої економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. СТВ ЄС мала значний вплив на сектор технологій виробництва електроенергії, як стверджують К. Роге та В. Хоффманн [8]. Їхнє дослідження показало, що СТВ ЄС в основному впливає на швидкість і напрямок технологічних змін у великомасштабному режимі виробництва електроенергії на основі вугілля, який додає технології уловлювання вуглецю як нову технологічну траєкторію. Вплив СТВ ЄС на корпоративну культуру та звичай щодо викидів CO₂ може також підготувати підґрунтя для переходу до низьковуглецевої галузевої інноваційної системи для технологій виробництва електроенергії.

Р. Пітцкер та ін. [7] провели дослідження, в якому дійшли висновку, що посилення цільових показників СТВ ЄС прискорить декарбонізацію енергетичного сектору ЄС на 3–17 рр. Це буде досягнуто тому, що у 2030 р. частка ВДЕ становитиме 74% електроенергії, а до 2040 р. буде досягнуто нульового рівня викидів від виробництва електроенергії. Ціни на вуглецеві квоти в рамках СТВ ЄС зростуть більш ніж удвічі до 129 євро/т CO₂ у 2030 р., що дозволить скоротити сукупні викиди в енергетичному секторі з 2017 по 2057 р. на 54%. Трансформація відбуватиметься з обмеженими витратами, а загальні дисконтовані витрати енергосистеми зростуть лише на 5%.

¹ Подольчук Дмитро Володимирович,
аспірант Київського національного університету,
e-mail: dmytro.podolchuk@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7370-121X>



Ф. Ландіс та П. Хайндл [6] провели дослідження впливу цільових показників відновлюваної енергетики у виробництві електроенергії на ціни на дозволи СТВ ЄС. Вони виявили, що цілі з відновлюваної енергетики знизили ціни на дозволи СТВ ЄС, що погіршило становище нетто-експортерів дозволів та покращило становище нетто-імпортерів дозволів. Підвищення цін на енергетичні товари найбільше впливає на домогосподарства з низькими доходами. Доходи від кліматичної політики можуть бути використані для компенсації втрат домогосподарств, але ця можливість обмежена для держав з великими обсягами дозволів на викиди, що продаються на аукціонах.

Дослідження В. Хофмана [5] показало, що компанії в німецькому електроенергетичному секторі враховують витрати на викиди CO₂ у своїх інвестиційних рішеннях. СТВ ЄС має більший вплив на малі інвестиції з коротким терміном амортизації, ніж на великі інвестиції. Щоб підвищити ефективність СТВ ЄС, політики повинні відображати свої довгострокові наміри щодо скорочення викидів в умовах дефіциту квот, надавати більше стимулів для підвищення ефективності та зменшувати регуляторну невизначеність.

Згідно з дослідженням М. Ю, М. Хе та Ф. Лю [10] СТВ має позитивний вплив на виробництво відновлюваної енергії. Автори також виявили, що СТВ має трендовий вплив на виробництво відновлюваної енергії, і зростання відновлюваної енергетики було успішно стимулюється СТВ.

Метою дослідження є виявлення впливу СТВ ЄС на розвиток відновлюваної енергетики в ЄС упродовж 2005–2022 рр. з використанням економетричного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

СТВ ЄС була створена у 2005 р. і включає понад 11 000 установок по всій Європейській економічній зоні, які покривають близько 40% викидів парникових газів (ПГ) в Європі. СТВ ЄС – це система «обмеження і торгівлі», що означає, що загальний обсяг викидів ПГ, які можуть бути здійснені компаніями, визначається верхнім лімітом. Відповідно до верхнього ліміту, що щорічно зменшується, компанії отримують або купують квоти на викиди, якими вони можуть торгувати за потреби [2].

З самого початку СТВ ЄС страждала від надлишку квот на викиди, що призвело до того, що ціна була занадто низькою, щоб стимулювати кліматичні зміни.

Основними причинами недостатнього цінового сигналу були неамбівні загальні цілі, економічна криза 2008 р. та приплив міжнародних кредитів. Після заходів з обмеження надлишкової пропозиції та узгодження більш високої кліматичної цілі ЄС до 2030 р. ціни досягли нових рекордних рівнів у 2021 р. Незважаючи на те, що СТВ ЄС почала подавати помітний ціновий сигнал, вона все ще перебуває під загрозою надлишкової пропозиції, а ціни досі не досягли рівнів, сумісного з Паризькою угодою [1].

Резерв стабільності ринку СТВ ЄС (EU ETS Market Stability Reserve (MSR)) поглинає надлишкові квоти з ринку і допомагає впоратися з минулим надлишком. Однак, на даний момент MSR не є придатним для того, щоб впоратися з раптовими шоками або майбутніми надлишками. Більше того, компанії, які повинні платити за забруднення, отримують прибутки від СТВ ЄС в результаті безкоштовного розподілу квот на викиди. У 2021 р. СТВ ЄС почав змінюватися в рамках Зеленого курсу ЄС.

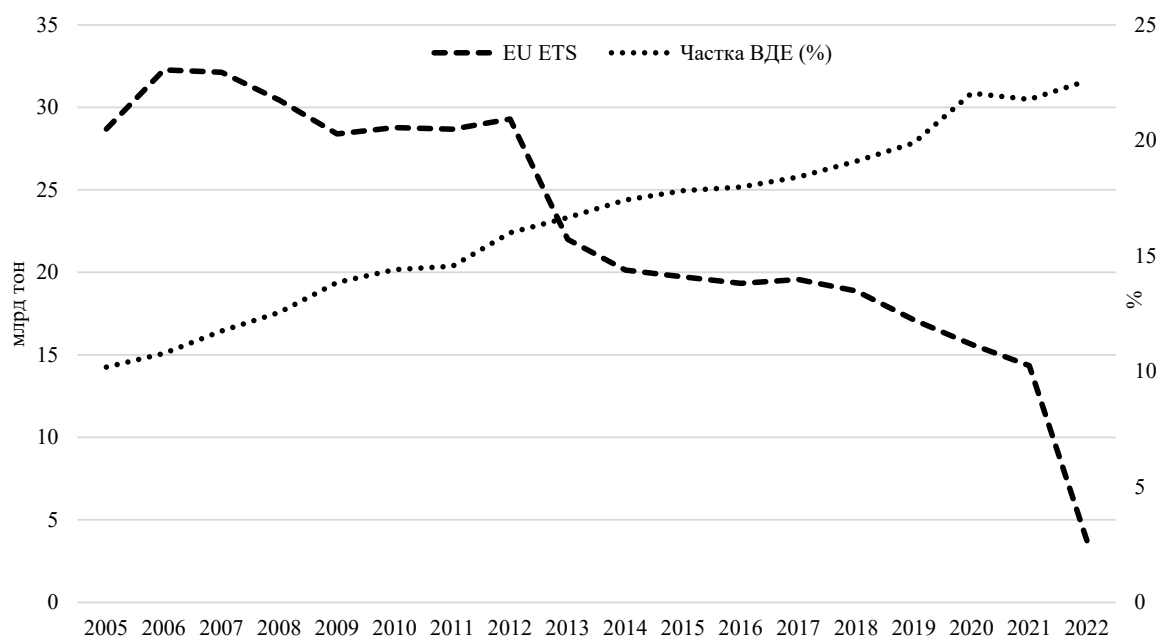


Рисунок 1 – Система торгівлі квотами на викиди Європейського Союзу (млрд т) та частка ВДЕ (%), 2005–2022 рр.

Джерело: [2; 9]

Як видно з рис. 1, упродовж перших років існування СТВ дозволи на викиди були відносно значними, що призвело до надлишку кредитів і низької ціни на вуглець. Це відображено в даних, де значення СТВ ЄС почалося з 28,7 млрд тон у 2005 р., досягло піку в 32,3 млрд тон у 2006 і 2007 рр., а потім стабільно знижувалося до 2013 р.

У 2013 р. СТВ була переглянута – як згадувалося вище, створено новий Резерв стабільності ринку (MSR) для вирішення проблеми надлишкової пропозиції квот і підвищення ціни на вуглець. В результаті розмір СТВ ЄС дещо зріс у 2014 р., але потім продовжував знижуватися до 2018 р.

У 2018 р. СТВ ЄС стабілізувалася, а у 2019 році дещо зросла. Однак у 2020 та 2021 рр. обсяги значно знизилися, ймовірно, через пандемію COVID-19 та пов'язаний з нею економічний спад.

Можна припустити, і на це вказують дані, що об'єми СТВ ЄС ще більше знизяться у наступні роки. Це може бути пов'язано з триваючими економічними наслідками пандемії, агресією росії проти України або іншими чинниками – зміни в структурі енергоспоживання, економічні умови, технологічний прогрес, регуляторні зміни та зміна політичних пріоритетів, які поки що незрозумілі до кінця.

Останнє зниження вартості, яке ми спостерігаємо на рис. 1, свідчить про ймовірну необхідність подальшого політичного втручання для підтримки переходу до низьковуглецевої економіки. Це може включати впровадження більш жорстких цілей зі скорочення викидів або створення стимулів для інвестицій у відновлювані джерела енергії.

З наведених на рисунок 2 даних видно, що Німеччина (DE) має найбільшу кількість викидів в межах СТВ ЄС, за нею йдуть Італія (IT), Польща (PL) та Велика Британія (GB). Ми пов'язуємо їх обсяг викидів з вищим рівнем промислової активності. З іншого боку, менші країни, такі як Люксембург (LU), Ісландія (IS) та Мальта (MT), мають відносно нижчі значення для СТВ ЄС. Це може свідчити про те, що ці країни мають меншу промислову активність, ніжчі обсяги викидів, що призводить до менших потреб у квотах.

Варто відзначити, що окрім країн, нами було додано значення NER300 – 1,2 млрд тон. Звісно, його не можна порівняти з іншими країнами, оскільки це кількість квот, виділених на конкретну ініціативу для фінансування низьковуглецевих технологій, але програма напряму стосується нашої теми дослідження.

У цілому NER300 – це програма фінансування, створена Європейською Комісією для підтримки демонстрації інноваційних низьковуглецевих технологій. Назва «NER300» походить від 300 млн квоту Резерву для нових учасників (NER) Системи торгівлі викидами (СТВ) ЄС, які були виділені на програму.

Програма діяла з 2012 по 2020 р. і стосувалася великомасштабних демонстраційних проектів з інноваційних технологій ВДЕ та уловлювання і зберігання вуг-

лецю (УЗВ). Проекти повинні були продемонструвати, що вони можуть досягти значного скорочення викидів вуглекислого газу в економічно ефективний спосіб [3].

Програма NER300 розглядалася як важлива частина зусиль ЄС у боротьбі зі зміною клімату та переході до низьковуглецевої економіки. Вона також була покликана допомогти подолати так звану «долину смерті», з якою стикаються багато інноваційних технологій на етапі їх комерціалізації.

Дивлячись на дані рис. 3, можна побачити, що Німеччина щороку отримує найбільші асигнування на СТВ, а Італія та Польща йдуть за нею з невеликим відривом. Однак усі шість країн демонструють тенденцію до зменшення обсягів виділених коштів на СТВ з часом, з особливо різким зниженням у 2019–2020 роках.

Цікаво також відзначити вплив пандемії COVID-19 на розподіл СТВ. У 2020 році в усіх країнах спостерігалося зменшення розподілу СТВ, що може бути пов'язано з економічним спадом, спричиненим пандемією.

На рисунку 4. подано дані розподілу квот за основними секторами діяльності. Так, сектор стаціонарних установок, який включає електростанції та інші великі промислові викиди, отримав найбільший обсяг квот – 389,89 млн. Сектор спалювання палива, який включає менші енергетичні установки, отримав другий за обсягом розподіл – 200,82 млн. одиниць СТВ.

Сектор промислових установок (за винятком спалювання) отримав 111,91 млн. квот СТВ. Цей сектор включає різні галузі промисловості, такі як виробництво харчових продуктів та напоїв, хімічна промисловість та металообробка. Сектор виробництва чавуну та сталі отримав 27,33 млн. квот, а сектор виробництва цементного клінкеру – 25,58 млн. Сектор нафтоперробки отримав 23,58 млн. одиниць квот СТВ.

Авіаційний сектор отримав 6,24 млн. квот СТВ, тоді як виробництво вапна або прожарювання доломіту/магнезиту та виробництво неорганічних хімічних речовин отримали по 5,99 млн. квот СТВ. Нарешті, сектор виробництва паперу та картону отримав 4,59 млн. одиниць СТВ.

Ці дані показують розподіл квот СТВ між різними секторами. Розподіл квот СТВ базується на кількості викидів, вироблених кожним сектором. Дані свідчать про те, що енергетика та промисловість є найбільшими емітентами, а отже, отримують найбільшу кількість квот СТВ.

Тепер перейдемо до аналізу взаємозв'язку між системою квот на викиди вуглецю та розвитком відновлювальної енергетики в ЄС. Очевидно, що дані рис. 1 демонструють зворотній зв'язок між СТВ ЄС та часткою відновлюваних джерел енергії в загальному енергетичному балансі. У перші роки існування СТВ ЄС, з 2005 по 2008 р. помітне незначне зростання частки ВДЕ з 10,2% до 12,5%. Однак, по мірі того, як СТВ ЄС ставала більш усталеною, а ціна на вуглецеві квоти почала знижуватися, частка ВДЕ також почала зменшуватися, досягнувши мінімуму в 15,6% у 2020 р. Це може бути пов'язане з тим, що СТВ ЄС встановлює ціну на вуг-

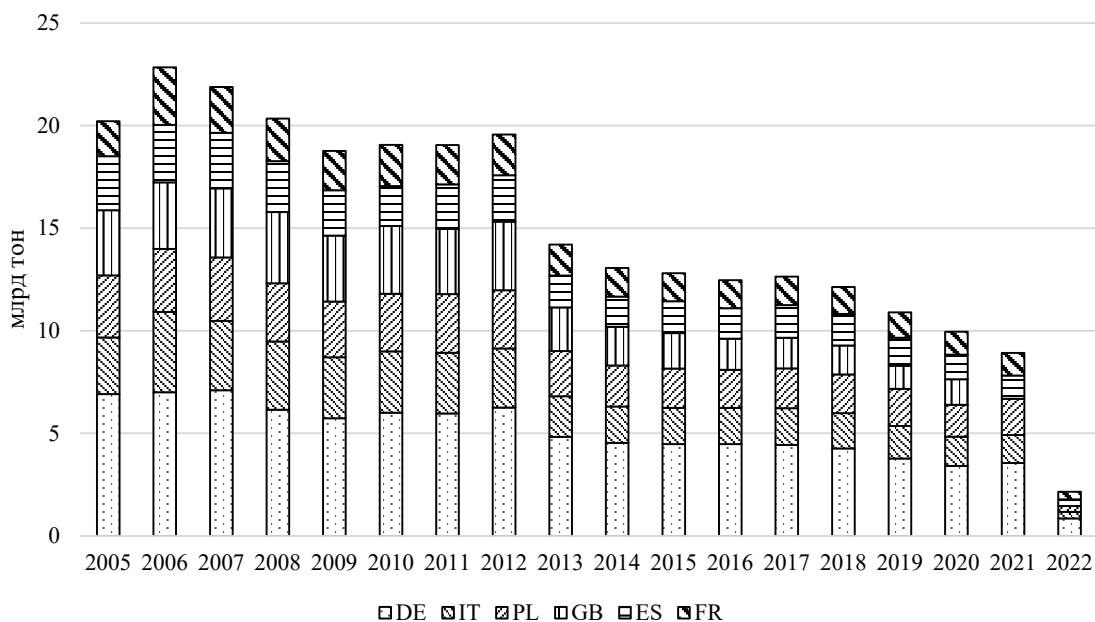


Рисунок 3 – Розподіл системи торгівлі квотами на викиди Європейського Союзу (СТВ) за країнами та роками для шести основних країн ЄС

Джерело: [2]

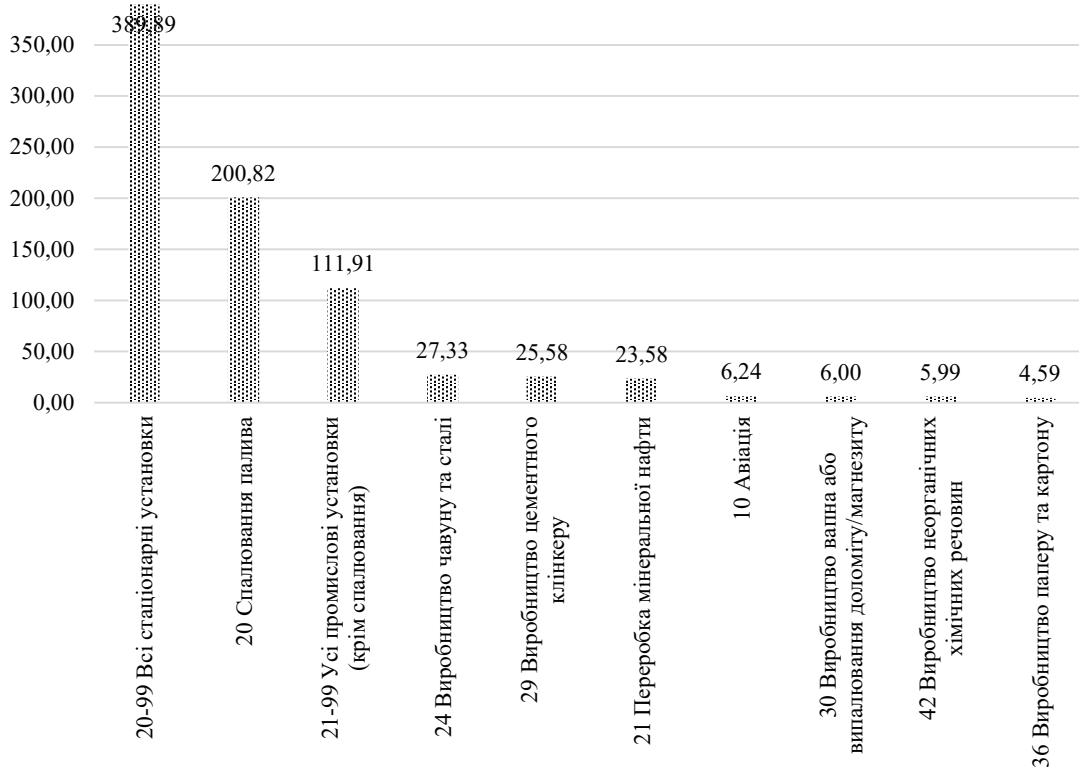


Рисунок 4 – Основні сектори діяльності та відповідні їм значення СТВ

Джерело: [2]

лець, що робить викиди парникових газів дорожчими для компаній. Як наслідок, деякі компанії перейшли на відновлювані джерела енергії, щоб зменшити свої викиди та заощадити гроші. Однак, коли ціна на вуглець почала знижуватися, компаніям стало дешевше

продовжувати використовувати викопне паливо замість того, щоб інвестувати у відновлювану енергетику.

Варто також зазначити, що пандемія COVID-19 могла вплинути на дані за 2020 та 2021 рр., оскільки призвела до зниження економічної активності та

Таблиця 1 – МНК, на базі спостережень 2005-2021 (T = 17)

Залежна змінна: RES_share

	Коефіцієнт	Ст. Похибка	t-статистика	p-значення	
const	-35,0513	22,5593	-1,554	0,1442	
EUETS	-0,507577	0,0426606	-11,90	<0,0001	***
sq_EU_GDP	-0,262095	0,107957	-2,428	0,0305	**
EU_GDP	8,18534	3,12813	2,617	0,0213	**

Середнє зал. змін.	16,18500		Ст. Відх. зал. змін.	3,620715
Сума кв. залишків	11,73546		С.П. регресії	0,950120
R-квадрат	0,944051		Скориг. R-квадрат	0,931140
F(3, 13)	73,11834		P-значення (F)	2,15e-08
Лог. Правдоподібн.	-20,97187		Крит. Акайке	49,94373
Крит. Шварца	53,27659		Крит. Хеннана-Куїнна	50,27502
параметр rho	0,027835		Стат. Дурбіна-Уотсона	1,865140

попиту на енергію, що могло вплинути на частку відновлюваної енергетики в загальному енергобалансі.

Для перевірки впливу СТВ ЄС на розвиток ринку відновлювальної енергетики ЄС використаємо регресійний аналіз. Частку ВДЕ у загальному балансі (RES_share) оберемо за залежну змінну. В якості незалежних змінних будуть показники обсягу дозволів на викиди (EUETS), а також ВВП ЄС (EU_GDP). Останній ми додаємо, як контрольну змінну, аби показати, що зменшення викидів не є наслідком зниження економічної активності в ЄС.

Перед оцінкою коефіцієнтів регресійного рівняння забезпечено дотримання припущень методу найменших квадратів. Зокрема виявлено, що між залежною змінною та EU_GDP існує нелінійний зв'язок. Було оцінено декілька моделей, в результаті обрано коефіцієнти з найкращими показниками відповідності (див. таблиця 1).

Отримана регресійна модель має високий індекс детермінації – 0,944, що означає, що 94,4% варіації залежної змінної (RES_share) пояснюється незалежними змінними (EUETS, sq_EU_GDP та EU_GDP), включеними в модель. Скоригований R2 становить 0,931, що свідчить про те, що модель не є надмірно підігнаною і що незалежні змінні є добрими предикторами залежної змінної.

Результати показують, що EUETS та sq_EU_GDP мають значущий негативний зв'язок з RES_share. Зокрема, для кожного збільшення EUETS на одну одиницю, частка ВДЕ зменшується на 0,51% при незмінності інших змінних. Аналогічно, для кожного збільшення квадрату ВВП ЄС на одну одиницю, частка ВДЕ зменшується на 0,26% за умови, що інші змінні залишаються незмінними.

З іншого боку, EU_GDP має значний позитивний зв'язок з RES_share. Зокрема, для кожного збільшення ВВП ЄС на одну одиницю, частка ВДЕ зростає на 8,19% за умови, що інші змінні залишаються незмінними.

Постійний член регресійного рівняння є від'ємним і незначущим, що свідчить про відсутність суттєвого впливу інших чинників, не включених в модель, на частку ВДЕ.

F-тест показує, що модель в цілому є статистично значущою (p-значення < 0,001), що означає, що принаймні одна з незалежних змінних має значний вплив на залежну змінну. Статистика Дарбіна-Уотсона становить 1,865, що свідчить про відсутність значної автокореляції в залишках, а це є гарною ознакою того, що помилки є незалежними і в моделі не пропущено жодної важливої змінної.

Висновки. Тенденція до зростання обсягів СТВ ЄС підкреслює виклики, пов'язані з балансуванням між економічним зростанням та екологічною стійкістю. СТВ ЄС є важливим механізмом для скорочення викидів парникових газів, але вона може потребувати подальшого коригування для забезпечення її довгострокової ефективності. Регресійний аналіз взаємозв'язку торгівлі викидами та розвитку ВДЕ виявив обернений вплив СТВ та ВДЕ, в той час як ВВП має позитивний вплив. У цілому, варто зазначити, що, виявлений зв'язок між СТВ ЄС та розвитком ВДЕ може існувати в короткостроковій перспективі, а довгостроковий вплив є невизначеним і залежатиме від низки чинників, включаючи ціну на вуглець, технологічний прогрес та державну політику щодо підтримки розвитку ВДЕ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Carbon Market Watch. EU Carbon Market. URL: <https://carbonmarketwatch.org/our-work/carbon-pricing/eu-carbon-market/>
2. European Union Emissions Trading System (EU ETS) data from EUTL. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-17> (дата звернення: 10.02.2023).
3. European Union. The EU Emissions Trading System (EU ETS). URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (дата звернення: 10.02.2023).
4. GDP and main components (output, expenditure and income). URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/namq_10_gdp/default/table?lang=en (дата звернення: 10.02.2023).
5. Hoffmann V. H. EU ETS and Investment Decisions: The Case of the German Electricity Industry. *European Management Journal*. 2020. № 25. P. 464–474.

6. Landis F., Heindl P. Renewable Energy Targets in the Context of the EU ETS: Whom do They Benefit Exactly? *The Energy Journal*. 2019.
7. Pietzcker, R. C., Osorio, S., & Rodrigues, R. (2021). Tightening EU ETS targets in line with the European Green Deal: Impacts on the decarbonisation of the EU power sector. *Applied Energy*. Vol. 40. № 6. P. 129–169.
8. Rogge K. S., Hoffmann V. H. The impact of the EU ETS on the sectoral innovation system for power generation technologies – Findings for Germany. *Energy Policy*. 2010. 38. P. 7639–7652.
9. Share of energy from renewable sources. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN_custom_4959898/default/table?lang=en (дата звернення: 10.02.2023).
10. Yu M., He M., Liu F. Impact of Emissions Trading System on Renewable Energy Output. *Procedia Computer Science*. 2017. № 122. P. 221–228.

REFERENCES:

1. Carbon Market Watch. (n.d.). EU Carbon Market. Available at: <https://carbonmarketwatch.org/our-work/carbon-pricing/eu-carbon-market>.
2. European Union Emissions Trading System (EU ETS) data from EUTL. Available at: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-17>.
3. European Union. (2020). The EU Emissions Trading System (EU ETS). Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en.
4. GDP and main components (output, exp. and income) Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/namq_10_gdp/default/table?lang=en.
5. Hoffmann, V. H. (2007). EU ETS and Investment Decisions: The Case of the German Electricity Industry. *European Management Journal*, 25. P. 464–474.
6. Landis, F., & Heindl, P. (2019). Renewable Energy Targets in the Context of the EU ETS: Whom do They Benefit Exactly? *The Energy Journal*.
7. Pietzcker, R. C., Osorio, S., & Rodrigues, R. (2021). Tightening EU ETS targets in line with the European Green Deal: Impacts on the decarbonization of the EU power sector. *Applied Energy*.
8. Rogge, K. S., & Hoffmann, V. H. (2010). The impact of the EU ETS on the sectoral innovation system for power generation technologies – Findings for Germany. *Energy Policy*, 38. P. 7639–7652.
9. Share of energy from renewable sources. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN_custom_4959898/default/table?lang=en.
10. Yu, M., He, M., & Liu, F. (2017). Impact of Emissions Trading System on Renewable Energy Output. *Procedia Computer Science*, 122, 221–228.

THE ROLE OF THE EMISSIONS TRADING SCHEME IN PROMOTING RENEWABLE ENERGY IN THE EUROPEAN UNION

Dmytro V. Podolchuk¹

The study analysed data from 2005 to 2021 and found a downward trend in EU ETS allocations over time. The results indicate that the stationary installations sector, which includes power plants and other significant industrial emissions, received the most considerable allowance. The study also found a decrease in ETS allocations in all countries in 2020 due to the economic downturn caused by the pandemic. Furthermore, the paper examines the relationship between the EU ETS, EU GDP, and the share of renewable energy sources (RES). The results indicate a significant negative relationship between EU ETS and RES share, while EU GDP has a significant positive relationship with RES share. The findings suggest that while the EU ETS has begun to provide a price signal to incentivise companies to reduce their greenhouse gas emissions, it has yet to drive a shift towards renewable energy sources. The research also considered the impact of various external factors on the EU ETS. The paper highlights that the oversupply of emission allowances has been a persistent issue for the system since its inception. This oversupply resulted in a price that needed to be higher to incentivise a significant reduction in greenhouse gas emissions. The study found that unambitious overall targets, the economic crisis of 2008, and the influx of international loans were the main reasons for the insufficient price signal. The paper also examines the current state of the EU ETS Market Stability Reserve (MSR), which was created to address the problem of oversupply of allowances and the rising carbon price. The study found that while the MSR is absorbing excess allowances from the market and helping to cope with past oversupply, it is currently not suitable to cope with sudden shocks or future surpluses. In conclusion, the research indicates that the EU ETS is progressing towards reducing greenhouse gas emissions and providing a price signal to incentivise companies to reduce their carbon footprint. However, more policy interventions may be needed to support the transition to a low-carbon economy. The findings highlight the need to establish more stringent emission reduction targets and create incentives for investment in renewable energy sources.

Keywords: European Union Emissions Trading System, greenhouse gas emissions, cap-and-trade system, emission allowances, renewable energy sources.

JEL Classification: Q42, O13, O44

*Стаття надійшла до редакції 9.02.2023
The article was received February 9, 2023*

¹ Podolchuk Dmytro, Postgraduate Student, Taras Shevchenko National University of Kyiv