

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. 2023. № 5.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.40>

УДК 620.91

В. Є. Намонюк,

к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародних фінансів,

Навчально-науковий інститут міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9454-6658>

В. В. Матей,

к. е. н., доцент кафедри міжнародних фінансів,

Навчально-науковий інститут міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4836-2604>

РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: РОЛЬ ФІНАНСОВИХ ТА ПОДАТКОВИХ СТИМУЛІВ

V. Namoniuk,

*PhD in Economics, Associate Professor of the Department of International Finance,
Educational and Scientific Institute of International Relations,*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

V. Matei,

*PhD in Economics, Associate Professor of the Department of International Finance,
Educational and Scientific Institute of International Relations,*

Taras Shevchenko National University of Kyiv

RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT: THE ROLE OF FINANCIAL AND FISCAL INCENTIVES

У статті досліджуються чинники, що впливають на розвиток відновлюваної енергетики в різних країнах, використовуючи кластерний аналіз та панельні дані. Дослідження розділяє країни на три кластери за економічним розвитком, інфраструктурою відновлюваної енергетики, викидами CO₂ та споживанням первинної енергії: (1) "Лідер" - представлений виключно Сполученими Штатами; (2) "Великі економіки з розвинутою інфраструктурою відновлюваної енергетики"; та (3) "Країни з менш розвинутою інфраструктурою відновлюваної енергетики". Україна належить до третього кластеру, що свідчить про потенціал розвитку відновлюваної енергетики за умови належних інвестицій, регулятивної політики та державної підтримки.

Модель з фіксованими ефектами виявила, що економічний розвиток, рівень викидів CO₂, споживання первинної енергії, виплати за виробництво енергії та державні інвестиції мають важливе значення для розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема, стимули у вигляді виплат за виробництво енергії та державні інвестиції відіграють ключову роль у забезпеченні росту відновлюваної енергетики, а також сприяють досягненню цілей зниження викидів парникових газів та забезпеченню сталого енергетичного розвитку. З урахуванням цих результатів, держави повинні продовжувати активно застосовувати такі інструменти, щоб стимулювати розвиток відновлюваної енергетики та досягти своїх кліматичних цілей. Майбутні дослідження можуть розглянути вплив різних видів стимулів на рівні субнаціональних урядів та адаптацію досліджених політик у різних країнах з урахуванням місцевих особливостей та потреб енергетичного сектора.

The paper examines the factors influencing renewable energy development across countries using cluster analysis and panel data models. The research categorises countries into three clusters based on economic development, renewable energy infrastructure, CO₂ emissions, and primary energy consumption: (1) "Leader" - represented solely by the United States; (2) "Large economies with developed renewable energy infrastructure"; and (3) "Diverse countries with less developed renewable energy infrastructure." Ukraine belongs to cluster 3, indicating

potential for renewable energy development given adequate investments, regulatory policies, and state support.

The fixed effects panel data model demonstrates the significance of all variables at a 5% level. The results indicate that a one-unit increase in GDP leads to a 0.8334-unit increase in installed renewable electricity capacity (IREC), emphasising the positive impact of economic growth on renewable energy development. Moreover, a one-million-ton increase in CO₂ emissions results in a 3.3038-unit decrease in IREC, suggesting countries with higher carbon emissions are more proactive in promoting renewable energy to reduce emissions. A one-exajoule increase in primary energy consumption corresponds to a 3.3548-unit increase in IREC, highlighting the energy sector's importance for renewable energy development.

Furthermore, a one-unit increase in incentives, in the form of energy production payments, leads to a 0.2974-unit increase in IREC. In contrast, a one-unit increase in government investments results in a 0.1667-unit increase in IREC. The study reveals that economic growth, CO₂ emission levels, primary energy consumption, energy production payments, and government investments play crucial roles in renewable energy development. Specifically, incentives such as energy production payments and public investments are key drivers of renewable energy growth, contributing to achieving greenhouse gas reduction targets and sustainable energy development. These findings emphasise the importance of governments actively employing such tools to stimulate renewable energy development and achieve their climate goals.

Ключові слова: *відновлювана енергетика, Україна, ОЕСР, фінансові стимули, податкові стимули*

Keywords: *renewable energy, Ukraine, OECD, financial incentives, fiscal insentives*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Однією з найбільш обговорюваних

глобальних проблем, яка створює екзистенційну загрозу для всього людства є зміна клімату. Серед антропогенних чинників зміни клімату найбільш загрозливим є викид в атмосферу великої кількості продуктів спалювання викопного палива. За останні десять років спалювання вугілля, нафти та газу спричинило від 64% до 86% викидів вуглекислого газу в атмосферу [1]. Розуміння цього факту урядами багатьох країн, зумовлюють посилення тенденції скорочення споживання викопного палива та перехід до відновлювальних джерел енергії. Частка відновлювальної енергетики у світовому виробництві електроенергії у 2020 р. склала 29% [2].

Виробництво енергії з відновлювальних джерел здійснюється майже виключно з використанням місцевих ресурсів, тому може значно посилити енергетичну безпеку країни. Питання енергетичної безпеки стало особливо актуальним у 2022 році. Приклад Росії показує, що нафта і газ є не лише енергетичними ресурсами, що торгуються на світовому ринку, але й ефективним інструментом шантажу та геополітичного впливу. Іншими позитивними ефектами розвитку відновлювальної енергетики є скорочення споживання води та зменшення забруднення атмосфери не лише на глобальному, але й на місцевому рівні.

Енергія, що отримується з відновлювальних джерел все ще є дорожчою, ніж енергія, що отримується від спалювання викопного палива. А введення в експлуатацію нових потужностей потребує значних інвестицій. Крім цього, у традиційної енергетики існує досить сильне лобі з боку багатонаціональних енергетичних корпорацій та урядів країн, що володіють значними запасами викопного палива. Тому майбутнє відновлювальної енергетики сильно залежить від державної підтримки. На сьогодні більшість країн це розуміють і вживають відповідних заходів, зокрема, широко використовуються інструменти податкового стимулювання та державне фінансування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бурхливий розвиток відновлювальної енергетики зумовлює значне зростання кількості досліджень цієї сфери. Частина з цих досліджень концентрується на питаннях впливу розвитку відновлювальної енергетики на економічне зростання, створення

робочих місць, викиди CO₂, ціни на електроенергію [3-6].

Державна підтримка відіграє критичну роль у розвитку відновлювальної енергетики. Різні форми та інструменти такої підтримки, а також їх ефективність є об'єктом численних досліджень. Г. Шрімалі та Дж. Кніфель використали панельні дані для оцінки впливу державної політики на розвиток відновлюваних джерел електроенергії, включаючи вітер, біомасу, геотермальну та сонячну енергію [7]. А.К. Маркес та Ж.А. Фуїнас емпірично підтвердили ефективність державної політики для збільшення використання відновлювальних джерел енергії в європейських країнах [8].

Питання впливу податкових та фінансових стимулів на розвиток відновлювальної енергетики досліджуються у працях С. Кокса [9], Л. Фовлера, Дж. Бріна [10], Б. Гаріссона [11], Н. Йошіно, Ф. Тагізаде-Хесарі [12], М. Ніколіні, М. Тавоні [13] та багатьох інших.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою цієї статті є визначення за допомогою кластерного аналізу місця України серед країн ОЕСР за рівнем розвитку відновлювальної енергетики та оцінка впливу фінансових та податкових ініціатив на розвиток відновлюваної енергетики за допомогою регресійного аналізу на основі панельних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Незважаючи на економічну турбулентність останніх років глобальні інвестиції у відновлювальну енергетику у 2022 році склали 495 млрд дол. США, що на 17% більше за показник попереднього року і є історичним рекордом. Найбільше інвестицій у відновлювальну енергетику припадає на Китай – 273 млрд дол. США (55% глобальних інвестицій), на другому місці США – близько 50 млрд дол. США [14].

На кінець 2022 року глобальна потужність відновлювальної енергетики досягла 3 372 ГВт, що на 9,6% більше, ніж у попередньому році. 37 % потужності припадає на гідроенергетику, 31% на сонячну енергетику, 27% на вітроенергетику, а 5% на інші сегменти [15].

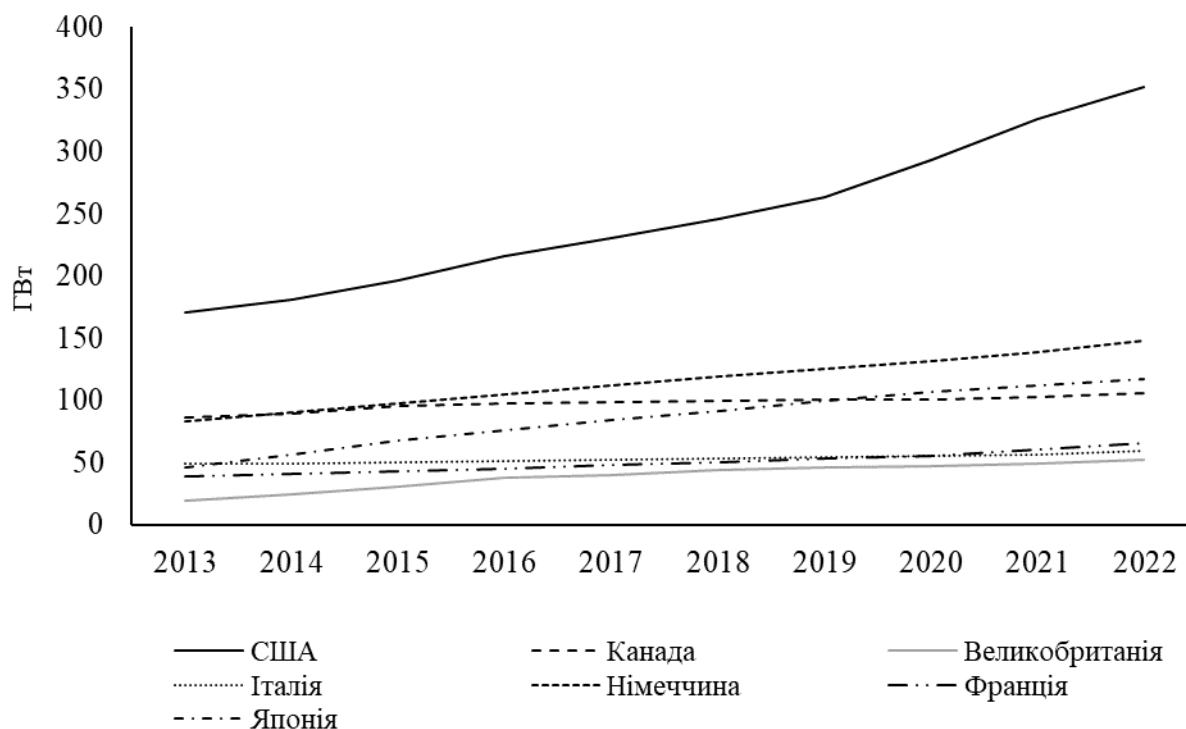


Рис. 1. Потужність відновлювальної енергетики у найбільш економічно розвинутих країнах ОЕСР, 2013-2022 рр.

Джерело: [15]

США значно випереджає країни ОЕСР за встановленою потужністю відновлювальної енергетики, що постійно збільшується в останні 10 років – від 170 ГВт у 2013 р. до 352 ГВт у 2022 р.. Німеччина та Канада також демонструють стабільний ріст, але з меншими темпами. Велика Британія, Італія та Франція мають менші потужності, проте відзначається позитивна динаміка росту. Японія продемонструвала найбільш вражаючий ріст з 46 ГВт у 2013 р. до 118 ГВт у 2022 р., завдяки активній підтримці галузі (рис. 1).

Загалом, на сім найбільших економік ОЕСР у 2022 році припадало 57,5% світових потужностей відновлювальної енергетики. Найбільше на США (22,4%) та Німеччину (9,5%). Але світовим лідером за цим показником є Китай – 34,4% світових потужностей.

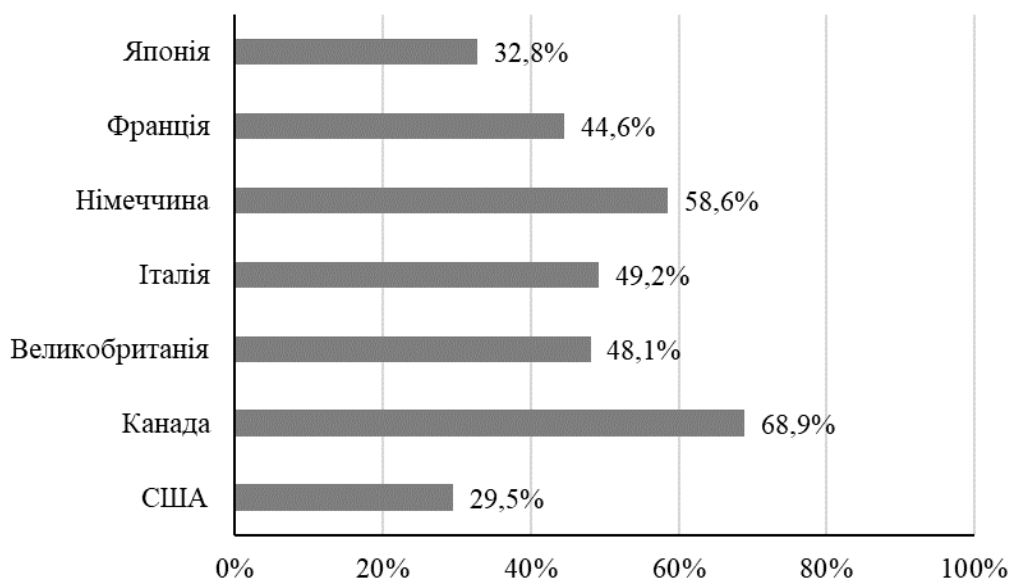


Рис. 2. Частка відновлювальної енергетики у загальних потужностях з виробництва електроенергії у найбільш економічно розвинутих країнах ОЕСР, 2022 р.

Джерело: [15]

Як видно з рис. 2, серед найбільш економічно розвинутих країн ОЕСР найбільшу частку відновлювальної енергетики в електроенергетичних потужностях має Канада – 68,9%, що можна пояснити значною кількістю гідроелектростанцій в країні. Німеччина займає друге місце з 58,6%, завдяки активному розвитку сонячної та вітрової енергетики, а також ефективній державній підтримці. Велика Британія (48,1%) та Італія (49,2%) мають схожі показники. Франція має частку 44,6%, основним джерелом електроенергії у цій країні є ядерна енергетика, але відбувається активний розвиток вітрових та сонячних електростанцій. Японія має показник 32,8%. Після аварії на АЕС Фукусіма-1 країна почала активно впроваджувати відновлювані джерела енергії, але цей процес тривалий, і тому поки що відсоток відновлюваної енергетики у загальних електроенергетичних потужностях є нижчим, ніж в інших розвинених країнах. США має найнижчий показник серед цієї групи країн – 29,5%. Це пов'язано з великими запасами вугілля та нафти, що використовуються для виробництва електроенергії.

Перед країнам, що планують розвивати відновлювальну енергетику стоїть

непросте завдання з розробки та реалізації державної політики у цій сфері та вибору найбільш ефективних інструментів стимулювання та підтримки. Серед таких інструментів: регуляторні інструменти (тендери, чистий облік електроенергії (net metering), вимоги обов'язкового використання енергії з відновлювальних джерел (renewable portfolio standard), галузеві стандарти та норми); ринкові інструменти (прямі інвестиції, зелені сертифікати, дозволи на викиди парникових газів); податкові та фінансові стимули (гранти та субсидії, позички, зелений тариф, податкові кредити та податкові знижки).

Одним із найбільш ефективних інструментів стимулювання відновлювальної енергетики вважаються фіскальні інструменти – податкові кредити та податкові знижки.

Одним із багатьох прикладів податкових стимулів є щорічний податковий кредит, який можуть отримати домогосподарства у США при використанні відновлювальних джерел енергії (вітрова, сонячна, геотермальна енергія) у житлових будинках. Кредит може складати 30% вартості встановленого обладнання. Кредит не підлягає поверненню, тому сума кредиту не може перевищувати суму податкових зобов'язань. Проте будь-який надлишок невикористаного кредиту можна перенести на майбутні роки і зменшити податкові виплати за його рахунок [166]. Починаючи з 2005 року у Франції також діє податковий кредит на закупівлю енергоефективного обладнання для приватних будинків з отриманням енергії з відновлювальних джерел [Ошибка! Источник ссылки не найден.7].

Поряд із податковими стимулами активно використовуються і різноманітні фінансові інструменти стимулювання і підтримки. Наприклад, у 2018 році уряд Великої Британії виділив 315 млн фунтів стерлінгів на створення Фонду енергетичної трансформації промисловості (Industrial Energy Transformation Fund, IETF). Фонд надає фінансову підтримку британським підприємствам для інвестування в енергоефективність та низьковуглецеві технології. IETF є частиною Стратегії чистого зростання уряду Великої Британії, яка встановлює довгостроковий план досягнення чистого та сталого економічного зростання [18]. У 2020 році у рамках Плану зростання

Канадського інфраструктурного банку було виділено 2,5 млрд канадських доларів на проекти спрямовані на підтримку виробництва та зберігання електроенергії з відновлюваних джерел, а також на передачу екологічно чистої електроенергії між провінціями, територіями та регіонами [19]. У 2021 році у США прийнято Закон про інвестиції в інфраструктуру та робочі місця (Infrastructure Investment and Jobs Act). Законом передбачено витрати на розвиток національної інфраструктури обсягом більше 1 трлн дол. США. Певна частина коштів буде витрачена на фінансування проектів у галузі відновлювальної енергетики [20]. Зокрема 1 млрд дол. США буде виділено на інвестиції у гідроенергетику, що забезпечує 37% виробництва електроенергії з відновлювальних джерел [21].

Спочатку з допомогою кластерного аналізу нами визначено місце України серед країн ОЕСР на основі обраних показників. На другому етапі використано регресійний аналіз на основі панельних даних для оцінки впливу фінансових та податкових ініціатив на розвиток ВДЕ.

Наше дослідження проводиться для країн ОЕСР (за винятком Коста-Ріки та України).

Перед проведенням кластерного аналізу для нормалізації даних було використано мінімаксний метод. Кожне значення змінної було перетворено на проміжок від 0 до 1, де мінімальне значення відповідає 0, а максимальне – 1. Це дозволило порівнювати різні змінні за їхнім відносним значенням і зменшити вплив масштабу даних на результати кластерного аналізу. Таким чином, дані були підготовлені для подальшого використання у кластерному аналізі, де буде визначено, в якому кластері знаходиться Україна.

Результати візуалізації початкового кластерного аналізу подано на рис. 3. Дендрограма є графічним інструментом, який допомагає нам розуміти подібність між країнами та їх групування.

Для розділення країн з нашої вибірки за обраними характеристиками, були використані два методи: Евклідова відстань та повний взаємозв'язок. Евклідова відстань вимірює відстань між країнами на основі їх числових характеристик. Повний взаємозв'язок, у свою чергу, враховує найбільш

віддалені точки між кластерами при обчисленні відстані між ними.

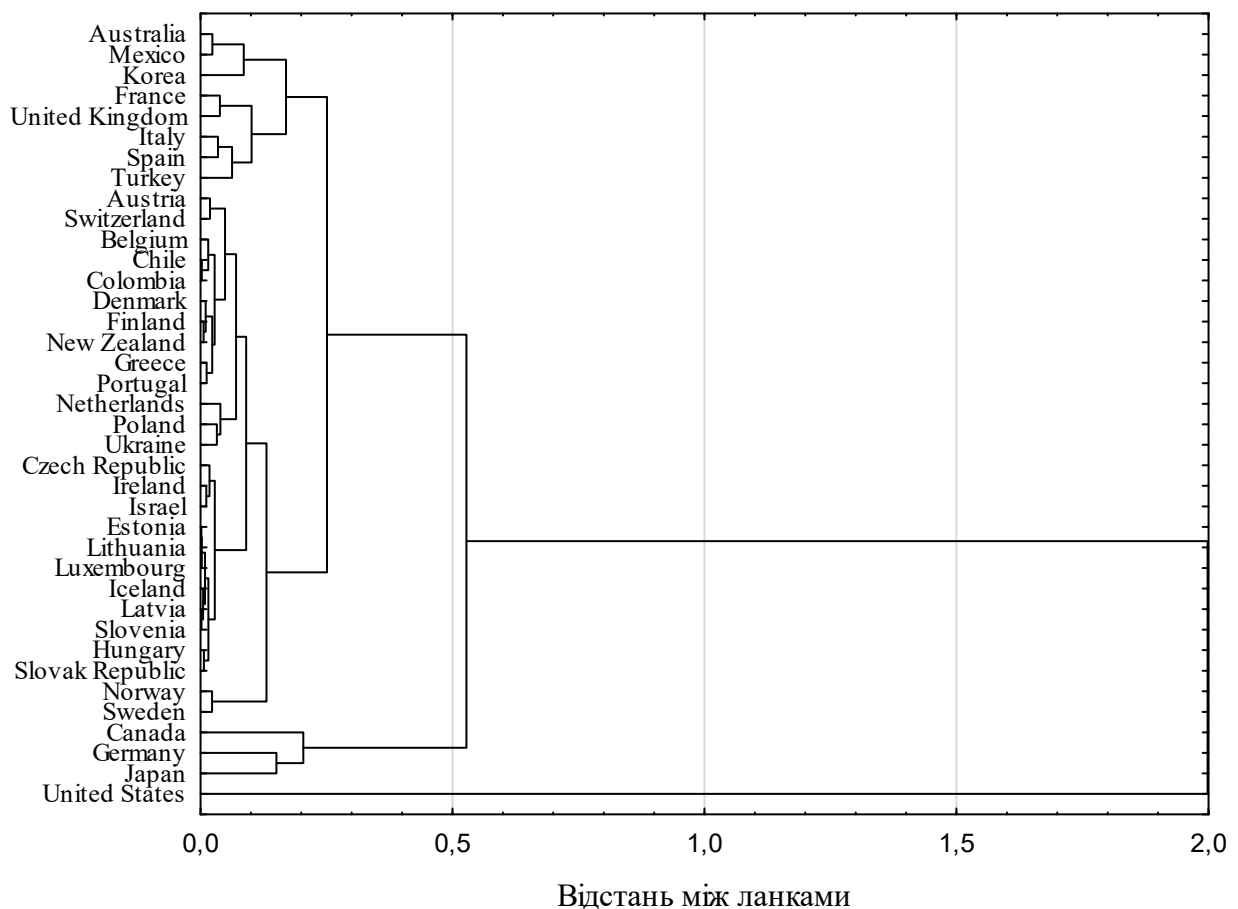


Рис. 3. Деревоподібна діаграма для 38 країн

Джерело: побудовано авторами

Аналіз таблиці Евклідових відстаней між кластерами допомагає встановити ступінь подібності або відмінності між кластерами на основі вибраних змінних. Відстані можуть слугувати орієнтиром для подальшого визначення кластерної структури і виявлення подібних груп об'єктів.

З огляду на значення відстаней між кластерами, можна стверджувати, що кластери 1 і 2, а також кластери 1 і 3, є досить віддаленими один від одного. Значення відстаней між ними досить великі, що свідчить про різницю у характеристиках чи властивостях країн, які вони представляють.

З іншого боку, кластери 2 і 3 мають найменшу відстань між собою, що вказує на схожість у характеристиках чи властивостях країн, які вони включають. Це може свідчити про те, що ці кластери мають спільні риси або можуть бути близькими за географічним положенням, економічним розвитком

чи іншими параметрами.

Таблиця 1. Евклідові відстані між кластерами

Номер кластеру	1	2	3
1	0,000000	0,734986	0,951215
2	0,857313	0,000000	0,017782
3	0,975303	0,133350	0,000000

Джерело: розраховано авторами

У таблиці 2 наведено середні значення змінних для кожного з трьох кластерів, виділених раніше. Зауважимо, що для змінної «Встановлена потужність ВДЕ» (Installed Renewable Power Capacity) середнє значення в Кластері 1 становить 1,000000, що свідчить про високий рівень встановленої потужності ВДЕ в цьому кластері. У порівнянні з цим, середні значення в Кластері 2 і Кластері 3 становлять 0,256779 та 0,037955 відповідно, що інтерпретується як нижчий рівень встановленої потужності ВДЕ у цих кластерах. При аналізі змінної «ВВП» (GDP) можна помітити, що середнє значення в Кластері 1 складає 1,000000, що свідчить про високий рівень ВВП в цьому кластері. У порівнянні з цим, середні значення в Кластері 2 і Кластері 3 становлять 0,117385 та 0,018243 відповідно, що інтерпретується як нижчий рівень ВВП у цих кластерах.

Подібно до цього, при розгляді змінної «Викиди CO₂» можна побачити, що середнє значення в Кластері 1 дорівнює 1,000000, що вказує на високі рівні викидів CO₂ у цьому кластері. Середні значення в Кластері 2 і Кластері 3 становлять 0,100353 та 0,021876 відповідно, що свідчить про менші викиди CO₂ у цих кластерах порівняно з Кластером 1.

Нарешті, за допомогою аналізу змінної «Споживання первинної енергії» можна встановити, що середнє значення в Кластері 1 становить 1,000000, що вказує на високий рівень споживання первинної енергії в цьому кластері. У порівнянні з цим, середні значення в Кластері 2 і Кластері 3 складають 0,106025 та 0,020839 відповідно, що інтерпретується як менший рівень споживання первинної енергії у цих кластерах.

Таблиця 2. Середні для кластерів

Змінна	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Встановлена потужність ВДЕ	1,000000	0,256779	0,037955
ВВП	1,000000	0,117385	0,018243
Викиди CO ₂	1,000000	0,100353	0,021876
Споживання первинної енергії	1,000000	0,106025	0,020839

Джерело: розраховано авторами

На основі поданих даних у таблиці 3 та аналізу дескриптивної статистики для трьох кластерів, ми сформували такі кластери.

Кластер 1: «Лідер». Цей кластер включає лише США, які відрізняються значною економічною потужністю, розвиненою інфраструктурою відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), великими викидами CO₂ та високим споживанням первинної енергії. США є світовим лідером у багатьох аспектах, що ілюструє їх домінування в цьому кластері.

Таблиця 3. Члени кластерів та відстані до їх центрів

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
США (0)	Канада (0,05353294) Франція (0,04113677) Німеччина (0,1040571) Італія (0,04605827) Японія (0,112857) Іспанія (0,05552978) Туреччина (0,06477521) Велика Британія (0,05277465)	Австралія (0,04594991) Австрія (0,01748811) Бельгія (0,003368173) Чилі (0,004754409) Колумбія (0,003757083) Чехія (0,01310498) Данія (0,01204226) Естонія (0,0246834) Фінляндія (0,01020959) Греція (0,00894554) Угорщина (0,01778954) Ісландія (0,02286805) Ірландія (0,01586426) Ізраїль (0,016744) Корея (0,08433113) Латвія (0,02387776) Литва (0,02418241) Люксембург (0,0252159) Мексика (0,04994835) Нідерланди (0,02063809) Нова Зеландія (0,01291323) Норвегія (0,0458964) Польща (0,02376682) Португалія (0,01081329) Словаччина (0,02056899) Словенія (0,02345802) Швеція (0,03561124) Швейцарія (0,01697681) Україна (0,01355823)

Джерело: розраховано авторами

Кластер 2: «Великі економіки з розвинуеною інфраструктурою ВДЕ». Цей кластер містить 8 країн, які є важливими глобальними економічними гравцями з розвинуеною інфраструктурою ВДЕ. Вони активно інвестують у зелену енергетику та мають значну встановлену потужність ВДЕ. Водночас вони продовжують здійснювати високі рівні викидів CO₂ та споживати багато первинної енергії через свою промисловість та інфраструктуру.

Кластер 3: «Країни з менш розвинуеною інфраструктурою ВДЕ». Кластер 3 містить 29 країн з різним рівнем економічного розвитку та інфраструктури ВДЕ. Ці країни мають меншу встановлену потужність ВДЕ, нижчі показники ВВП, менше викидів CO₂ та споживання первинної енергії порівняно з кластером 2. У цьому кластері можна знайти країни з різними потенціалами для розвитку ВДЕ, залежно від їх економічних можливостей та політичної волі.

Запропоновані назви відображають основні характеристики кожного кластера та допомагають краще зрозуміти, як різні країни групуються за такими показниками, як встановлена потужність ВДЕ, ВВП, викиди CO₂ та споживання первинної енергії.

Щодо України, вона належить до кластеру 3. Україна має невелику встановлену потужність ВДЕ, нижчі від середніх значень ВВП, викидів CO₂ та споживання первинної енергії у порівнянні з країнами кластеру 2. Україна має потенціал для розвитку відновлюваних джерел енергії, що може покращити її енергетичну безпеку та знизити вплив на навколишнє середовище. Проте, для досягнення цього потрібні суттєві інвестиції, адекватна регуляторна політика та державна підтримка. Україна може навчитися від інших країн у своєму кластері або кластері 2 щодо успішних практик розвитку відновлюваної енергетики та переходу до сталих форм енергозабезпечення.

Після проведення кластерного аналізу, який допоміг виділити групи країн зі схожими характеристиками щодо розвитку відновлюваної енергетики, наступним кроком є перехід до аналізу панельних даних. Цей аналіз дасть змогу оцінити взаємозв'язки між змінними, на основі яких були сформовані кластери, а також змінними, які характеризують фінансові та податкові стимули розвитку ВДЕ в кожній країні.

Для аналізу панельних даних було включено змінні, на основі яких проводився кластерний аналіз, а також фіктивні змінні для позначення відповідних ініціатив. Їх опис у таблиці 4.

Таблиця 4. Змінні регресійного аналізу

№	Назва змінної	Пояснення	Джерело даних
1.	IREC	Встановлена потужність ВДЕ, МВт/год	IRENA
2.	GDP	ВВП, млрд дол США	WDI
3.	CO2 emissions	Викиди CO ₂ , млн тон	BP STATS
4.	PrimEnergyCons	Споживання первинної енергії, ексаджоулі	BP Stats
5.	InvProdTaxCredits	Інвестиційні або виробничі податкові кредити	REN21
6.	TaxReductions	Зниження податків на продаж, енергію, викиди CO ₂ , ПДВ або інших податків	REN21
7.	EnergyProdPayment	Оплата за виробництво енергії	REN21
8.	PublicInvestment	Державні інвестиції, позички, гранти, капітальні субсидії або знижки	REN21

Джерело: розраховано авторами

Додатково пояснимо змінні, які позначають політики стимулювання ВДЕ.

Інвестиційні або виробничі податкові кредити – це стимули, що надаються урядом для заохочення інвестицій у проекти або виробництво енергії з відновлюваних джерел. Зазвичай вони передбачають податкові кредити або відрахування, які зменшують податкові зобов'язання для фізичних осіб або компаній, що займаються виробництвом відновлюваної енергії. Ці кредити мають на меті стимулювати інвестиції у сектор відновлюваної енергетики, роблячи його більш інвестиційно привабливим.

Зниження податків на продаж, енергію, викиди CO₂, ПДВ або інших податків. Маються на увазі різні види податкових знижок або звільнень, які спеціально спрямовані на сприяння розвитку відновлюваної енергетики. Ці зниження можуть включати звільнення від податку з продажу або податку на додану вартість (ПДВ) на обладнання або послуги, пов'язані з відновлюваною енергетикою. Крім того, для виробників відновлюваної енергії можуть бути знижені енергетичні податки або податки, пов'язані з викидами CO₂. Ці заходи спрямовані на зниження фінансового навантаження та підвищення конкурентоспроможності відновлюваних джерел енергії порівняно з традиційною енергією на основі викопного палива.

Оплата за виробництво енергії – це фінансовий стимул, що надається виробникам відновлюваної енергії на основі кількості енергії, яку вони виробляють. Як правило, це плата за одиницю виробленої енергії і призначена для забезпечення стабільного потоку доходу та підтримки економічної життєздатності проектів з відновлюваної енергетики. Платежі за виробництво енергії можуть надаватися урядами, комунальними підприємствами або іншими суб'єктами з метою сприяння виробництву енергії з відновлюваних джерел та забезпечення стабільного прибутку на інвестиції для виробників відновлюваної енергії.

Державні інвестиції, позики, гранти, капітальні субсидії або знижки – це форми фінансової підтримки, що надаються урядом або державними установами для сприяння розвитку відновлюваної енергетики. Державні інвестиції можуть включати пряме фінансування проектів з відновлюваної енергетики або ініціатив у сфері досліджень і розробок. Позики та гранти передбачають фінансову допомогу, яку не потрібно повертати або повертати лише частково, тоді як капітальні субсидії або знижки пропонують фінансові стимули або відшкодування для певних інвестицій у відновлювану енергетику або установок. Ці заходи спрямовані на залучення приватних інвестицій, стимулювання інновацій та прискорення впровадження технологій відновлюваної енергетики.

Для оцінки впливу фінансових та податкових стимулів на розвиток відновлюваної енергетики та відповідних екологічних показників ми використовуємо методи множинної лінійної регресії, а саме моделі з фіксованими та випадковими ефектами. Моделі з фіксованими ефектами дозволяють врахувати невимірювані індивідуальні характеристики країн, що можуть впливати на залежні змінні. Відповідно, моделі з випадковими ефектами передбачають, що індивідуальні ефекти країн є некорельованими з пояснювальними змінними.

Ми пропонуємо наступні гіпотези для аналізу:

- H1: Інвестиційні та виробничі податкові кредити (InvProdTaxCredits) позитивно впливають на встановлену потужність відновлюваної

електроенергетики (IREC).

- H2: Знижки на продаж, енергію, CO₂, ПДВ або інші податки (TaxReductions) позитивно впливають на встановлену потужність відновлюваної електроенергетики (IREC).
- H3: Виплата за виробництво енергії (EnergyProdPayment) позитивно впливає на встановлену потужність відновлюваної електроенергетики (IREC).
- H4: Державні інвестиції, кредити, гранти, капітальні субсидії або знижки (PublicInvestment) позитивно впливають на встановлену потужність відновлюваної електроенергетики (IREC).

Ці гіпотези обрані на основі того, що фінансові та податкові стимули можуть сприяти розвитку відновлюваної енергетики, забезпечуючи стимулювання для приватного сектору та домогосподарств інвестувати в такі проекти. Враховуючи глобальні зусилля зі зменшення викидів парникових газів та переходу до більш сталого розвитку, фінансові та податкові стимули можуть відігравати важливу роль у забезпеченні цієї мети.

Для оцінки вищезазначених гіпотез ми використовуємо панельні дані з фіксованими та випадковими ефектами. Фіксовані ефекти дозволяють врахувати індивідуальні характеристики країн, які можуть бути корельованими з пояснювальними змінними, але залишаються сталими протягом часу. Випадкові ефекти, з іншого боку, передбачають, що індивідуальні ефекти країн є некорельованими з пояснювальними змінними. Ми також розглядаємо звичайний МНК для порівняння з фіксованими та випадковими ефектами.

Модель для оцінки впливу фінансових та податкових стимулів на встановлену потужність відновлюваної електроенергетики може бути записана наступним чином:

$$\text{IREC_MW_it} = \alpha_i + \beta_1 * \text{InvProdTaxCredits_it} + \beta_2 * \text{TaxReductions_it} + \beta_3 * \text{EnergyProdPayment_it} + \beta_4 * \text{PublicInvestment_it} + \beta_5 * \text{GDP_it} + \beta_6 * \text{CO}_2_\text{emissions_it} + \beta_7 * \text{NetElecCons_perCapita_it} + \beta_8 * \text{PrimEnergyCons_it} + \varepsilon_it \quad (1)$$

де i - відповідає країні, t - року, α_i - індивідуальний ефект для кожної країни, $\text{InvProdTaxCredits_it}$, TaxReductions_it , $\text{EnergyProdPayment_it}$, та

PublicInvestment_it - змінні фінансових та податкових стимулів. Змінні GDP_it, CO2_emissions_it, NetElecCons_perCapita_it та PrimEnergyCons_it використовуються в якості контрольних змінних, що дозволяє врахувати додаткові фактори, які можуть впливати на встановлену потужність відновлюваної електроенергетики.

Використовуючи дані з 2010 по 2021 рік, ми оцінюємо вказану модель за допомогою МНК, фіксованих та випадкових ефектів, щоб визначити, які з фінансових та податкових стимулів найбільше сприяють розвитку відновлюваної енергетики та зменшенню викидів CO2.

Таблиця 5. Описова статистика ключових змінних

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
IREC	418	9.133797	1.562309	4.93446	12.69278
GDP	418	12.94043	1.520644	9.599101	16.91825
CO2_emissions	418	4.580159	1.538684	.9199431	8.58456
PrimEnergyCons	418	.6991649	1.453931	-1.94067	4.560575
InvProdTax	418	.4617225	.4991301	0	1
TaxReducti	418	.7248804	.4471097	0	1
EnergyProd	418	.1698565	.3759566	0	1
PublicInve	418	.9043062	.2945233	0	1

Джерело: розраховано авторами

Ми провели оцінку впливу змінних з використанням моделі об'єднаної регресії, фіксованих та індивідуальних ефектів. Результати тесту Хаусмана ($\chi^2(5) = 36,79$, Prob > $\chi^2 = 0,0000$, p-значення (Prob > χ^2) 0,0000) дозволили відхилити нульову гіпотезу на користь альтернативної, що свідчить про систематичну різницю між коефіцієнтами. У нашому випадку модель з фіксованими ефектами краще описує залежності між змінними.

Таблиця 6. Оцінені коефіцієнти моделі з фіксованими ефектами

IREC	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
GDP	.833447	.1187118	7.02	0.000	.6000228	1.066871
CO2 emissions	-3.303817	.2645707	-12.49	0.000	-3.824045	-2.783589
PrimEnergyCons	3.354764	.392705	8.54	0.000	2.582585	4.126944
EnergyProdPayment	.2973641	.0663228	4.48	0.000	.1669528	.4277754
PublicInvestment	.1667419	.0644207	2.59	0.010	.0400709	.2934129
cons	10.93381	1.921587	5.69	0.000	7.155377	14.71225

Джерело: розраховано авторами

Результати моделі з фіксованими ефектами демонструють значущість усіх змінних на 5% рівні значущості. Ці результати можна інтерпретувати

наступним чином:

Збільшення ВВП на 1 одиницю призводить до збільшення встановленої потужності відновлюваної електроенергії (IREC) на 0,8334 одиниць, утримуючи інші змінні постійними. Це свідчить про позитивний вплив економічного зростання на розвиток відновлюваної енергетики.

Збільшення викидів CO₂ на 1 мільйон тон призводить до зменшення IREC на 3,3038 одиниць, утримуючи інші змінні постійними. Це може свідчити про те, що країни з вищим рівнем викидів вуглецю активніше стимулюють відновлювану енергетику, щоб зменшити свої викиди.

Збільшення споживання первинної енергії на 1 ексаджоуль призводить до збільшення IREC на 3,3548 одиниць, утримуючи інші змінні постійними. Це підкреслює важливість енергетичного сектора для розвитку відновлюваної енергетики.

Збільшення стимулів у вигляді виплат за виробництво енергії на 1 одиницю призводить до збільшення IREC на 0,2974 одиниць, утримуючи інші змінні постійними. Це свідчить про позитивний вплив таких стимулів на розвиток відновлюваної енергетики.

Збільшення державних інвестицій на 1 одиницю призводить до збільшення IREC на 0,1667 одиниць, утримуючи інші змінні постійними. Це підкреслює значущість державної підтримки для розвитку відновлюваної енергетики через державні інвестиції, кредити, гранти або знижки.

Результати моделі з фіксованими ефектами вказують на те, що економічне зростання, рівень викидів CO₂, споживання первинної енергії, виплати за виробництво енергії та державні інвестиції мають важливе значення для розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема, стимули у вигляді виплат за виробництво енергії та публічні інвестиції відіграють ключову роль у забезпеченні росту відновлюваної енергетики, а також сприяють досягненню цілей зниження викидів парникових газів та забезпеченню сталого енергетичного розвитку. Враховуючи ці результати, держави повинні продовжувати активно застосовувати такі інструменти, щоб стимулювати розвиток відновлюваної енергетики та досягти своїх кліматичних цілей.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Результати дослідження підтверджують важливість фінансових та податкових стимулів для розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема, виплати за виробництво енергії та державні інвестиції виявилися значущими чинниками, що сприяють росту відновлюваної енергетичної галузі.

У майбутніх дослідженнях можна більш детально проаналізувати вплив різних видів стимулів на рівні субнаціональних урядів, оскільки вони можуть мати відмінний вплив на розвиток відновлюваної енергетики. Крім того, буде корисно розглянути можливість адаптації досліджених політик у різних країнах з урахуванням місцевих особливостей та потреб енергетичного сектора.

Література

1. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
2. IEA (2021). Global Energy Review 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>.
3. Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling*. Volume 61. February 2017. Pp 439-447. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012>.
4. Martinez-Anido, C. B., Brinkman, G., & Hodge, B. (2016). The impact of wind power on electricity prices. *Renewable Energy*. Vol. 94. Pp. 474–487. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.053>.
5. Kahia, M., Kadria, M., & Aissa, M. S. Ben. (2016). What impacts of renewable energy consumption on CO2 emissions and the economic and financial development? A panel data vector autoregressive (PVAR) approach. In *7th*

International Renewable Energy Congress (IREC). Pp. 1-6. DOI: 10.1109/IREC.2016.7478912.

6. Khobai, H., & Roux, P. Le. (2018). Does renewable energy consumption drive economic growth: Evidence from Granger-causality technique. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 8. No. 2. Pp. 205–212. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeeep/article/view/5380>.

7. Shrimali, G., & Kniefel, J. (2011). Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources. *Energy Policy*. Vol. 39. Issue 9. Pp. 4726-4741. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:enepol:v:39:y:2011:i:9:p:4726-4741>.

8. Marques, A.C., & Fuinhas, J.A. (2012). Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. *Renewable Energy*. Vol. 44. Pp.109-118. DOI:10.1016/j.renene.2012.01.007.

9. Cox, S. (2016). Financial Incentives To Enable Clean Energy Deployment: Policy Overview And Good Practices. National Renewable Energy Lab, United States. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65541.pdf>.

10. Fowler, L., & Breen, J. (2014). Political Influences and Financial Incentives for Renewable Energy. *The Electricity Journal*. Vol. 27(1). Pp.74-84. DOI:10.1016/j.tej.2013.12.006.

11. Harrison, B. (2015). Expanding the renewable energy industry through tax subsidies using the structure and rationale of traditional energy tax subsidies. *University of Michigan Journal of Law Reform*. Vol. 48(3). Pp. 845-877. <https://doi.org/10.36646/mjlr.48.3.expanding>.

12. Yoshino, N., & Taghizadeh'Hesary, F. (2018). Alternatives to Private Finance: Role of Fiscal Policy Reforms and Energy Taxation in Development of Renewable Energy Projects. Chapter in “Financing for Low-carbon Energy Transition”. DOI: 10.1007/978-981-10-8582-6_13.

13. Nicolini, M., & Tavoni, M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. Vol. 74. Pp.412-423. DOI: 10.1016/j.rser.2016.12.032.

14. IRENA and CPI (2023). Global landscape of renewable energy finance, 2023. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023>.
15. IRENA (2023). Renewable Capacity Statistics 2023. URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>.
16. IRS (2023). Residential Clean Energy Credit. URL: <https://www.irs.gov/credits-deductions/residential-clean-energy-credit>
17. Légifrance (2020). Code général des impôts: Crédit d'impôt pour la transition énergétique. URL: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042910306
18. The website for the UK government (2019). The Industrial Energy Transformation Fund. URL: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-energy-transformation-fund..>
19. Canada Infrastructure Bank (2020). Press release on the Growth Plan. URL: <https://cib-bic.ca/en/medias/articles/prime-minister-announces-infrastructure-plan-to-create-jobs-and-grow-the-economy/>
20. U.S. Congress legislation (2021). Public Law No: 117-58 (11/15/2021). “Infrastructure Investment and Jobs Act”. URL: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/3684>
21. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2022). How the Bipartisan Infrastructure Law Will Energize America With Water Power. URL: <https://www.energy.gov/eere/water/articles/how-bipartisan-infrastructure-law-will-energize-america-water-power>

References

1. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and Zhou, B. (2021), IPCC Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896>.

2. IEA (2021), “Global Energy Review 2021”, available at:
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021> (Accessed 24 April 2023).

3. Garrett-Peltier, H. (2017), “Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model”, *Economic Modelling*, Volume 61, Pp 439-447.
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012>.

4. Martinez-Anido, C. B., Brinkman, G., & Hodge, B. (2016), “The impact of wind power on electricity prices”, *Renewable Energy*, vol. 94, pp. 474–487.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.053>.

5. Kahia, M., Kadria, M., & Aissa, M. S. Ben. (2016), “What impacts of renewable energy consumption on CO2 emissions and the economic and financial development? A panel data vector autoregressive (PVAR) approach”, In *7th International Renewable Energy Congress (IREC)*, Pp. 1-6. DOI: 10.1109/IREC.2016.7478912.

6. Khobai, H., & Roux, P. Le. (2018), “Does renewable energy consumption drive economic growth: Evidence from Granger-causality technique”, *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 8, No. 2, pp. 205–212, Available at: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/5380> (Accessed 24 April 2023).

7. Shrimali, G., & Kniefel, J. (2011), “Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources”, *Energy Policy*, vol. 39, Issue 9, pp. 4726-4741, Available at: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:enepol:v:39:y:2011:i:9:p:4726-4741> (Accessed 26 April 2023).

8. Marques, A.C., & Fuinhas, J.A. (2012), “Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries”, *Renewable Energy*, vol. 44, pp.109-118. DOI:10.1016/j.renene.2012.01.007.

9. Cox, S. (2016), “Financial Incentives To Enable Clean Energy

Deployment: Policy Overview And Good Practices”, National Renewable Energy Lab, United States, Available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65541.pdf> (Accessed 26 April 2023).

10. Fowler, L., & Breen, J. (2014), “Political Influences and Financial Incentives for Renewable Energy”, *The Electricity Journal*, vol. 27(1), Pp.74-84. DOI:10.1016/j.tej.2013.12.006.

11. Harrison, B. (2015), “Expanding the renewable energy industry through tax subsidies using the structure and rationale of traditional energy tax subsidies”, *University of Michigan Journal of Law Reform*, vol. 48(3), Pp. 845-877. <https://doi.org/10.36646/mjlr.48.3.expanding>.

12. Yoshino, N., & Taghizadeh'Hesary, F. (2018), “Alternatives to Private Finance: Role of Fiscal Policy Reforms and Energy Taxation in Development of Renewable Energy Projects”, Chapter in “*Financing for Low-carbon Energy Transition*”. DOI: 10.1007/978-981-10-8582-6_13.

13. Nicolini, M., & Tavoni, M. (2017), “Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, vol. 74, pp.412-423. DOI: 10.1016/j.rser.2016.12.032.

14. IRENA and CPI (2023), “Global landscape of renewable energy finance, 2023”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Available at: <https://www.irena.org/Publications/2023/Feb/Global-landscape-of-renewable-energy-finance-2023> (Accessed 27 April 2023).

15. IRENA (2023), “Renewable Capacity Statistics 2023”, Available at: <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023> (Accessed 27 April 2023).

16. IRS (2023), “Residential Clean Energy Credit”, Available at: <https://www.irs.gov/credits-deductions/residential-clean-energy-credit> (Accessed 26 April 2023).

17. Légifrance (2020), “Code général des impôts: Crédit d'impôt pour la transition énergétique”, Available at: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042910306 (Accessed 26 April 2023).

18. The website for the UK government (2019), “The Industrial Energy Transformation Fund”, Available at: <https://www.gov.uk/government/collections/industrial-energy-transformation-fund> (Accessed 28 April 2023).

19. Canada Infrastructure Bank (2020), “Press release on the Growth Plan”, Available at: <https://cib-bic.ca/en/medias/articles/prime-minister-announces-infrastructure-plan-to-create-jobs-and-grow-the-economy/> (Accessed 28 April 2023).

20. U.S. Congress legislation (2021), Public Law No: 117-58 (11/15/2021), “Infrastructure Investment and Jobs Act”, Available at: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/3684> (Accessed 28 April 2023).

21. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2022), “How the Bipartisan Infrastructure Law Will Energize America With Water Power”, Available at: <https://www.energy.gov/eere/water/articles/how-bipartisan-infrastructure-law-will-energize-america-water-power> (Accessed 28 April 2023).

Стаття надійшла до редакції 15.05.2023 р.