

УДК 620.9.001.12/.18, 620.9:338; 620.9:658;
620.9:338.26; 620.9.001.18, 620.9:662.6
№ держреєстрації 0122U001233
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет (СумДУ)
40017, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2
тел. (0542) 330172, факс (0542) 334058, e-mail: kanc@sumdu.edu.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор СумДУ
д. екон. н., професор
С. В. ЛЕОНОВ

28.11.2023 р.

ЗВІТ

про науково-дослідну роботу
за договором від 01 травня 2023 року № 116/0040

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

грантова підтримка Національного фонду досліджень України
у межах конкурсу «Наука для безпеки і сталого розвитку України»

(проміжний)

Етап 1. Розроблення теоретичних основ управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах. Удосконалення методичних підходів до визначення драйверів розвитку відновлюваної енергетики у побутовому секторі та до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу для об'єктів «зеленої» енергетики домогосподарств

Науковий керівник НДР,
головний науковий співробітник,
д. екон. н., професор



О. М. ТЕЛІЖЕНКО

2023

Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від 28 листопада 2023 року № 8

СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник НДР,
головний науковий
співробітник,
д. екон. н., проф.



23.11.2023

О. М. ТЕЛІЖЕНКО
(реферат; вступ;
підрозділ 1.3; розділи 2-
3; висновки)

**Відповідальний
виконавець,**
провідний науковий
співробітник,
к. екон. н., доц.



23.11.2023

Т. О. КУРБАТОВА
(розділи 3,7; підрозділи
1.1-1.2; 1.4-1.5)

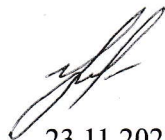
Виконавці:
Старший науковий
співробітник,
д. екон. н., доц.



23.11.2023

У. Є. ПИСЬМЕННА
(розділ 6)

Старший науковий
співробітник,
к. екон. н., доц.



23.11.2023

Є. В. КОВАЛЕНКО
(розділ 2; підрозділ 3.3)

Старший науковий
співробітник,
к. екон. н., доц.



23.11.2023

О. Вік. КУБАТКО
(розділ 5; підрозділи
3.2, 6.5)

Науковий співробітник,
к. екон. н., с.н.с.



23.11.2023

Г. С. ТРИПОЛЬСЬКА
(розділ 4)

Інженер I категорії,
к. екон. н.



23.11.2023

С. М. ЛИТВИНЕНКО
(підрозділ 2.2)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 251 с., містить 7 розділів, 31 табл., 25 рис., 337 джерел.

Об'єкт дослідження – організаційно-економічні механізми стимулювання підвищення енергоефективності та розвитку відновлюваної енергетики в домогосподарствах України.

Предмет дослідження – економічні відносини, що виникають у побутовому секторі із приводу генерації, транспортування, розподілу та споживання енергії із застосуванням енергоефективних технологій та технологій відновлюваної енергетики.

Мета роботи – розроблення теоретичних основ управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах, а також удосконалення методичних підходів до визначення драйверів розвитку відновлюваної енергетики у побутовому секторі та до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу для об'єктів відновлюваної енергетики домогосподарств.

Методи дослідження – факторний, порівняльний і бібліометричний аналізи, графічні методи, економіко-математичне моделювання, методики Levelized Cost of Electricity, Weighted Average Cost of Capital, економічної оцінки інвестиційних проектів.

Результати та їх новизна:

удосконалено: теоретико-правові і концептуальні засади управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах з урахуванням специфіки енергоспоживання/енергогенерації та викликів національній енергетичній безпеці; підходи до визначення організаційно-правових форм залучення домогосподарств до прос'юмеризму в рамках Четвертого енергетичного пакету Європейського Союзу; методичні підходи до визначення факторів-стимуляторів і дестимуляторів підвищення енергоефективності у побутовому секторі шляхом економіко-математичного моделювання; методичні підходи до визначення ключових драйверів розвитку відновлюваної енергетики в домогосподарствах шляхом стохастичного моделювання панельних даних з застосуванням методу випадкових чи фіксованих ефек-

тів; методичні підходи до визначення економічних драйверів «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів для децентралізації енергозабезпечення; методичні підходи до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу для домогосподарств з урахуванням встановленої потужності енергооб'єктів, структури інвестиційних витрат, строків окупності проєктів тощо;

дістало подальшого розвитку: систематизація світових трендів розвитку енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах методами бібліометричного аналізу; науково-методичні підходи до оцінювання енергоефективності домогосподарств на основі методу оцінки економічної ефективності «результат/витрати»; підходи до систематизації принципів та інструментів реалізації політики енергоефективності з урахуванням специфіки побутового енергоспоживання, напрямів просторового розвитку населених пунктів, структури енергогенерації тощо; напрями підвищення енергоефективності та розбудови відновлюваної енергетики у домогосподарствах України, які передбачають стимулювання розвитку виробництва вітчизняного обладнання, оптимізацію «зеленого» тарифу, запровадження гарантій походження «зеленої» електроенергії тощо; підходи до обґрунтування економічної доцільності переходу домогосподарств на нову схему державної підтримки (net-billing); науково-обґрунтовані рекомендації щодо стимулювання прос'юмеризму у побутовому секторі.

Впровадження результатів НДР: результати досліджень використовуються у навчальному процесі Сумського державного університету (акт від 15.11.2023 р.) та можуть бути впроваджені у діяльність Комітету Верховної Ради з питань енергетики та житлово-комунальних послуг, Національної комісії, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України для удосконалення чинного законодавства у сфері управління енергоефективністю та розвитком відновлюваної енергетики у домогосподарствах.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА, ДОМОГОСПОДАРСТВО, ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, «ЗЕЛЕНИЙ» ТАРИФ, НОРМОВАНА ВАРТІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, СТАЛИЙ РОЗВИТОК.

ABSTRACT

Report SRW: 251 p., there are: 7 chapters, 31 tables, 25 draw., 337 sour.

Research object is organizational and economic mechanisms for promoting energy efficiency growth and renewable energy development in Ukraine's households.

Research subject is economic relations arising in the process of generation, transportation, distribution, and consumption of energy using energy-efficient and renewable power technologies in the residential sector.

Purpose of work is to develop the theoretical foundations of managing energy efficiency and renewable energy development in the residential sector, as well as to improve methodological approaches to determining the drivers of developing renewable energy in households and to calculating the optimal level of the feed-in tariff for households' renewable energy facilities.

Research methods are factorial, comparative and bibliometric analyses, graphic methods, economic-mathematical modeling, methods of Levelized Cost of Electricity, Weighted Average Cost of Capital and economic evaluation of investment projects.

Results and novelty:

improved: theoretical, legal, and conceptual principles of managing energy efficiency and renewable energy development in households, considering the specifics of energy consumption/generation and challenges to national energy security; approaches to determining the organizational and legal forms of involving households in prosumerism under the Fourth Energy Package the European Union; methodological approaches to determining stimulators and de-stimulators of increasing energy efficiency in the residential sector using economic and mathematical modeling; methodological approaches to determining the key drivers of renewable energy development in households through stochastic modeling of panel data using the random or fixed effects method; methodological approaches to determining the economic drivers of households' green transformations into prosumers for decentralizing energy supply; methodological approaches to

calculating the optimal level of the feed-in tariff for households, considering the installed capacity of the renewable energy facility, the structure of investment costs, payback periods of projects, etc.;

got further development: systematization of global trends in energy efficiency and renewable energy development in households using methods of bibliometric analysis; scientific and methodological approaches to estimating energy efficiency of households based on the “result/cost” economic efficiency assessment method; approaches to systematizing principles and tools for implementing energy efficiency policy, considering the specifics of household energy consumption, directions of spatial development of settlements, the structure of energy generation, etc.; directions for increasing energy efficiency and developing renewable energy in Ukrainian households, which include promoting the development of domestic equipment production, optimizing the feed-in tariff, introducing guarantees of the origin of green electricity, etc.; approaches to substantiating the economic feasibility of households transition to a new state support scheme (net-billing); science-based recommendations for stimulating prosumerism in the household sector.

Implementation of the results of SRW: the research results are used in the educational process of Sumy State University (act dated 15.11.2023) and can be implemented in the activities of the Verkhovna Rada Committee on Energy, Housing and Utilities Services, the National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities of Ukraine, the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine to improve the regulatory framework in the field of energy efficiency management and renewable energy development in households.

Keywords: RENEWABLE ENERGY, HOUSEHOLD, ECONOMIC MECHANISMS, ENERGY EFFICIENCY, FEED-IN TARIFF, NORMALIZED COST OF ELECTRICITY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВЕ ТА ЕЕ У	
ДОМОГОСПОДАРСТВАХ: БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ	19
1.1 Аналіз досліджень у SciVal.....	22
1.2 Бібліометричний аналіз за допомогою інструменту Scopus «Analyze search results»	29
1.3 Бібліометричний аналіз за допомогою інструменту Web of Science «Analyse results»	33
1.4 Бібліометричний аналіз з використанням пакету VOSviewer	37
1.5 Перспективні напрями розвитку ЕЕ та ВЕ у контексті відбудови енергетичної інфраструктури побутового сектора України.....	49
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ УПРАВЛІННЯ	
РОЗВИТКОМ ЕЕ В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ.....	53
2.1 Концептуальні засади управління ЕЕ в побутовому секторі	53
2.2 Результати реалізації та напрямки вдосконалення державної політики щодо розвитку ЕЕ в домогосподарствах України	68
РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ УПРАВЛІННЯ	
РОЗВИТКОМ ВЕ В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ	81
3.1 Управління розвитком ВЕ в побутовому секторі України: нормативно-правові засади	81
3.2 Результати реалізації державної політики щодо розвитку ВЕ в домогосподарствах України.....	86
3.3 Напрями удосконалення державної політики для ефективного розбудови ВЕ у побутовому секторі України	90
РОЗДІЛ 4 РОЛЬ ДОМОГОСПОДАРСТВ В ЧЕТВЕРТОМУ	
ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ПАКЕТІ ЄС	101
4.1 Передумови впровадження Четвертого енергетичного пакету ЄС в домогосподарствах України.....	101

4.2 Європейський досвід формування енергетичних спільнот	104
4.3 Проблеми і перспективи впровадження різних схем підтримки ВЕ у домогосподарствах України.....	109
4.4 Перспективи розвитку енергетичних спільнот в Україні	118
РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ДРАЙВЕРІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕЕ	
ДОМОГОСПОДАРСТВ ТА РОЗВИТКУ ВЕ З ОЦІНКОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ	
124	
5.1 Методичні підходи до моделювання драйверів ВЕ та факторів зростання ЕЕ у побутовому секторі.....	124
5.2 Оцінювання факторів-стимуляторів і дестимуляторів за моделлю ЕЕ домогосподарств з регіональними ефектами та екологічним впливом.....	134
5.3 Практичні імплікації і обмеження щодо використання отриманих результатів моделювання	140
РОЗДІЛ 6 СТИМУЛЮВАННЯ «ЗЕЛЕНИХ» ТРАНСФОРМАЦІЙ	
ДОМОГОСПОДАРСТВ У ПРОС'ЮМЕРІВ	
144	
6.1 Поточні передумови розвитку малих виробників і прос'юмерів в Україні	144
6.2 Огляд драйверів розвитку прос'юмеризму	148
6.3 Бар'єри і механізми стимулювання розвитку прос'юмерів в Україні.	154
6.4 Оцінювання ефективності стимулів для прос'юмера	166
6.5 Рекомендації для стимулювання регіональних «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів.....	170
РОЗДІЛ 7 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ ЗТ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВЕ В СЕКТОРІ ДОМОГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ.....	
175	
7.1 Оцінювання вартості електроенергії, згенерованої об'єктами ВЕ в секторі приватних домогосподарств.....	176
7.2 Оцінка термінів окупності інвестиційних проектів ВЕ в секторі приватних домогосподарств	184

7.3 Методичні підходи до удосконалення методики розрахунку ЗТ для генеруючих потужностей ВЕ в секторі приватних домогосподарств	188
ВИСНОВКИ.....	192
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	202
ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ, ВИДАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ У 2023 РОЦІ.....	243
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НДР.....	250

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

LSOE - нормована вартість електроенергії

ВЕ – відновлювана енергетика

ВЕС – вітрова електростанція

ВВП – валовий внутрішній продукт

ВНД – валовий національний дохід

ЄС – Європейський Союз

ЕЕ – енергоефективність

ЕСКО – енергосервісна компанія

ЖБК – житлово-будівельний кооператив

ЗТ – «зелений» тариф

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирних будинків

ОСР – оператор системи розподілу

ПДВ – податок на додану вартість

ПКС – паритет купівельної спроможності

СЕС – сонячна електростанція

т.н.е. – тонна нафтового еквіваленту

ВСТУП

Сьогодні впровадження енергоефективних технологій та генеруючих потужностей «зеленої» енергетики у секторі приватних домогосподарств є одним із пріоритетних напрямів енергетичної політики багатьох країн світу. Україна також задекларувала стратегічні цілі щодо розвитку ВЕ та зростання ЕЕ в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, за якою, зокрема, планується збільшити частку ВЕ у кінцевому енергоспоживанні країни до 12% та 25% у 2025 та 2035 роках відповідно [1]. Для досягнення цих цілей у 2009 році урядом країни були впроваджені економічні механізми, спрямовані на заохочення генерації електроенергії з відновлюваних енергетичних джерел у бізнес-секторі, що обумовило розбудову виключно промислових «зелених» електростанцій. У 2014 році окремі механізми, зокрема ЗТ, були поширені на домогосподарства, однак вони засвідчили свою неефективність у частині відсутності диверсифікації відновлюваних джерел енергії у побутовому секторі та темпах розбудови ВЕ у ньому. Так, станом на початок 2021 року встановлена потужність об'єктів «зеленої» енергетики у домогосподарствах становила лише 8,4% від загальної встановленої потужності об'єктів ВЕ в Україні, з них більш ніж 98% були СЕС. Відсутність диверсифікації перешкоджає повноцінній реалізації потенціалу «зеленої» енергетики у побутовому секторі, гальмує використання місцевої сировинної бази відновлюваних енергетичних ресурсів тощо. Це вимагає подальшого вдосконалення механізмів управління розвитком ВЕ у домогосподарствах України.

Щодо стимулювання зростання ЕЕ, з 2014 року український уряд активно надає пільгові позики населенню через низку державних банків для впровадження енергозберігаючих заходів в рамках програми «теплих» кредитів [2]. Враховуючи значну фізичну зношеність житлового фонду країни, його високу енергоемність та енергетичну бідність українців, попит на такі позики в декілька разів перевищував обсяги щорічного державного

фінансування програми у довоєнний період. З початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну у лютому 2022 року житловий фонд опинився під постійними ударами ворога, зазнавши суттєвої руйнації. Російська армія продовжує знищувати цілі міста і селища, «звільняючи» їх мешканців від нормального життя. Через це багатократно зросла потреба у відбудові та ремонті житлового фонду, пошкодженого внаслідок бойових дій. Уряд, навіть в умовах ведення тривалої війни, виділяє кошти для компенсації населенню збитків, отриманих внаслідок пошкодження або руйнації житла, зокрема в рамках програми «Віднови дім» від Фонду ЕЕ [3]. Проте надзвичайно важливим при відбудові домівок українців є дотримання принципу «відбудуємо краще», який полягає насамперед у застосуванні енергоефективних та інноваційних «зелених» технологій при відновленні житла. Відтак, у поточних умовах потребує активного залучення існуючий величезний потенціал енергозбереження в домогосподарствах України, оскільки на сьогодні реалізованою є лише його незначна частина. Це, у свою чергу, вимагає реформування недосконалої чинної державної концепції управління підвищенням ЕЕ в секторі приватних домогосподарств. Реалізація енергоефективних заходів населенням та перехід до генерації енергії на основі ВЕ замість її споживання сприятиме вирішенню проблем забезпечення раціонального ресурсовикористання, децентралізації енергопостачання, декарбонізації національної економіки, зростанню енергетичної безпеки країни, зниженню енергетичної бідності населення та її негативних наслідків.

На сьогодні потребують вирішення концептуальні питання управління розвитком ЕЕ та ВЕ в побутовому секторі; обґрунтування оптимального ЗТ для малих енергооб'єктів домогосподарств; розроблення методик вибору оптимальних енергостратегій та інвестування в енергоефективні і «зелені» енерготехнології населенням; формування підходів до прогнозування впливу ЕЕ та розвитку ВЕ у домогосподарствах на декарбонізацію національної економіки й енергетичну бідність населення; розроблення організаційно-економічних механізмів формування енергетичних кооперативів та ін.

У зв'язку з вищевикладеним, мета науково-дослідної роботи «Розроблення економічних механізмів підвищення енергоефективності та сталого розвитку відновлюваної енергетики у домогосподарствах України» полягає в удосконаленні існуючих та запровадженні нових економічних механізмів підвищення ЕЕ і сталого розвитку ВЕ у секторі приватних домогосподарств, що забезпечують перетворення населення України зі споживачів енергії на прос'юмерів, які повністю задовольняють свої енергетичні потреби за рахунок власного енерговиробництва та енергоефективних заходів, а також спроможні забезпечувати енергією інших суб'єктів господарювання. Результати виконання першого етапу роботи викладені у цьому звіті.

Метою досліджень на першому етапі виконання науково-дослідної роботи стало розроблення теоретичних основ управління розвитком ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах, а також удосконалення методичних підходів до визначення драйверів розвитку ВЕ у побутовому секторі та до розрахунку оптимального рівня ЗТ для об'єктів «зеленої» енергетики домогосподарств.

Об'єктом дослідження є організаційно-економічні механізми стимулювання підвищення ЕЕ та розвитку ВЕ в домогосподарствах України. Предмет дослідження – економічні відносини, що виникають у побутовому секторі із приводу генерації, транспортування, розподілу та споживання енергії із застосуванням енергоефективних технологій та технологій ВЕ.

Методи дослідження – структурно-функціональний та причинно-наслідковий аналіз, системний і комплексний підходи, факторний і порівняльний аналіз, графічні методи, метод логічного узагальнення та бібліометричний аналіз (з використанням візуальних інструментів онлайн-платформи SciVal (Elsevier) та VOSviewer і залученням баз даних SCOPUS та Web of Science), методи економіко-математичного моделювання, методики Levelized Cost of Electricity, Weighted Average Cost of Capital, економічної оцінки інвестиційних проектів.

Відповідно до мети першого етапу науково-дослідної роботи були поставлені такі завдання:

- науково обґрунтувати теоретичні основи управління розвитком ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах на підставі вивчення кращого світового та вітчизняного досвіду, у тому числі методами бібліометричного аналізу;
- сформулювати найбільш перспективні напрями підвищення ЕЕ та розбудови «зеленої» енергетики у побутовому секторі України;
- оцінити роль домогосподарств у Четвертому енергетичному пакеті;
- визначити шляхом економіко-математичного моделювання фактори-стимулятори та дестимулятори підвищення ЕЕ приватних домогосподарств із виявленням регіональних ефектів та оцінкою екологічного впливу;
- розробити методичні підходи до визначення ключових драйверів розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств на основі стохастичного моделювання панельних даних;
- сформулювати рекомендації на регіональному рівні для стимулювання «зелених» трансформацій домогосподарств у просьюмерів на основі виявлених драйверів;
- розробити методичні підходи до розрахунку оптимального рівня ЗТ для об'єктів «зеленої» енергетики домогосподарств залежно від величини встановленої потужності, використовуваної енерготехнології, структури інвестиційних витрат як з позиції приватного домогосподарства (виробника електроенергії), так і з позиції держави (покупця електроенергії).

Звіт охоплює теоретичний і прикладний доробки авторського колективу, спрямовані на формування теоретичних засад управління розвитком ЕЕ та ВЕ в приватних домогосподарствах, удосконалення підходів до визначення драйверів розвитку ВЕ у побутовому секторі та обґрунтування розрахунку оптимального рівня ЗТ для об'єктів ВЕ домогосподарств. Здійснене також оприлюднення отриманих результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

- *удосконалено:*

– теоретико-правові і концептуальні засади управління розвитком ЕЕ та ВЕ в секторі приватних домогосподарств, які на відміну від існуючих враховують специфіку енергоспоживання та енергогенерації у побутовому секторі, потенціал енергозбереження і використання відновлюваних джерел енергії, сучасні виклики національній енергетичній безпеці та досягнуті результати державної політики в секторі;

– підходи до визначення організаційно-правових форм залучення домогосподарств до електрогенерації та самоспоживання в рамках Четвертого енергетичного пакету ЄС, відмінною рисою яких є імплементація концепції активного споживача, споживача відновлюваної енергії для власного споживання, громадянських та відновлюваних енергетичних спільнот, а також незалежних агрегаторів, що дозволило сформулювати рекомендації по вдосконаленню вітчизняного законодавства;

– методичні підходи до визначення факторів-стимуляторів і дестимуляторів підвищення ЕЕ у побутовому секторі шляхом економіко-математичного моделювання, відмінною рисою яких є врахування регіональних ефектів та оцінювання екологічної ефективності домогосподарств, що дозволило виявити та оцінити основні чинники впливу на зростання ЕЕ;

– методичні підходи до визначення ключових драйверів розвитку ВЕ в домогосподарствах шляхом стохастичного моделювання панельних даних, які на відміну від інших передбачають застосування методу випадкових чи фіксованих ефектів (на основі специфікаційного тесту Хаусмана та тесту множника Брейша і Лагранжа для вибору між методом випадкових ефектів і регресією OLS), що дозволило сформулювати рекомендації щодо стимулювання «зелених» трансформацій на національному і регіональному рівнях;

– методичні підходи до визначення економічних драйверів «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів з метою децентралізації енергозабезпечення, відмінною рисою яких є врахування негативних екстерналій розширення частки прос'юмерів в електробалансі країни, а також

оцінювання сукупної ефективності проєкту, що визначається економією витрат на власне енергоспоживання та прибутком від відпуску енергії в мережу;

– методичні підходи до розрахунку оптимального рівня ЗТ для об'єктів ВЕ домогосподарств та визначення економічно обґрунтованих термінів його надання, які на відміну від інших враховують величину встановленої потужності енергоустановок, використовувану технологію ВЕ та її пріоритетність, структуру інвестиційних витрат, строки окупності і прибутковість проєктів ВЕ як з позиції домогосподарства (виробника електроенергії), так і з позиції держави (покупця електроенергії);

дістали подальшого розвитку:

– систематизація світових трендів розвитку ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах методами бібліометричного аналізу, що на відміну від інших містить кластеризацію провідних напрямів наукових досліджень з проблематики ЕЕ та ВЕ з урахуванням їх еволюційних змін, виокремлює основних гравців (країни, заклади і науковців) та напрями міжнародної співпраці із застосуванням платформи SciVal, інструментів Scopus «Analyze search results», Web of Science «Analyse results» і пакету VOSviewer;

– науково-методичні підходи до оцінювання ЕЕ домогосподарств, які на відміну від існуючих охоплюють термодинамічні (технічні), фізичні та фізико-термодинамічні показники енергозбереження/енерговикористання (характеристики будівлі, обладнання, якості енергії) і базуються на єдиному, загальноприйнятому методі оцінки економічної ефективності в конструкції «результат/витрати», що знімає існуючі протиріччя у визначенні показників ЕЕ на всіх ієрархічних рівнях соціально-економічних систем;

– підходи до систематизації принципів та інструментів реалізації політики ЕЕ («ЕЕ насамперед» (EE1st), декарбонізації, комфортності та безпеки, фінансової доступності, врахування життєвого циклу будівель, цифрової трансформації, врахування історичної цінності та архітектурної естетики), які на відміну від існуючих враховують: специфіку

енергоспоживання у домогосподарствах, існуючі/перспективні напрямки просторового розвитку населених пунктів, структуру енергогенерації (традиційні/відновлювані джерела), умови/обмеження розвитку систем енергопостачання домогосподарств (централізовані/локальні);

– напрями підвищення ЕЕ та розбудови ВЕ у побутовому секторі України, які на відміну від існуючих, передбачають: у короткостроковій перспективі – оптимізацію ставок ЗТ для різних технологій ВЕ і розширення програм державної інформаційної та фінансової підтримки проєктів з ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах; у середньостроковій і довгостроковій перспективах – стимулювання розвитку вітчизняного виробництва обладнання та комплектуючих для секторів ЕЕ і ВЕ, запровадження гарантій походження «зеленої» електроенергії та розробки концептуальних основ для ефективного функціонування net metering/net billing в Україні;

– підходи до обґрунтування економічної доцільності переходу домогосподарств, що генерують, споживають і продають «зелену» електроенергію за ЗТ, на нову схему державної підтримки (net-billing); відмінною рисою підходів є врахування вимоги встановлення батарей для підтримання мінімальної тривалості електроживлення, що відповідає викликам воєнного стану;

– набули подальшого розвитку науково-обґрунтовані рекомендації на країнному та регіональному рівнях для стимулювання розвитку прос'юмеризму у побутовому секторі, відмінною рисою яких є застосування комплексного підходу, що, окрім економічних драйверів, містить заходи із подолання (зменшення) бар'єрів участі прос'юмерів в оптовому та роздрібному електроенергетичних ринках, сприяння технологічному розвитку регіональних мереж і виникненню нових ринкових агентів для локальної інтеграції прос'юмерів-домогосподарств.

Подані результати досліджень впроваджені у навчальний процес Сумського державного університету та можуть бути використані органами державної влади України, зокрема Комітетом Верховної Ради з питань

енергетики та житлово-комунальних послуг, Національною комісією, що здійснює регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України для удосконалення чинного законодавства у сфері управління ЕЕ та розвитком ВЕ в побутовому секторі. Крім того, результати досліджень можуть бути застосовані в діяльності громадських організацій, зокрема Асоціації відновлюваної енергетики України, Української вітроенергетичної асоціації, Біоенергетичної асоціації України.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВЕ ТА ЕЕ У ДОМОГОСПОДАРСТВАХ: БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

Питання ЕЕ та ВЕ набули значної актуальності серед науковців та практиків переважно протягом останніх двох десятиліть через вичерпування резервів викопних палив та зростаючу загрозу зміни клімату, запобігти яким можна за допомогою зеленого енергетичного переходу та раціонального використання енергії. Крім того, світова економіка дотепер ґрунтується переважно на використанні традиційних енергоресурсів (газу, вугілля, нафти і т. п.), нерівномірно розподілених між країнами та континентами. Тому багато держав стикаються з нестачею власних енергоносіїв. Це робить перехід до технологій ЕЕ та ВЕ особливо актуальним для цих країн, водночас дозволяючи їм позбавитися залежності від імпортованих викопних палив.

Спочатку технології ЕЕ та ВЕ застосовувалися переважно у бізнес-секторі, оскільки, з одного боку, вони вимагали значних капіталовкладень, що здебільшого є проблемою для домогосподарств. З іншого боку, підприємства споживають великі обсяги енергоресурсів, і навіть невеликий відсоток енергозбереження або його заміна зеленою енергією має значний вплив завдяки ефекту масштабу. Згодом, з розвитком технологій ЕЕ та ВЕ і зниженням їх вартості, вони почали більш активно використовуватися приватними домогосподарствами.

Сьогодні житловий сектор світу споживає близько 40% енергії та залишається серед лідерів за викидами CO₂ [4]. Отже, його роль у декарбонізації та пом'якшенні загрози зміни клімату є надзвичайно важливою. Розвинені країни накопичили значний досвід впровадження практик ЕЕ та ВЕ в житловому секторі. Вони створили механізми, що дозволяють формувати екологічну та соціальну відповідальність населення за раціональне енергоспоживання, стимулювати перехід до екологічно сприятливого, сталого способу життя. Ці результати є цінними для вивчення та застосування в

українських домогосподарствах, для яких підвищення ЕЕ та перехід на ВЕ джерела останнім часом стали питанням виживання.

До повномасштабного вторгнення Росії в Україну в лютому 2022 року та протягом понад 30 років незалежності Україна не спромоглася подолати наслідки радянського минулого, а саме високу залежність від імпорту енергоресурсів поряд із завищеною енергоємністю валового внутрішнього продукту внаслідок нераціональної структури національної економіки. Тому газовий шантаж з боку Росії – колишнього головного постачальника енергоресурсів в Україну – неодноразово ставав інструментом політичних маніпуляцій. Порівняно з промисловістю, ситуація в житловому секторі України є ще критичнішою, оскільки 90% будинків були побудовані до 1991 року і мають надмірне питоме енергоспоживання (наприклад, витрати на опалення в 3-4 рази вищі, ніж у середньому по ЄС). Житлово-комунальні технології та обладнання, які використовуються в галузі, є застарілими, що спричиняє енергетичну бідність населення. Останнє оплачує високі непродуктивні втрати енергії на шляху до кінцевого споживача і, водночас, не має можливості акумулювати достатні кошти для впровадження заходів ЕЕ у своїх домівках. Крім того, російсько-українська війна виявила суттєвий недолік у довгостроковому просторовому плануванні енергетичної інфраструктури: традиційне надання переваги будівництву великих електростанцій для зниження собівартості виробництва енергії за рахунок позитивного ефекту масштабу. Сьогодні росіяни обрали об'єктами для постійних обстрілів українську енергетичну інфраструктуру і житловий фонд, щоб позбавити підприємства та населення виробничої бази і нормальних умов життя. Разом із зруйнованими будинками, знищення великих електростанцій, зосереджених на урбанізованих територіях, має більш жахливі наслідки, ніж у випадку децентралізованих енергооб'єктів. Таким чином, при відновленні ефективного та стабільного енергопостачання домогосподарств і підприємств України доцільно уникати помилок та недоліків, притаманних довоєнній енергетиці країни. Крім того, вкрай важливо реконструювати зруйновані

будинки із застосуванням інноваційних, ресурсо- та енергоефективних технологій. Тому необхідно вивчати сучасні світові тенденції розвитку ЕЕ та ВЕ й аналізувати, відбирати і впроваджувати найкращі практики. Формування нових підходів з урахуванням виявлених тенденцій дозволить розробити комплексну стратегію відновлення енергетичної інфраструктури країни для побутового сектору на інноваційній та сталій основі, досягти цільових показників декарбонізації, зміцнити національну енергетичну незалежність, отримати економію коштів населенням на оплаті комунальних послуг при збільшенні терміну служби та якості житла, його енергозабезпечення.

Враховуючи вищезазначене, дослідимо світові тенденції впровадження технологій ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах та визначимо перспективні напрями для подальшого розгляду у контексті відновлення енергетичної інфраструктури побутового сектора України. Основним методом дослідження став бібліометричний аналіз публікацій з баз даних Scopus та Web of Science Core Collection, що виконувався за допомогою платформи SciVal, інструментів Scopus «Analyze search results», Web of Science «Analyse results» та пакету VOSviewer.

Отже, вихідною інформацією для дослідження стали публікації щодо ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах з бази даних Scopus станом на 12.06.2023 року, а також з бази даних Web of Science Core Collection станом на 19.09.2023 року. Масиви праць для аналізу були створені за допомогою функції пошуку за ключовими словами: для випадку ЕЕ використовувалися ключові слова «енергоефективність» і «домогосподарство» («energy efficiency» і «household»), а для ВЕ – «відновлювана енергія» і «домогосподарство» («renewable energy» і «household»). Опція «назва, анотація, ключові слова» («title, abstract, keywords») застосовувалася, щоб охопити якомога більше відповідних публікацій в базі Scopus. Далі були задіяні додаткові фільтри щодо типу видання (стаття та матеріали конференцій для бази даних Scopus; стаття, матеріали конференцій та оглядова стаття для бази даних Web of Science Core Collection), року (залежно від інструменту аналізу), мови (англійська) тощо,

щоб звужити коло аналізованих праць. Нарешті, були сформовані масиви із 3761 публікації з бази даних Scopus щодо BE в домогосподарствах, видані протягом 1984-2023 рр., і 4474 документів щодо EE в домогосподарствах, видані у 1978-2023 рр. Крім того, з бази даних Web of Science Core Collection було відібрано 6525 публікацій з питань EE в домогосподарствах за 1986-2023 рр. і 5584 праці щодо BE у побутовому секторі за 1990-2023 рр.

Наступним кроком став аналіз відібраних публікацій у SciVal, Scopus (з використанням інструменту «Analyze search results»), VOSviewer на основі публікацій з бази даних Scopus, а також аналіз публікацій з бази даних Web of Science з використанням інструменту «Analyse results». Далі було виконано візуалізацію та подальший контент-аналіз отриманих результатів. Наукові тенденції були проаналізовані окремо для EE та BE в житловому секторі в Scopus, VOSviewer та Web of Science, тоді як аналіз обох напрямків застосовувався в межах однієї дослідницької (тематичної) області в SciVal.

1.1 Аналіз досліджень у SciVal

Для проведення якісного контент-аналізу у SciVal було звужено кількість статей в обраних масивах щодо BE та EE в домогосподарствах шляхом вибору відповідної області дослідження з визначеного списку дослідницьких областей і тем у SciVal. Як найбільш актуальна і близька до цілей дослідження була обрана тема T.5214 Household Energy; Energy; Smart Meters (Енергія домогосподарств; Енергія; Смарт-лічильники), що належить до 99-му перцентилію за популярністю в усьому світі в 2017-2022 роках. Тематичний масив теми включає 2793 статті зі зваженим коефіцієнтом цитування 1,12 і містить ключові фрази «енергоефективність» і «відновлювана енергія» (рис. 1.1). Вони представлені у 639 працях (2,29% від загальної кількості) за період 2017-2023 рр., у тому числі 505 (1,8%) публікаціях з питань EE та 182 статтях (0,65%) щодо BE у житловому секторі. Оскільки SciVal вважає 2022 та 2023

табл. 1.1 показано відсоток публікацій у топ-10% центилів журналів за центилем SiteScore та кількість цитувань на публікацію для обох ключових фраз «енергоефективність» і «відновлювана енергія». Табл. 1.2 і 1.3 подають найбільш активних учасників теми T.5214 за обраними ключовими фразами.

Таблиця 1.1 – Цитування та публікації в центилях топ-журналів за темою T.5214 Household Energy; Energy; Smart Meters, ключові фрази «енергоефективність» і «відновлювана енергія» в SciVal, за 2017-2023 рр. [5; 6; 7]

Ключові фрази	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Кількість цитувань на публікацію</i>							
Енергоефективність	21,5	21,1	10,2	14,3	7,6	2,1	0,2
Відновлювана енергія	19,4	20,9	11,6	12,1	6,9	1,6	0,4
<i>Публікації в топ-10% центилів журналів за центилем SiteScore (%)</i>							
Енергоефективність	48,2	54,0	47,1	50,8	42,3	46,0	44,4
Відновлювана енергія	44,4	42,1	33,3	40,0	45,5	42,3	46,2

Таблиця 1.2 – Найбільш активні учасники теми T.5214 Household Energy; Energy; Smart Meters, ключова фраза «енергоефективність», у SciVal за 2017-2023 рр. [5; 6; 7]

Організація	Кількість публікацій / цитування	Країна/регіон	Кількість публікацій	Джерело у Scopus	Кількість публікацій
Університет Де Монтфорта (Великобританія)	17/220	Великобританія	104	Energy Policy	34
Університет Катару (Катар)	15/283	США	79	Energy Efficiency	25
Університет Деусто (Іспанія)	13/81	Іспанія	35	Energy Research and Social Science	22
Університет Харокопіо (Греція)	11/166	Німеччина	31	Energies	18
Університет Ольборгу (Данія)	10/105	Греція	31	Energy and Buildings	17

Таблиця 1.3 – Найбільш активні учасники теми T.5214 Household Energy; Energy; Smart Meters, ключова фраза «відновлювана енергія», у SciVal за 2017-2023 рр. [5; 6; 7]

Організація	Кількість публікацій /цитування	Країна/регіон	Кількість публікацій	Джерело у Scopus	Кількість публікацій
Університет Ольборгу (Данія)	8/70	Великобританія	27	Energy Research and Social Science	18
CNRS (Франція)	6/45	Німеччина	25	Energies	9
Дельфтський технологічний університет (Нідерланди)	6/147	США	19	Sustainability	9
Технологічний інститут Карлсруе (Німеччина)	6/98	Нідерланди	16	Energy Policy	8
Університет Гельсінкі (Фінляндія)	5/53	Данія	15	Renewable and Sustainable Energy Reviews	7

Як випливає з таблиць, в середньому 47,5% публікацій з ЕЕ належали до топ-10% журналів, тоді як лише 42% робіт з теми ВЕ були опубліковані в таких журналах. Це ще раз підтверджує, що ВЕ для домогосподарств є відносно новою темою, яка набуває популярності серед науковців і практиків, з 10,4 цитуваннями на публікацію порівняно з 11 цитатами для ЕЕ. Більшість дослідників оприлюднили свої результати щодо ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах у журналах *Energies* (18 та 9 статей відповідно), *Energy Policy* (34 та 8) та *Energy Research and Social Science* (22 та 18). Найбільш цитована стаття на тему ВЕ (148 цитувань) була опублікована в *Renewable and Sustainable Energy Reviews* і вивчала технології ВЕ розумного будинку в Європі [8]. Що стосується теми ЕЕ, то стаття з найвищим рівнем цитування (282 цитування) була видана в *Energy Policy* і розглядала переваги та ризики технологій ЕЕ розумного будинку [9]. Загалом, смарт-технології є досить популярною темою для останніх статей із високим рівнем цитування, разом із дослідженнями

щодо сприйняття цих технологій, наслідків їх використання в будинках для ЕЕ та сталого енергопостачання тощо [10; 11; 12; 13; 14].

Відповідно до даних табл. 1.2, Університет Де Монтфорта (Великобританія) є лідером досліджень за кількістю праць (17 найменувань) на тему ЕЕ в домогосподарствах; за ним йдуть Університет Катару (Катар) та Університет Деусто (Іспанія). Однак найбільш цитованими є вчені з Університету Катару – 18,87 цитувань на публікацію та 283 цитування загалом на 15 статей. Університет Де Монтфорта знаходиться на другому місці з 12,94 цитуваннями на публікацію; третій у рейтингу – Університет Харокопіо (Греція), який має 15,09 цитувань на публікацію. Великобританія (104 статті) і США (79) мають найбільшу кількість опублікованих праць, за ними йдуть Іспанія, Німеччина та Греція.

За тематикою ВЕ в будинках (табл. 1.3) Університет Ольборгу є лідером з 8 публікаціями. Далі йдуть CNRS, Дельфтський технологічний університет і Технологічний інститут Карлсрує, які мають по 6 публікацій. Однак статті, опубліковані авторами Дельфтського технологічного університету, є найбільш цитованими: 147 цитувань і 24,5 цитування на статтю. Технологічний інститут Карлсрує має 98 цитувань і 16,3 цитування на статтю, тоді як Університет Гельсінкі – 53 цитування (4-е місце) і другий найвищий бал з 17,7 цитуваннями на статтю. Що стосується розподілу по країнах, то лідерами досліджень з ВЕ в домогосподарствах є Великобританія (27 статей), Німеччина (25) та США (19).

Обидві теми ВЕ та ЕЕ демонструють зростаючу тенденцію до зміцнення міжнародної співпраці: у середньому майже третина праць з ЕЕ була опублікована міжнародними групами авторів, тоді як цей показник для статей щодо ВЕ становив 26,9%. Загалом частка міжнародної співпраці зросла з 18,5 у 2017 році до 41,4% у 2021 році у сфері ЕЕ та з 20,0 у 2017 році до 42,9% у 2021 році у сфері досліджень ВЕ.

До п'ятірки найкращих авторів (за науковим доробком) з теми ЕЕ входять науковці Університету Шарджи (Об'єднані Арабські Емірати), Університету

Де Монтфорта (Великобританія), Університету Катару (Катар), Університету Деусто (Іспанія), та Університету Харокопіо (Греція) (табл. 1.4). Більшість їхніх досліджень проводилися в тісній міжнародній співпраці та розглядали моделі поведінки і стратегії ЕЕ для домогосподарств, смарт-вимірювання, інші проблеми інтелектуальних систем, управління даними про енергопостачання домогосподарств тощо. Завдяки фактору міжнародної співпраці ці статті мають вищі показники цитування.

Таблиця 1.4 – Топ-5 авторів за науковим доробком у темі T.5214 Household Energy; Energy; Smart Meters для ключових фраз «енергоефективність» і «відновлювана енергія» у SciVal за 2017-2023 рр. [5; 6; 7]

Автор	Університет (країна)	Кількість публікацій	Цитування	Найбільш цитована стаття за темою
1	2	3	4	5
<i>Ключова фраза «енергоефективність»</i>				
Amira, Abbes	Університет Шарджи (Об'єднані Арабські Емірати)	16	256	The emergence of explainability of intelligent systems: Delivering explainable and personalized recommendations for energy efficiency [15] (40 цитувань)
Alsalemi, Abdullah	Університет Де Монтфорта (Великобританія)	15	255	
Bensaali, Faycal	Університет Катару (Катар)	13	255	
Casado-Mansilla, Diego	Університет Деусто (Іспанія)	13	117	A Human-centric context-aware IoT framework for enhancing energy efficiency in buildings of public use [16] (29 цитувань)
Varlamis, Iraklis	Університет Харокопіо (Греція)	11	202	The emergence of explainability of intelligent systems: Delivering explainable and personalized recommendations for energy efficiency [15] (40 цитувань)
<i>Ключова фраза «відновлювана енергія»</i>				
Byrne, Joshua J.	Університет Кертін (Австралія)	4	35	The influence of design and everyday practices on individual heating and cooling behavior in residential homes [17] (20 цитувань)

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5
Daniel, Maxime	Університет Бордо (Франція)	4	24	Cairnform: A shape-changing ring chart notifying renewable energy availability in peripheral locations [18] (15 цитувань)
Jensen, Charlotte Louise	Університет Ольборгу (Данія)	4	55	Towards a practice-theoretical classification of sustainable energy consumption initiatives: Insights from social scientific energy research in 30 European countries [19] (32 цитування)
Milchram, Christine	Технологічний інститут Карлсруе (Німеччина)	4	108	Energy Justice and Smart Grid Systems: Evidence from the Netherlands and the United Kingdom [20] (49 цитувань)
van de Каа, Geerten	Дельфтський технологічний університет (Нідерланди)	4	108	

До п'ятірки найкращих авторів (за науковою діяльністю) з теми ВЕ входять дослідники з Університету Кертін (Австралія), Університету Бордо (Франція), Університету Ольборгу (Данія), Технологічного інституту Карлсруе (Німеччина) та Дельфтського технологічного університету (Нідерланди). Незважаючи на однакову кількість опублікованих робіт, автори демонструють різні показники цитування своїх статей через різноманітнішу тематику публікацій. Багато досліджень було проведено в тісній міжнародній співпраці; як найпопулярніші дослідницькі теми вони розглядали енергетичну справедливість та розумні мережі, ініціативи та практики сталого споживання енергії в домогосподарствах, доступність ВЕ тощо. Слід зауважити, що роботи зазначених авторів на тему ЕЕ мають удвічі більшу кількість цитувань порівняно зі статтями на тему ВЕ. Це можна пояснити тривалішим періодом проведення досліджень ЕЕ та різноманітністю тем ВЕ в домогосподарствах.

1.2 Бібліометричний аналіз за допомогою інструменту Scopus «Analyze search results»

Застосовуючи ті самі комбінації ключових слів, було проведене дослідження масиву публікацій, сформованого з бази даних Scopus, із застосуванням інструменту Scopus «Analyze search results». На відміну від аналізу наукових областей у SciVal, часові обмеження до публікацій не застосовувалися. Таким чином, було розглянуто 4474 статті за тематикою EE, опублікованих за період 1978-2023 рр., та 3761 статтю за тематикою BE, видану у 1984-2023 рр., з бази даних Scopus станом на 12.06.2023 року. Відзначимо, що за 1978-1983 рр. статті на тему BE в домогосподарствах не класифікувалися окремо через їх незначну кількість та малий інтерес вчених до цієї сфери досліджень.

Незначна увага до питань EE в житловому секторі спостерігалася у 1978-2000 рр., що підтверджується менш ніж 10 щорічними публікаціями в базі даних Scopus. З 2000 по 2002 роки кількість досліджень, які розглядали EE в домогосподарствах, стабільно збільшувалася щороку (від 36 у 2000 році до 475 статей у 2019 році), з невеликим спадом (до 412-414 статей) у 2020-2022 роках через пандемію COVID-19 (рис. 1.3). Масив обраних публікацій з EE представлений 74,7% статей та 25,3% доповідями на конференціях. Більшість досліджень належить до галузей енергетики (26,1% з 2365 публікаціями), інженерії (20,6% з 1863 публікаціями) та наук про навколишнє середовище (18,4% з 1668 публікаціями), тоді як частка соціальних та економічних наук не перевищує 7% кожна. Цей розподіл свідчить про активне дослідження технічних аспектів EE, тоді як вивчення економічних і соціальних механізмів для стимулювання заходів з EE в житловому секторі отримує меншу увагу. Провідні журнали у цій сфері включають Energy Policy (433), Energy and Buildings (175), Energy (159), Applied Energy (158), Energy Efficiency (147) та Energies (115 публікацій), що узгоджується з результатами аналізу у SciVal.

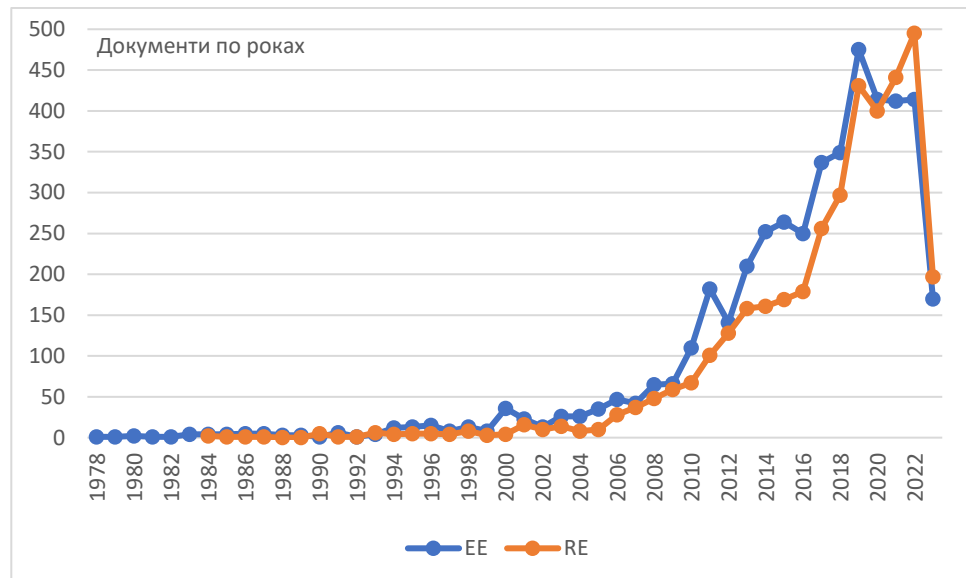


Рисунок 1.3 – Динаміка публікацій з питань ЕЕ та ВЕ (RE) в домогосподарствах у базі даних Scopus по роках [6; 7]

США (670 праць), Великобританія (552) та Китай (494) є лідерами щодо кількості опублікованих статей з ЕЕ в житловому секторі. За ними слідують Німеччина (304 статей), Австралія (239) та Індія (207). Провідними організаціями у цій галузі є Університетський коледж Лондону (Великобританія) з 101 статтею, Національна лабораторія імені Лоуренса в Берклі (США) та Федеральна вища технічна школа Цюриха (ETH Zurich, Швейцарія) з 56 документами кожна, Дельфтський технологічний університет (Нідерланди) з 48 матеріалами та Академія наук Китаю (Китай) з 43 працями. Ці результати трохи відрізняються від результатів у SciVal, але основні гравці - установи з США і Великобританії - залишаються тими самими.

Топ-5 авторів включає J. Schleich з Фраунгоферського інституту системних та інноваційних досліджень (Німеччина) з 23 статтями; T. Oreszczyn з Університетського коледжу Лондону (Великобританія) з 21 працею; D. Blumberga з Ризького технічного університету (Латвія) з 19 документами; T.M.I. Mahlia з Сіднейського технологічного університету (Австралія) з 15 статтями та Н.Н. Masjuki з Міжнародного ісламського університету (Малайзія) з 14 працями. Найбільш цитовані публікації цих авторів, які часто залучаються до міжнародного співробітництва, включають дослідження щодо прийняття

технологій ЕЕ в домогосподарствах, впливів ставок дисконту, попиту на енергію, неявних витрат, різноманітних ризиків на впровадження заходів з ЕЕ, механізмів енергетичного аудиту, енергетичного маркування і стандартів, смарт-лічильників і т. д. [21; 22; 23; 24; 25]. Варто відзначити, що статті, присвячені економічним механізмам та соціальному сприйняттю технологій ЕЕ, мають найвищі цитування. Це підтверджує наявність суспільного запиту на такі дослідження та їх актуальність.

Як і тематика ЕЕ, питання ВЕ в житловому секторі залишалися поза увагою науковців тривалий час. Протягом 1984-2005 рр. щорічна кількість статей з ВЕ в житловому секторі не перевищувала 10 (крім 16 у 2001 році та 14 праць у 2003 році) в базі даних Scopus. Постійне зростання кількості публікацій почалося в 2006 році, коли вони зросли до 28 і стрибнули до 496 в 2022 році, із невеликим зниженням до 400 документів в 2020 році порівняно з попереднім роком через вплив пандемії COVID-19 (див. рис. 1.3). Масив обраних праць з ВЕ представлений 66,1% статей і 33,9% конференційними доповідями. Таким чином, частка доповідей вища, ніж у випадку теми ЕЕ, що вказує на інтенсивний розвиток нових напрямків досліджень у цій сфері.

Велика частина досліджень щодо ВЕ в житловому секторі належить до енергетики (27,4% з 2154 працями), інженерії (19,9% з 1465 документами) та наук про навколишнє середовище (14,0% з 1100 статтями), тоді як частка соціальних та економічних наук не перевищує 6 і 5% відповідно. Аналогічно до тематики ЕЕ, цей розподіл свідчить про активність у дослідженні технічних аспектів ВЕ та меншу увагу до економічних і соціальних питань розвитку зеленої енергії в житловому секторі. Загалом кількість публікацій значно менша, ніж на тему ЕЕ, що пояснюється відносною новизною аспектів ВЕ для дослідження. Провідні журнали у цій галузі включають *Energies* (198), *Energy Policy* (165), *Renewable Energy* (112), *Applied Energy* (158), *Sustainability* (72) та *Energy* (69 праць). Їхній спектр здебільшого відповідає результатам аналізу наукової області у SciVal.

Найбільший внесок за кількістю опублікованих статей щодо ВЕ в житловому секторі роблять США (380), Китай (350), Німеччина (349), Індія (286) та Великобританія (282 праці); за ними слідує Австралія (175), Польща (162 документів) та інші країни. Провідні установи у цій галузі – Університет Ольборгу і Технічний університет Данії (Данія) з 38 і 26 документами відповідно, Дельфтський технологічний університет (Нідерланди) з 33 працями, Гірничо-металургійна академія Краківського університету (Польща) з 32 статтями та Академія наук Китаю (Китай) з 26 документами. Ці результати в основному співпадають з результатами аналізу у SciVal, хоча є відмінності щодо деяких учасників, таких як Польща, Китай та їхні установи, тощо.

Топ-5 авторів включають Q. Hassan з Університету Діяли (Ірак) з 12 статтями; D. Streimikiene з Литовського енергетичного інституту (Литва) з 10 працями; V. Koivunen з Університету Аалто (Фінляндія) і S.-H. Yoo з Сеульського національного університету науки та технологій (Південна Корея) з 9 статтями кожен, а також O. M. Babatunde з Технологічного університету Тшване (Південна Африка) з 8 документами. Найбільш цитовані публікації зазначених авторів включають дослідження з оптимізації смарт-мереж, гібридних систем ВЕ, інноваційних політик для домогосподарств, громадського сприйняття ВЕ, проблем енергетичної бідності та механізмів зеленого енергетичного переходу в житловому секторі [26; 27; 28; 29; 30]. Порівнюючи ці результати з аналізом у SciVal, варто відзначити схожі актуальні теми, обговорювані в дослідженнях, хоча список авторів з найбільшою кількістю публікацій є різним. Загалом проведений аналіз підтверджує, що тема ВЕ активно розвивається, відкриваючи нові напрямки для досліджень.

Найбільші спонсори, які фінансують наукові пошуки в галузі ЕЕ та ВЕ в житловому секторі, охоплюють Національний природничий науковий фонд Китаю, Програму "Горизонт 2020", Європейський регіональний фонду

розвитку Європейської комісії та Дослідницьку Раду інженерних та фізичних наук.

1.3 Бібліометричний аналіз за допомогою інструменту Web of Science «Analyse results»

Аналогічно до інструменту Scopus «Analyze search results», було проведене дослідження масиву публікацій, сформованого з бази даних Web of Science, із застосуванням інструменту Web of Science «Analyse results», за такими самими ключовими словами без застосування часових обмежень. Після відбору було розглянуто 6525 статей за тематикою EE, опублікованих за період 1986-2023 рр., та 5584 статті за тематикою BE, видані у 1990-2023 рр., з бази даних Web of Science станом на 19.09.2023 року.

Аналіз публікацій з EE в житловому секторі свідчить, що до 2005 року кількість виданих статей залишалася незначною, не перевищуючи 30 документів щорічно (за виключенням 2001 року, коли було видано 107 статей). Починаючи з 2005 року, кількість публікацій стала стабільно збільшуватися (з 37 у 2005 році до 696 у 2021 році), засвідчуючи зростаючий інтерес міжнародної наукової спільноти до тематики EE в домогосподарствах (рис. 1.4). Масив обраних публікацій з EE представлений 79,6% статей та 20,4% доповідями на конференціях. Більшість досліджень належить до галузей енергетики (46% з 3004 публікаціями), інженерії (34,2% з 2229 публікаціями) та наук про навколишнє середовище (33% з 2153 публікаціями). 19,7% або 1283 документи присвячені іншим технічним аспектам EE, тоді як частка публікацій з економічних наук складає 17% (1111 статей). Даний розподіл засвідчує перекося у бік технічних досліджень, що підтверджується і результатами застосування інструменту Scopus «Analyze search results». Провідні журнали у сфері EE включають Energy Policy (459), Energies (247), Energy and Buildings (239), Energy Efficiency (213), Energy (192), Applied Energy

(169 публікацій), що в цілому узгоджується з результатами аналізу у Scopus і SciVal.



Рисунок 1.4 – Динаміка публікацій з питань EE та BE (RE) в домогосподарствах у базі даних Web of Science по роках [31]

Лідерами з кількості опублікованих статей з EE в житловому секторі є Китай (1040 праць або 15,9%), США (1030 та 15,8% відповідно), Великобританія (615 та 9,4%). За ними слідує Німеччина (394 статті), Австралія (340) та Індія (274). Провідними організаціями у цій галузі є Державний департамент США (156 статей), Університет Каліфорнії (США) System (154) та Berkley (112), Академія наук Китаю (Китай, 97 публікацій) та Національна лабораторія імені Лоуренса в Берклі (США, 95 статей). Наступні позиції в рейтингу обіймають Університет Лондону (Великобританія) з 95 публікаціями та Федеральна вища технічна школа Цюриха (ETH Zurich, Швейцарія) з 84 документами. Ці результати здебільшого співпадають з результатами аналізу, отриманими в Scopus, проте Web of Science позиціонує саме установи США як провідних гравців у галузі.

Топ-5 авторів включає D. Blumberga з Ризького технічного університету (Латвія) з 24 документами; J. Schleich з Фраунгоферського інституту системних та інноваційних досліджень (Німеччина) з 23 статтями; M. K. Patel з Університету Женеви (Швейцарія) з 22 працями; R. Stamminger з Університету

Бонну (Німеччина) з 21 статтею та В. Chen з Пекинського педагогічного університету (Китай) з 19 працями. Ці результати дещо відрізняються від результатів аналізу у Scopus, хоча на нижчих позиціях рейтингу в Web of Science присутні більшість науковців, поданих як лідери у Scopus. Найбільш цитовані публікації цих авторів, які часто залучаються до міжнародного співробітництва, включають дослідження щодо прийняття технологій ЕЕ в домогосподарствах, оцінювання ЕЕ інноваційних енергоустановок, оптимізації енергоспоживання в побутових процесах домогосподарств, управління попитом на енергію в житловому секторі і т. д. [21; 32; 33; 34; 35]. Варто відзначити, що статті, присвячені економічним механізмам та соціальному сприйняттю технологій ЕЕ, мають найвищі цитування. Це підтверджує наявність суспільного запиту на такі дослідження та їх актуальність.

Як і у випадку з тематикою ЕЕ, питання ВЕ в житловому секторі залишалися поза увагою науковців досить тривалий час. Перша публікація щодо ВЕ в домогосподарствах з'явилася в базі даних Web of Science у 1990 році і до 2005 року щорічна кількість статей за напрямом не перевищувала 13. Далі розпочалося постійне зростання кількості публікацій: з 14 праць у 2005 році до 692 у 2021 році (див. рис. 1.4). Станом на 19.09.2023 масив обраних праць з ВЕ представлений 75,7% статей і 24,3% конференційних доповідей. Таким чином, частка доповідей вища, ніж у випадку теми ЕЕ, що вказує на інтенсивний розвиток нових напрямків досліджень у цій сфері. Це підтверджується і результатами, отриманими при аналізі бази даних Scopus.

Переважна частина досліджень щодо ВЕ в житловому секторі належить до енергетики (56,2% з 3140 працями), інженерії (30,3% з 1694 документами), інших технічних наук (30,5% з 1703 документами) та наук про навколишнє середовище (23,0% з 1287 статтями), тоді як частка економічних наук становить 10% (561 праця). Аналогічно до тематики ЕЕ, цей розподіл свідчить про активність у дослідженні технічних аспектів ВЕ та меншу увагу до економічних питань розвитку зеленої енергії в житловому секторі. Провідні

журнали у цій галузі включають Renewable Sustainable Energy Reviews (476), Energies (319), Renewable Energy (299), Energy Policy (264), Applied Energy (154) та Sustainability (126). Їхній спектр здебільшого відповідає результатам аналізу наукової області у SciVal та майже ідентичний з результатами з бази даних Scopus.

Найбільший внесок за кількістю опублікованих статей щодо ВЕ в житловому секторі роблять Китай (770), США (693), Німеччина (493), Великобританія (412) та Індія (378 праць). За ними слідує Австралія (330), Італія (234 документів) та інші країни. Провідні установи у цій галузі – Державний департамент США (111 статей), Індійський технологічний інститут (Індія, 93 праці), Університет Каліфорнії (США) System (72 документів), Академія наук Китаю (Китай, 67 публікацій) та Асоціація Гельмгольца (Німеччина, 57 статей). Ці результати здебільшого співпадають з результатами аналізу у SciVal і Scopus, хоча є відмінності щодо деяких учасників та їхніх установ, місць у рейтингу. Зокрема, як і для досліджень з ЕЕ, Web of Science позиціонує саме установи США як провідних гравців у галузі.

Топ-5 авторів включають S.-H. Yoo з Сеульського національного університету науки та технологій (Південна Корея) з 24 статтями; D. Streimikiene з Литовського енергетичного інституту (Литва) з 23 працями; F. Wang з Університету Чжецзян (Китай) з 20 статтями, J. P. S. Catalao з Університету Порту (Португалія) та I. MacGill з Університету Нового Південного Уельсу (Австралія) з 18 документами кожен. Найбільш цитовані публікації зазначених авторів включають дослідження з оптимізації смарт-мереж та систем збереження енергії, гібридних та децентралізованих систем ВЕ, інноваційних політик для домогосподарств, громадського сприйняття ВЕ, проблем енергетичної бідності, просьюмеризму та механізмів зеленого енергетичного переходу в житловому секторі [27; 28; 29; 36; 37; 38]. Порівнюючи ці результати з аналізом у SciVal та Scopus, варто відзначити

спектр схожих топових тем досліджень, хоча автори публікацій авторів є різними.

Найбільші спонсори, які фінансують наукові пошуки в галузі ЕЕ та ВЕ в житловому секторі, охоплюють Національний природничий науковий фонд Китаю, Фонд досліджень та інновацій Сполученого Королівства (UK Research and Innovation – UKRI), Дослідницьку Раду інженерних та фізичних наук, Державний енергетичний департамент США та інші, що частково підтверджується даними аналіз в Scopus.

1.4 Бібліометричний аналіз з використанням пакету VOSviewer

Бібліометричний аналіз за допомогою VOSviewer проводився у двох напрямках: аналіз спільного вживання ключових слів (the co-occurrence analysis) та аналіз співавторства (the co-authorship analysis). Вони здійснювалися окремо для наборів публікацій з ЕЕ (1978-2023) та ВЕ (1984-2023), завантажених з бази даних Scopus. VOSviewer використовує метод кластеризації для обох типів аналізів. Це програмне забезпечення дозволяє розділити набір публікацій на кілька кластерів та представити їх у вигляді мережі та динамічних накладних карт для проведення більш глибокого контент-аналізу тенденцій розвитку в обраній галузі досліджень.

1.4.1 Аналіз спільного вживання ключових слів

Під час аналізу спільного вживання ключових слів було використано поріг у 8 збігів вживання ключового слова для кластеризації публікацій. Для досліджень з ЕЕ в господарствах, VOSviewer ідентифікував 6 міждисциплінарних кластерів (рис. 1.5) з 493 працями, включаючи 4 великі (червоний, зелений, синій та жовтий) та 2 малі (ліловий та бірюзовий) кластери, тісно пов'язані один з одним [39]. За ключовими словами великий червоний кластер можна назвати «ЕЕ як частина сталого розвитку»; він складається з 137 статей. Останні охоплюють різні аспекти сталого розвитку енергетики, такі як викиди вуглецю і загрозу глобального потепління, впливи

урбанізації й економічного зростання, громадське здоров'я, вуглецевий слід, управління відходами, джерела зеленої енергії (біомаса, біогаз, сільськогосподарські відходи тощо) для домогосподарств, тощо. У червоному кластері ключове слово «сталий розвиток» зустрічається 298 разів та має загальну силу зв'язку у розмірі 2141.

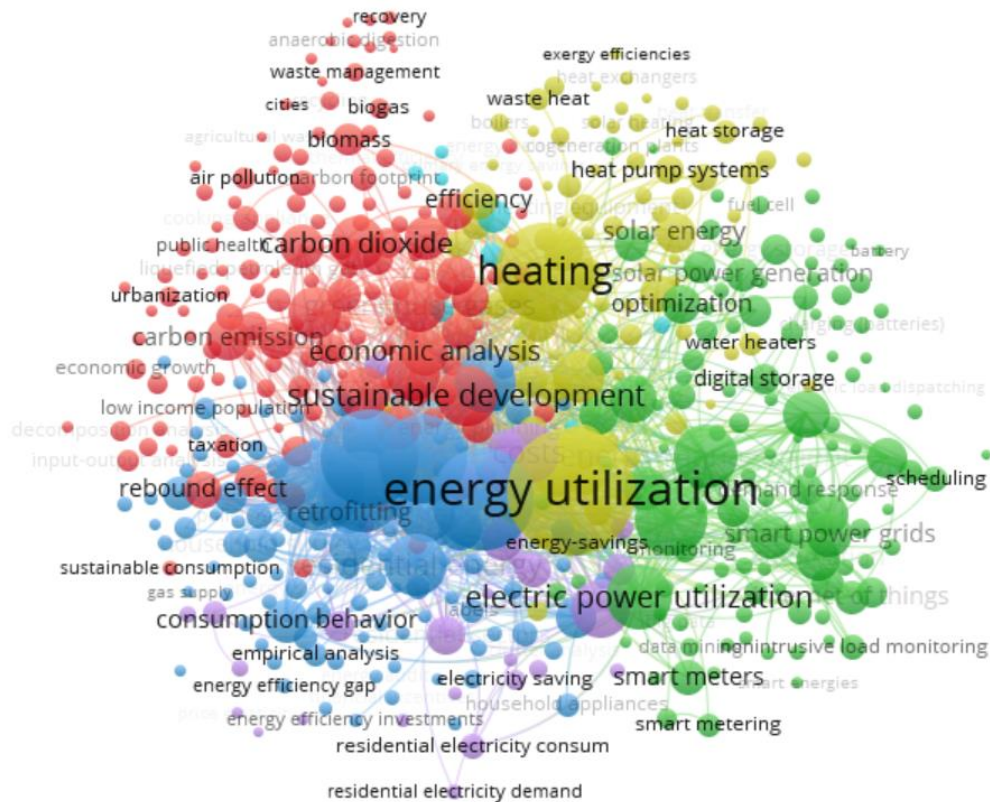


Рисунок 1.5 – Мережева візуалізація аналізу спільного вживання ключових слів у сфері досліджень ЕЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

Другий (зелений) кластер об'єднує 120 праць і може бути названий «Нові тенденції в технологіях ЕЕ». Він охоплює питання щодо зберігання та використання енергії, смарт- та мікромереж, Інтернету речей, розумних будівель, електричних автомобілів, сонячних батарей, гібридних систем, а також управлінських і організаційних аспектів їх впровадження в житловому секторі. Найважливіші ключові слова кластера – «побутові пристрої» (438 випадків з загальною силою зв'язку 3165), «використання електроенергії» (346 та 2702 відповідно) та «енергетичний менеджмент» (343 та 2828).

Третій (синій) кластер складається з 113 публікацій, що об'єднані темою «Використання енергії та відповідна політика в житловому секторі». Він здебільшого охоплює соціальні та економічні питання застосування енергії в побуті, такі як патерни споживання енергії та поведінка домогосподарств щодо енергоефективності, енергетичний ринок, збереження енергії, попит на енергію в домогосподарствах, прогалини у сфері ЕЕ, інвестиції тощо. Найважливіші ключові слова включають «житло» (846 випадків із загальною силою зв'язку 6870), «енергія домогосподарства» (785 та 6348 відповідно), «енергетична політика» (646 та 5149), «збереження енергії» (637 та 4900) та «використання енергії» (531 та 4413).

Четвертий (жовтий) кластер об'єднує 85 документів під назвою «Енергоефективне опалення та охолодження». Він розглядає технічні й економічні аспекти опалення і кондиціонування в будівлях, енергоефективні системи опалення для домогосподарств, включаючи використання джерел зеленої енергії (геотермальна, сонячна енергія, теплові насоси), стандарти пасивних будинків, витрати на енергоефективні проекти опалення тощо. Найважливіші ключові слова кластера – «використання енергії» (1327 випадків з загальною силою зв'язку 9928), «опалення» (791 та 6151 відповідно) і «кондиціонування повітря» (219 та 1790).

П'ятий (ліловий) кластер включає 30 статей і охоплює питання ринку енергії (зокрема, електроенергії), пов'язані з ЕЕ в побутовому секторі. Статті з цього кластера досліджують попит на енергію та його еластичність, цінову політику в житловому секторі, управління попитом на енергію, енергоспоживання та витрати на електроенергію тощо. Основні ключові слова включають «витрати» (309 випадків з загальною силою зв'язку 2686), «споживання електроенергії» (284 та 2252 відповідно) та «управління попитом на енергію» (106 та 1007).

Останній (бірюзовий) кластер містить 8 праць, що розглядають ЕЕ освітлення. Найважливіші ключові слова кластеру – «освітлення» (91 випадок з загальною силою зв'язку 651) та «світлодіоди» (47 і 309 відповідно).

На рис. 1.6 відображено еволюційний розвиток сформованих кластерів у 2014-2019 рр. Варто зауважити, що до 2016 року ЕЕ розглядалася в основному як збереження енергії в контексті зменшення негативного впливу викидів вуглецю на довкілля, модернізації технологій охолодження, залучення біоенергетичних ресурсів в житловому секторі тощо. У 2016-2017 рр. дослідження щодо ЕЕ в домогосподарствах поширилися на питання сталого розвитку, використання енергії, оптимізацію ЕЕ опалення, побутового охолодження та освітлення, системи управління енергією, використання сонячної енергії та галузеву енергетичну політику. У 2018-2019 рр. вчені активно досліджували інноваційні технології ЕЕ, такі як Інтернет речей, зберігання енергії, гібридні системи, смарт-мережі, фотоелектричні панелі тощо. Разом з новими технологіями отримали зростаючу увагу економічні дослідження щодо оптимізації витрат, управління попитом на енергію, інвестицій в ЕЕ та покращення політики ЕЕ. Наприклад, поточні дослідження для України стосувалися енергетичної безпеки, політики ЕЕ, енергетичної бідності та ціноутворення на енергію [39; 40; 41; 42; 43; 44].

Аналізуючи спільне вживання ключових слів у публікаціях з використання ВЕ в домогосподарствах, VOSviewer створив 5 міждисциплінарних кластерів (рис. 1.7) з 275 статей. Червоний кластер містить 74 праці з економічних, соціальних та екологічних аспектів ВЕ, включаючи ті, що стосуються житлового сектору. Він охоплює широкий спектр питань, таких як політика в сфері ВЕ та розвиток низьковуглецевої економіки, зелені енергетичні трансформації, планування ВЕ, ціноутворення, патерни енергоспоживання, готовність платити за зелену енергію в домогосподарствах тощо. У цьому кластері ключове слово «відновлювана енергія» зустрічається 1011 разів з загальною силою зв'язку 5132. Інші популярні ключові слова включають «альтернативна енергія» (518 випадків та загальна сила зв'язку 2751), «інвестиції» (318 і 1851 відповідно), «прийняття рішень» (118 і 647) та «контроль викидів» (128 і 818).

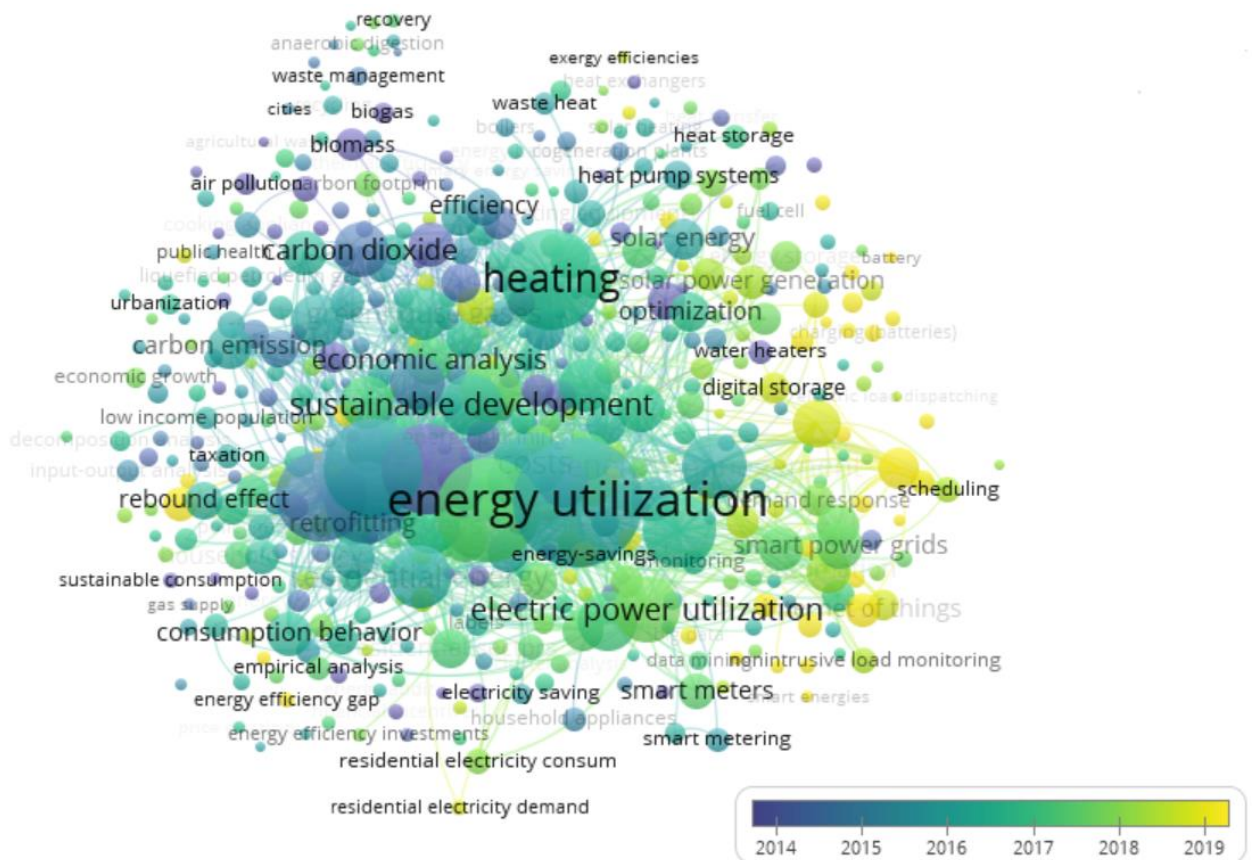


Рисунок 1.6 – Кумулятивна візуалізація аналізу спільного вживання ключових слів у сфері досліджень ЕЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

Другий (зелений) кластер складається з 69 статей, що акцентують увагу на різних технологіях біоенергетики, їх впливі на навколишнє середовище та домогосподарства. Він охоплює дослідження біогазу, біомаси, біодизелю, деревини, відходів та оцінки наслідків їх використання для зміни клімату, сталого розвитку, викидів парникових газів, якості життя, регіонального планування, житлового сектору і т. д. Основні ключові слова цього кластеру – «біогаз» (193 випадки з загальною силою зв'язку 1057), «біомаса» (197 і 998 відповідно), «парникові гази» (204 і 1307) та «сталий розвиток» (295 і 1502).

Третій (синій) кластер об'єднує 68 документів, присвячених останнім тенденціям у технологіях ВЕ в житловому секторі. Кластер охоплює тематику розподіленого виробництва ВЕ, мікромереж, гібридних автомобілів, смарт-лічильників і смарт-будинків, просьюмерів, побутових технологій зберігання

П'ятий (ліловий) кластер включає 25 документів, присвячених питанням опалення та охолодження в побутовому секторі з використанням технологій ВЕ. Серед них сонячна, геотермальна енергія, енергія відходів та інші відновлювальні джерела енергії. Кластер також містить статті з декарбонізації, централізованого опалення, зберігання тепла, холодильних установок, будинків з нульовим споживанням енергії тощо. Основні ключові слова включають «опалення» (444 випадки з загальною силою зв'язку 2563) та «використання енергії» (537 і 2800 відповідно).

На рис. 1.8 відображено еволюційний розвиток розглянутих кластерів щодо використання ВЕ домогосподарствами в період з 2015 по 2020 рр.

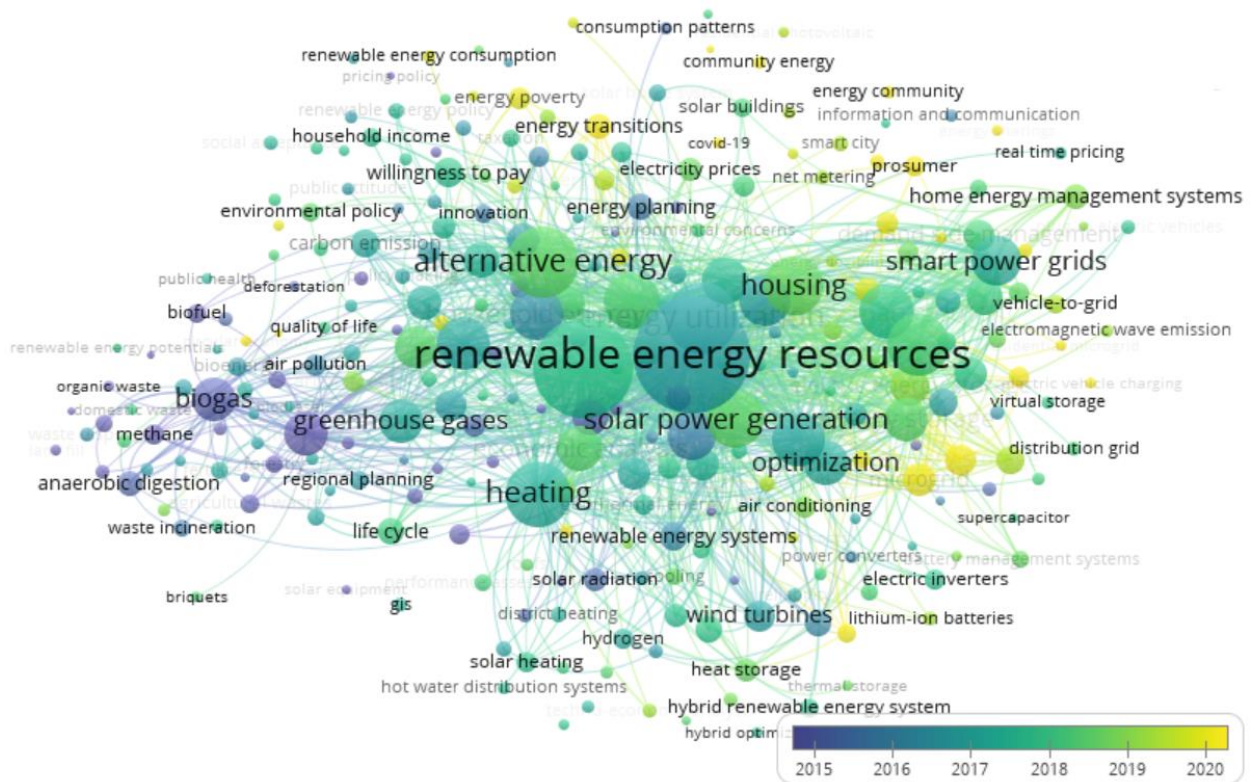


Рисунок 1.8 – Кумулятивна візуалізація аналізу спільного вживання ключових слів у сфері досліджень ВЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

У 2015-2016 рр. увага дослідників була зосереджена переважно на технологіях біоенергетики, вітрової енергії та плануванні енергії в домогосподарствах. У 2017-2018 рр. дослідницький фокус змістився на

домашні фотоелектричні системи, розумні електромережі, технології зберігання енергії, ефективне управління зеленою енергією, інвестиції у побутову ВЕ тощо. Останні тенденції досліджень включають мікромережі, зберігання водню, Інтернет речей, просьюмерство і перехід на зелену енергію в житловому секторі. Наприклад, нещодавні наукові розвідки в Україні розглядають розвиток просьюмерів, оптимізацію інвестицій у ВЕ, перехід до зеленої електроенергії, управління попитом на ВЕ тощо [4; 43; 45; 46; 47].

Результати аналізу спільного вживання ключових слів показують, що деякі кластери для досліджень ЕЕ і ВЕ дуже схожі, зокрема (1) червоні кластери ЕЕ і ВЕ, що розглядають економічні, соціальні та екологічні наслідки розвитку ЕЕ і ВЕ, (2) зелений ЕЕ і синій ВЕ кластери, що охоплюють нові тенденції в технологіях ЕЕ і ВЕ, (3) жовтий ЕЕ і ліловий ВЕ кластери, які об'єднують дослідження питань опалення та охолодження в побутовому секторі. Специфічними кластерами ВЕ є ті, що враховують біоенергетику та сонячну і вітрову енергію. Загалом аналіз спільного вживання ключових слів в VOSviewer підтвердив тенденції дослідження, виявлені за допомогою інструментів SciVal та Scopus.

1.4.2 Аналіз співавторства

Під час аналізу співавторства розглядалися провідні країни в дослідженнях ЕЕ та ВЕ (з мінімумом 10 статей на країну). Крім того, було враховано провідні організації та авторів, які мають більше 4 документів в галузі по всьому світу. Результати підтвердили висновки попереднього аналізу, зробленого за допомогою вбудованого інструмента Scopus. Крім того, було докладно вивчено наукові зв'язки між країнами.

Щодо досліджень ЕЕ в житловому секторі, виявлено, що наукова мережа країн включає всі континенти світу і представлена 9 кластерами, позначеними різними кольорами на рис. 1.9. Найвпливовішими є США, Великобританія, Китай, Німеччина, Австралія та Індія з найбільшою кількістю публікацій, що відповідає результатам аналізу за допомогою інструменту Scopus «Analyze search results». Японія, Нідерланди, Швеція, Італія, Іспанія, Швейцарія,

Франція, Польща мають менше статей, але активно збільшують їх кількість. США, Швеція, Японія, Канада, Південна Африка, Нова Зеландія, Бразилія і Мексика мають найдовшу історію досліджень в цій галузі з урахуванням періоду у 2015-2019 рр. (рис. 1.10). Деякі європейські країни, такі як Німеччина, Нідерланди, Італія, Данія, Швейцарія, активізували свої дослідження у сфері ЕЕ домогосподарств у 2016-2017 рр. разом із Гонконгом, Таїландом, Бангладеш тощо. Китай, а також Греція, Туреччина, Польща, Португалія, Іспанія, Франція та Україна значно розширили свої дослідження з тематики ЕЕ у 2018 році. У 2019 році Пакистан, Саудівська Аравія, Катар, Гана, Іран та Еквадор також продемонстрували прогрес у цій сфері.

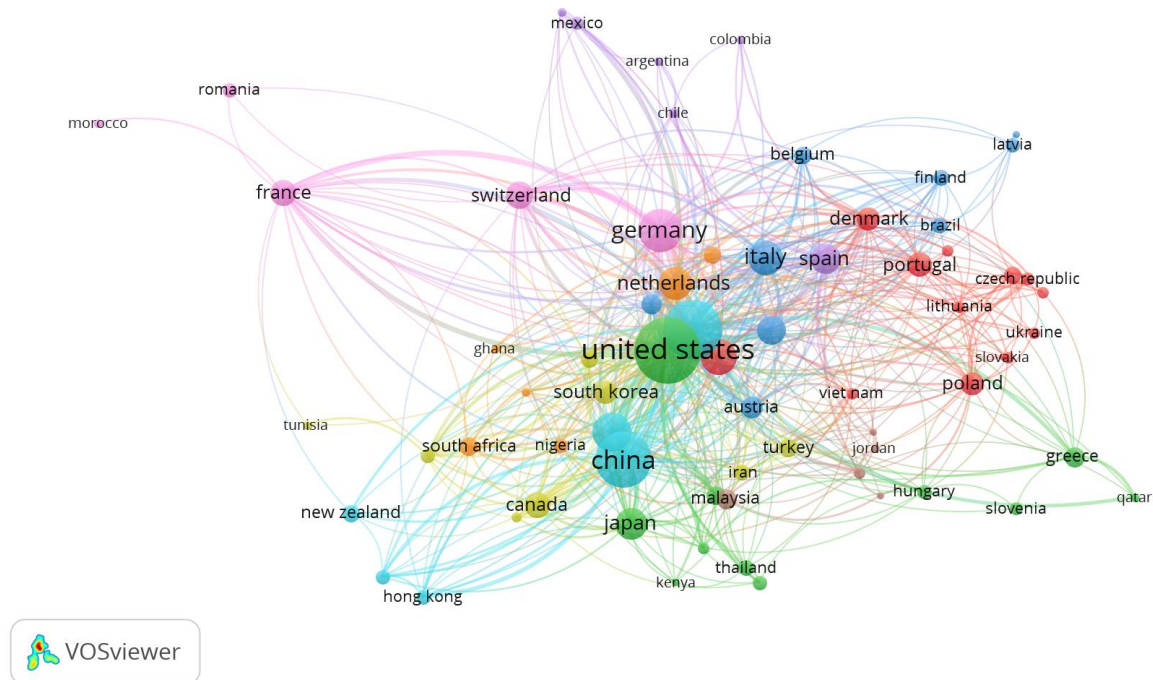


Рисунок 1.9 – Мережева візуалізація аналізу співавторства по країнах у сфері досліджень ЕЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

Варто зазначити широкую наукову співпрацю США та Великобританії з дослідниками з усіх континентів. Водночас їхні найбільші взаємодії включають європейську співпрацю. Китай здебільшого співпрацює з вченими

з Європи, а також має тісні стосунки з Японією, Австралією, Канадою, Південною Кореєю, Туреччиною, Гонконгом та іншими країнами. Німеччина в основному працює з європейськими країнами, а також з Мексико, Колумбією, Індонезією, Китаєм, Японією, Сінгапуром, Тунісом, Ганою та Ефіопією. Щодо України, її вчені проводять дослідження разом з колегами з Китаю, Великобританії, Німеччини, Словаччини, Португалії та Польщі.

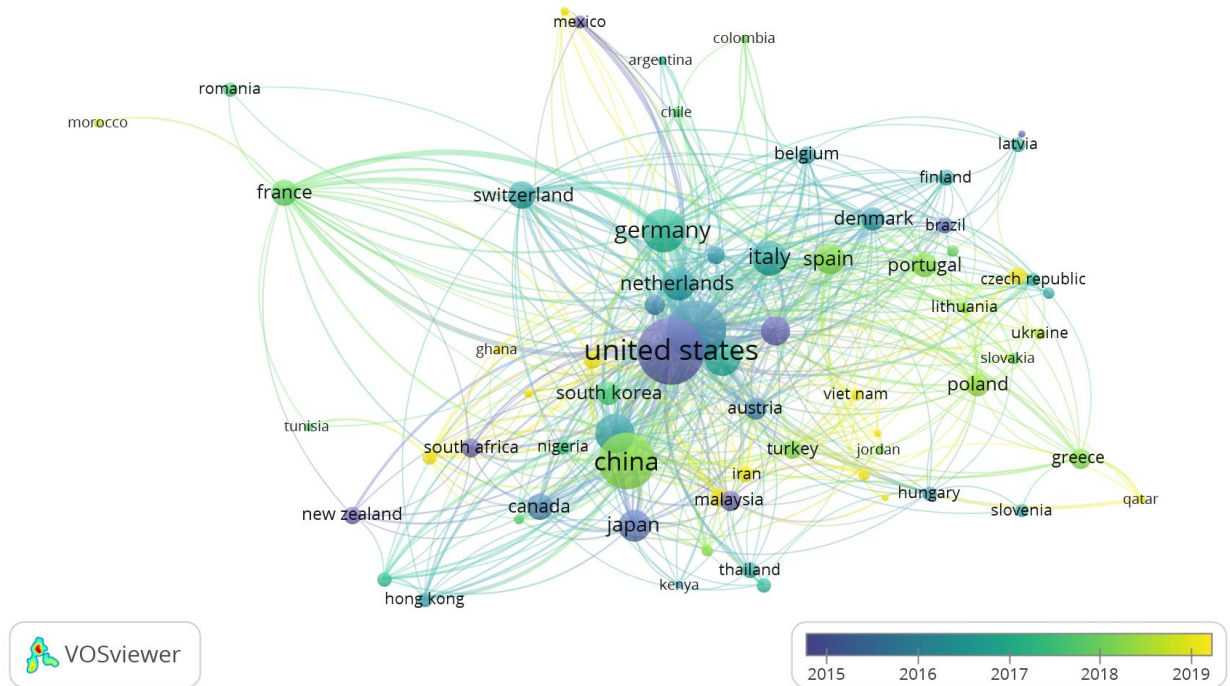


Рисунок 1.10 – Кумулятивна візуалізація аналізу співавторства по країнах у сфері досліджень ЕЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

У дослідженнях ВЕ в житловому секторі мережа країн представлена 8 кластерами, позначеними різними кольорами на рис. 1.11. Найвпливовішими державами є США, Великобританія, Китай, Німеччина та Індія з найвищою кількістю наукових публікацій, що підтверджується і результатами, отриманими за допомогою інструмента Scopus «Analyze search results». Польща, Австралія, Японія, Іспанія, Франція, Італія, Данія, Нідерланди, Південна Корея та Південна Африка мають менше документів, але активно

нарощують їх кількість. Варто відзначити, що США, Великобританія, Італія, Канада, Австралія, Австрія, Швейцарія, Бельгія, Бангладеш та Кенія входять до країн з найдовшою історією досліджень в цій галузі враховуючи період 2017-2020 рр. (рис. 1.12). Китай посилив свої дослідження в області ВЕ в 2018-2019 рр. разом із Південною Кореєю, Норвегією, Португалією, Іспанією, Хорватією та Румунією. У 2020 році також спостерігалася активність в цій дослідницькій сфері в Польщі, Україні, Пакистані, Саудівській Аравії, Єгипті, Гані, Іраку та Руанді.

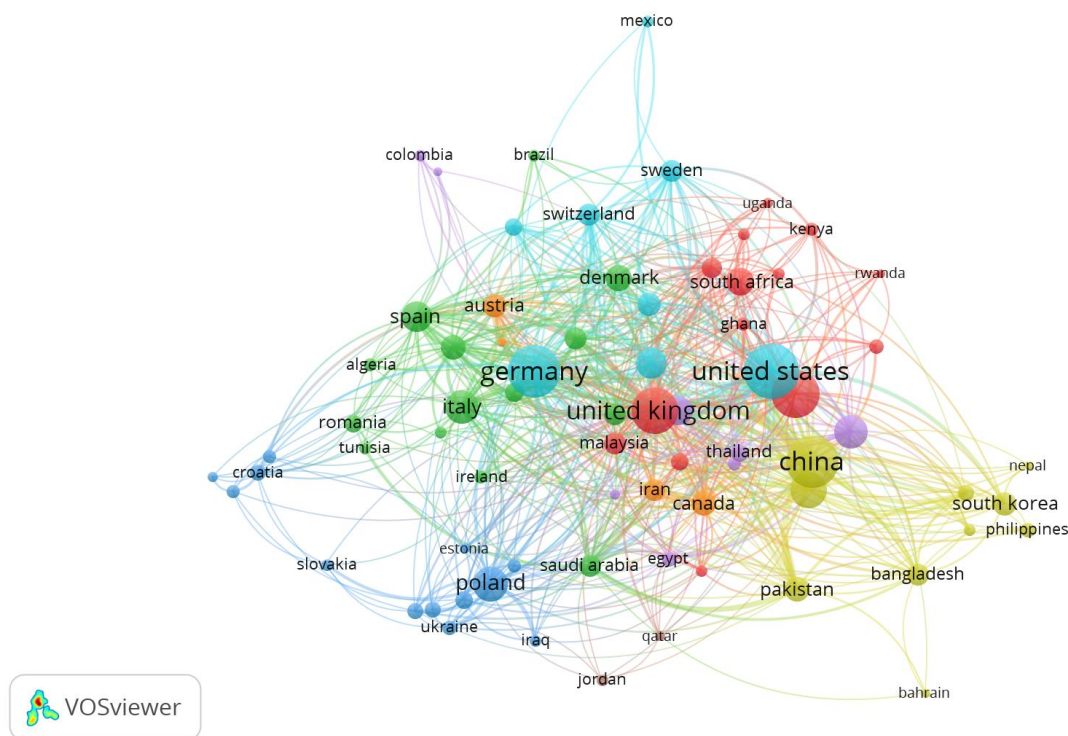


Рисунок 1.11 – Мережева візуалізація аналізу співавторства по країнах у сфері досліджень ВЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

Аналіз зв'язків між країнами свідчить про тісну співпрацю між США та європейськими дослідницькими організаціями, зокрема з Італії, Німеччини, Франції, Іспанії, Польщі тощо. Крім того, США мають спільні публікації з науковцями з Канади, Азії (Малайзії, Саудівської Аравії, Іраку, Тайваню), Африки (Південної Африки, Кенії, Ганія, Нігерії) та інших регіонів. Китайські

вчені співпрацюють з азіатськими дослідниками з Пакистану, Бангладеш, Південної Кореї і Філіппін, європейськими колегами з Німеччини, Великобританії, Італії, Іспанії, Франції, Данії та Польщі, африканськими вченими з Єгипту, Гани, Кенії, Руанди тощо. Великобританія має найширшу мережу зв'язків та працює з вченими з усього світу. Україна співпрацює в основному з колегами з сусідніх країн, таких як Польща, Словаччина, Естонія, Латвія та Литва, а також має спільні публікації з дослідниками з Німеччини, Великобританії, Швейцарії та Китаю.

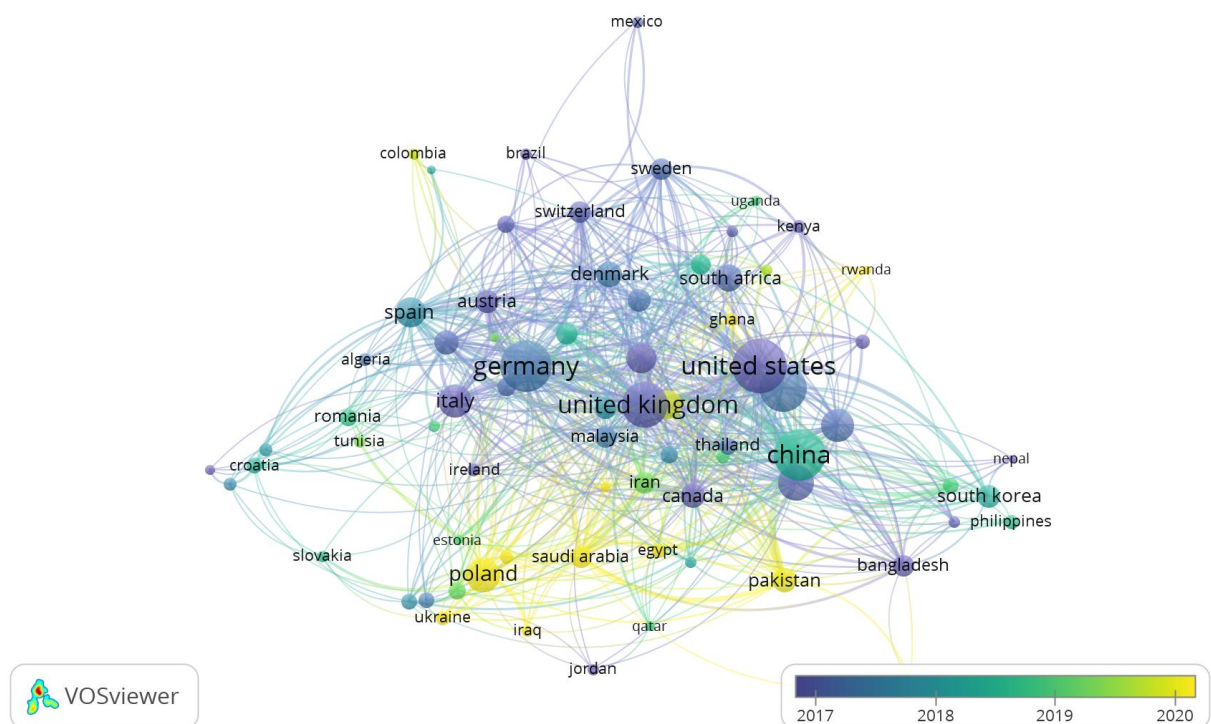


Рисунок 1.12 – Кумулятивна візуалізація аналізу співавторства по країнах у сфері досліджень ВЕ домогосподарств (побудовано у VOSviewer 1.6.19 на основі даних [6])

Отримані результати свідчать про зростаючу кількість країн, залучених до досліджень широкого напрямку в галузі ЕЕ і ВЕ домогосподарств. Ще одним потужним трендом є зростаюча міжнародна співпраця, що дозволяє досягти значного прогресу у наукових пошуках.

1.5 Перспективні напрями розвитку ЕЕ та ВЕ у контексті відбудови енергетичної інфраструктури побутового сектора України

Проведений аналіз досліджень у сфері ЕЕ та ВЕ домогосподарств дозволив виявити останні тренди наукових розвідок, а також провідні країни, науковців та напрями міжнародної співпраці. Результати аналізу кластеризації ключових слів за темами ЕЕ та ВЕ доцільно використати для розробки обґрунтованої стратегії інноваційної реконструкції та реорганізації житлового сектора України, оновлення його енергетичної інфраструктури у післявоєнному періоді. У перспективі результати дослідження можуть допомогти створити довгострокові механізми управління розвитком ВЕ та ЕЕ не лише в Україні, а й в інших країнах, які мають проблеми з реформуванням житлового сектора в напрямку декарбонізації та екологізації економіки.

Основні висновки з проведеного дослідження полягають у такому.

По-перше, питання ЕЕ і ВЕ в господарствах є предметом наукових досліджень вже протягом кількох десятиліть, проте вони набули значної популярності лише в останні 20 років у зв'язку з вичерпуванням запасів природних енергоресурсів, загрозою глобального потепління та забруднення довкілля, актуалізацією декарбонізаційних процесів національних економік та впровадженням концепції сталого розвитку. Особливе значення дана тематика має для України, яка прагне відновлювати зруйновану та пошкоджену війною енергетичну і житлову інфраструктуру за принципом «відбудуємо краще, ніж було».

Як свідчить бібліометричний аналіз, дослідження ВЕ в домогосподарствах мають менш тривалу історію (з 1984 року), ніж тематика ЕЕ (з 1978 року). Це пов'язано з повільнішим розвитком та комерціалізацією технологій ВЕ для промисловості і побутового сектору порівняно з технологіями ЕЕ. Спочатку об'єкти «зеленої» енергетики були не по кишені для домогосподарств, але завдяки технологічному прогресу та зниженню вартості вони стали доступними спочатку для розвинених країн, а потім і для

тих, що розвиваються. Сьогодні, через здешевлення «зелених» енерготехнологій, Україна має унікальний шанс для відбудови пошкодженої системи енергозабезпечення житлового фонду на засадах впровадження інноваційних ЕЕ та ВЕ розробок. Це відкриває вікно можливостей для подолання високої енергоємності побутового сектору країни, який залишився за рівнем розвитку у радянському минулому і ніс його тягар протягом трьох десятиліть. Технології, до яких розвинені країни йшли десятиліттями і які є доступними зараз, можна запровадити в Україні за кілька років, позбувшись неефективних житлових об'єктів, зруйнованих війною, і замінивши їх сучасними енергоефективними аналогами.

По-друге, спочатку публікації з ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах стосувалися здебільшого технічних питань. Згодом їх спектр поширився на дослідження соціальних і економічних аспектів, оскільки з'явилися можливості для більш широкого використання відповідних технологій масовим споживачем. Однак навіть зараз кількість економічних та соціальних дослідницьких статей в цій сфері в декілька разів менше, ніж технічних робіт. Водночас, висока цитованість статей саме економічного та соціального спрямування свідчить про наявність суспільного запиту на такі дослідження та актуальність формування ефективних механізмів управління впровадженням ЕЕ та ВЕ технологій, зокрема в Україні.

По-третє, відмінними рисами є міждисциплінарний характер багатьох публікацій з питань ЕЕ та ВЕ в побутовому секторі та потужна міжнародна співпраця. Наприклад, 31% статей з ЕЕ та практично 27% статей з ВЕ були опубліковані міжнародними авторськими колективами. Це відкриває ширші можливості для міжнародного трансферу технологій та підвищує шанси України співпрацювати з фахівцями з інших країн, залучаючи найкращі існуючі практики та формуючи нові, більш досконалі механізми для впровадження ЕЕ та ВЕ змін.

По-четверте, проведений аналіз спільного вживання ключових слів показав близький зв'язок між дослідженнями ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах,

що свідчить про схожість напрямків їх розвитку. Наприклад, як ЕЕ, так і ВЕ кластери включають набори публікацій, присвячені (1) соціальним, економічним і екологічним аспектам (сталому розвитку), (2) питанням опалення і охолодження, і (3) новим технологічним тенденціям у галузі. Крім того, набір (3) включає такі ідентичні технології, як розумні мережі, Інтернет речей, електричні автомобілі і т.д. Водночас, у ВЕ кластерах є специфічні, що охоплюють вітрову, сонячну та біоенергетику. Зазначені особливості мають враховуватися при визначенні механізмів імплементації ЕЕ та ВЕ змін в житловому секторі України, які можуть бути схожими до певної міри, але й брати до уваги специфічні риси кожної групи ЕЕ та ВЕ технологій, формуючи адекватну державну, регіональну, місцеву політику.

По-п'яте, слід відмітити еволюційні зміни у популярних напрямках досліджень з ЕЕ та ВЕ протягом останніх 8 років. У 2014-2015 роках увага вчених була спрямована на екологічні наслідки ЕЕ технологій та збереження енергії в будинках, тоді як у 2016-2017 роках набули популярності оптимізація потужності і політика підвищення ЕЕ у домогосподарствах. Найновітніші тенденції включають інноваційні технології ЕЕ та механізми управління їх впровадженням в житловому секторі. Щодо еволюції досліджень ВЕ, з часом їх фокус змістився від вивчення біо-, вітроенергетики та планування ВЕ в домогосподарствах до розгляду питань «зеленого» енергопереходу та інноваційних технологій, які забезпечують ці зміни, разом із інвестиціями, управлінням попитом та іншими економічними й організаційними механізмами для підтримки зазначених трансформацій. Окреслені еволюційні зміни слід враховувати при подальших наукових розробках в секторі ЕЕ та ВЕ домогосподарств України, спираючись на успішні існуючі важелі регулювання розвитку галузі та вдосконалюючи їх в умовах післявоєнної відбудови.

По-шосте, усі інструменти, використані для бібліометричного аналізу, показали приблизно однаковий перелік країн, які вносять вагомий внесок у дослідження з ЕЕ та ВЕ в житловому секторі. До них належать США, Великобританія, Китай та Німеччина як основні гравці з різноманітними

напрямами міжнародної співпраці. Крім того, Австралія та Іспанія демонструють високу публікаційну активність у сфері ЕЕ, а Індія та Нідерланди – у галузі ВЕ.

До топ-авторів (за публікаційним внеском) у сфері ЕЕ в домогосподарствах входять вчені з Великобританії, ОАЕ, Катару, Іспанії, Греції, Німеччини, Латвії та Австралії. Найбільш цитованими є праці, що розглядають економічні механізми та суспільне сприйняття технологій ЕЕ в житловому секторі. У галузі ВЕ найбільш активними за науковим доробком є дослідники з Австралії, Франції, Данії, Німеччини, Нідерландів, Іраку, Литви та Фінляндії. Найцитованіші праці цих авторів присвячені інноваційним технологіям «зеленої» енергетики та політичним інструментам розвитку ВЕ в домогосподарствах, питанням громадського сприйняття «зелених» енерготехнологій, проблемам енергетичної бідності та механізмам переходу до «зеленої» енергетики в житловому секторі. Науковий доробок зазначених країн та авторів потребує подальшого врахування при побудові механізмів управління ЕЕ та ВЕ змінами в домогосподарствах України.

Загалом проведений аналіз виявив нові тенденції досліджень з ЕЕ та ВЕ в житловому секторі та суспільний запит на публікації, які вивчають економічні та соціальні впливи та механізми управління впровадженням технологій ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах. Для України, крім розробки оптимальних інструментів для впровадження нових технологій та практик ЕЕ та ВЕ в побуті, надзвичайно важливо створити механізми, що забезпечать відновлення житлового фонду, знищеного війною, на основі інноваційних технологій ЕЕ та ВЕ, застосування стандартів «zero energy» для нових будинків, доведення до вимог ЕЕ будівель, що підлягають частковому відновленню, проведення термомодернізації старих будівель, які не відповідають сучасним стандартам ЕЕ, залучення ВЕ для енергопостачання в побуті тощо. Багато з цих питань актуальні не лише для України, а й для інших країн світу.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЕЕ В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ

Проведений у розділі 1 бібліографічний аналіз останніх світових трендів у розвитку ЕЕ та ВЕ у домогосподарствах дозволяє перейти до аналізу ефективності державних практик управління розбудовою ЕЕ та ВЕ в житловому секторі України та на цій підставі науково обґрунтувати теоретичні основи управління їх розбудовою на перспективу.

2.1 Концептуальні засади управління ЕЕ в побутовому секторі

Реалізація Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України проекту «Муніципальна енергетична реформа в Україні» [48] забезпечила суттєвий прогрес у вдосконаленні регуляторної та правової бази, створенні і впровадженні відповідних інструментів підвищення ЕЕ у громадах, впровадження систем енергетичного менеджменту. В Україні така робота суттєво активізувалась після прийняття постанови Кабінету Міністрів України «Про впровадження систем енергетичного менеджменту» [49]. При цьому одним із першочергових завдань є розробка та впровадження систем енергоменеджменту у житловому секторі. Це обумовлено низкою причин.

По-перше, в Україні має місце недостатній рівень фінансового забезпечення населення для підтримки нормативного рівня енергозабезпечення протягом опалювального сезону, тобто феномен «енергетичної бідності». Так, за даними [50], розподіл населення, що належить до енергетично бідних, в межах України є доволі значним і коливається від 93% у Закарпатській області до 4,8% в м. Київ. Порівняльні дані соціологічного опитування населення щодо якості опалення та наявності коштів для оплати за спожитий газ наведені в табл. 2.1. Хоча питомі показники витрат енергії на

утримання житла поступово скорочуються (табл. 2.2), вони залишаються доволі значущими.

Таблиця 2.1 – Порівняльні дані соціологічного опитування щодо якості опалення та наявності коштів для оплати за спожитий газ (сформовано авторами на основі [51])

Показник	Значення показника, у % від опитаних осіб			
	Україна	Латвія	Польща	Чехія
Неякісне опалення (не відповідає національним нормативам)	8,2	-	6,0	6,8
Недостатньо коштів для оплати спожитого газу	17,2	4,9	3,2	2,2

Таблиця 2.2 – Питомі витрати енергії на житло в Україні (сформовано авторами на основі [52])

Показник	Роки									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
т н.е./квартиру	1,232	1,221	1,212	1,213	1,214	0,980	1,040	0,971	0,976	0,806
т н.е./м ²	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,017	0,018	0,017	0,017	0,014

По-друге, не менш важливою причиною є загальноєвропейські тенденції до підвищення рівня ЕЕ, в тому числі у житловому секторі. Законом України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства» [53] визначено, як першочергове, завдання імплементації відповідних європейських директив та регламентів, які б гармонізували національне законодавство з європейською нормативно-правовою базою. Зміни мають бути запроваджені у сферах енергетики, навколишнього середовища, відновлюваних джерел енергії, цивільного будівництва тощо [54].

По-третє, ключовим та таким, що має широке застосування у всіх перелічених сферах, є поняття «енергоефективності». Власне управління ЕЕ є основною функцією енергоменеджменту, яка полягає у загальному керівництві процесом моніторингу та аналізу енергоспоживання, виявленні причин перевитрати паливно-енергетичних ресурсів, оперативному їх усуненню за

допомогою організаційних заходів. Зокрема, в рамках плану REPowerEU [55] Європейська комісія прийняла окреме повідомлення «ЄС заощаджує енергію» [56], в якому пропонується посилити довгострокові заходи з ЕЕ, що, як передбачається, є найшвидшим і найдешевшим способом боротьби з поточною енергетичною кризою, а також зменшення споживчих рахунків для домогосподарств. Враховуючи, що в Україні, як і в більшості європейських країн, близько 30% кінцевої енергії споживається будинками [57], практичне впровадження систем енергоменеджменту в домогосподарствах є надзвичайно актуальним.

2.1.1 Сутність та підходи до визначення ЕЕ

Формування основ управління розвитком ЕЕ в домогосподарствах не можливе без визначення сутності поняття ЕЕ. ЕЕ як концептуальний мультидисциплінарний термін має різні підходи до його визначення. Нами пропонується застосувати два з них: системний (міждисциплінарний) та діалектичний, що трактують поняття ЕЕ за принципом декомпозиції «від загального до часткового». Як загальне пропонується розглядати ЕЕ в широкому розумінні, а як часткове – на основі аналізу понять «efficiency» (ефективність) та «effectiveness» (продуктивність) – систематизацію підходів до класифікації показників ЕЕ в житловому секторі. Структурування дослідження відбувалось також за принципом генерації нового знання – «від часткового до загального». Тут, як часткове, розглядаються показники ЕЕ в домогосподарствах, а як загальне – принципи управління ЕЕ та архітектура енергоменеджменту в житловому секторі [58].

В найбільш широкому розумінні показники для оцінки ЕЕ поділяють на: термодинамічні, фізичні, фізико-термодинамічні, економіко-термодинамічні та економічні. Така широка класифікація та не завжди чітко визначення об'єкту оцінювання викликає плутанину, підміну одних показників іншими. Це призводить до порушення формально-логічного «закону тотожності», у відповідності до якого кожна думка в процесі мислення і висловлювання має

зберігати один й той самий зміст, незалежно від того, скільки разів вона повторюється [59; 60]. При оцінюванні економіко-термодинамічних та економічних показників ЕЕ така плутанина досить часто призводить до ігнорування іншої фундаментальної передумови оцінки економічної ефективності – правила тотожності натурально-речового результату [61]. Вказані протиріччя суттєво посилюються коли об'єктом оцінки ЕЕ є домогосподарства. Це, в свою чергу, актуалізує проблематику дослідження як самої сутності ЕЕ, так і науково-методичних підходів до класифікації та визначення відповідних показників.

В низці досліджень, на системному рівні, розглядаються питання комплексного формування стратегії управління ЕЕ підприємств теплоенергетики [62], підвищення ЕЕ національної економіки [63], оцінки ЕЕ в житловому секторі [64], умови та обмеження прийняття енергоефективних управлінських рішень [65]. При цьому дослідження не позбавлені внутрішніх протиріч щодо визначення поняття ЕЕ. Зокрема, у праці [64] ототожнюються поняття ЕЕ та «енергоспоживання». В роботі [65] «рівень ЕЕ» пропонується структурувати на показники двох блоків «...економічна частина – в блоці «енергоємність» і технічна сторона виробництва – в блоці «корисне використання енергії». Визначення економічної сутності ЕЕ через енергоємність є, на наш погляд, дискусійним.

У вітчизняних публікаціях досліджуються різні аспекти як категорійно-понятійного апарату, так і методів оцінки ЕЕ. Так, в роботах [66; 67] розвивається концепція оцінки економіко-енергетичних показників ЕЕ, яка «...характеризує результат економічної діяльності, що було досягнуто при витраті одиниці паливно-енергетичного ресурсу в грошовому еквіваленті чи натуральному вираженні». В роботі [68] запропоновано концепцію нормативно-індексного підходу до визначення показників ЕЕ (питома вага енерговитрат у загальних витратах підприємства, питома вага енерговитрат у собівартості продукції (послуг, робіт) та питома вага енергоресурсів з відновлюваних джерел). Подібна концепція для умов житлово-комунального господарства розвивається в

роботі [69]. У праці [70] має місце певна еkleктика, коли ЕЕ розглядається як «...галузь знань на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології».

Серед закордонних наукових публікацій варто виділити роботи [71; 72; 73; 74; 75; 76], в яких досліджується нормативно-індексний підхід. Разом з тим, пропоновані показники скоріше мають властивості індикаторів, які характеризують загальну динаміку ЕЕ. Важливою, на наш погляд, є робота [77] автори якої зазначають: «...пошук ефективного та стислого вимірювання ефективності залишається спірною темою. ...Існує відчуття плутанини та непорозуміння між визначеннями ЕЕ та ефективності». Ця теза повністю співпадає з нашим розумінням поточного стану методичних розробок з визначення ЕЕ.

Важливою, при обґрунтуванні методичних підходів до оцінки ЕЕ, є концепція першочергового принципу ЕЕ (так званого принципу ЕЕ1st) [78], який розуміють як принцип прийняття рішення, що враховує доступні варіанти прийняття технології та поведінки зміни, оцінює їх щодо набору цілей і реалізує ті, які найкраще відповідають цим цілям. Цей принцип є основою формування політики управління складними енергосистемами [75; 79; 80]. Питання оцінки та прогнозування ЕЕ на муніципальному рівні та у сфері житлового господарства досліджуються в роботах [75; 81; 82]. Авторами підтримується концепція інтегрованого процесу планування ЕЕ з урахуванням визначених пріоритетів і стратегій для покращення енергозбереження. Методична база оцінки ЕЕ спирається на нормативно-індексний підхід.

Формально, при визначенні сутності поняття ЕЕ та розрахунку відповідних показників, необхідно застосовувати нормативні документи (табл. 2.3). Разом з тим, аналіз діючих нормативних документів, в частині визначення сутності поняття ЕЕ, свідчить про принципово різне його тлумачення. Якщо в [83] має місце економічний підхід із загальноприйнятою конструкцією «результат/витрати», то в [84] і, відповідно, в Методиці [85], має місце нормативно-індексний підхід до визначення показників «енергозбереження/ енергоспоживання». Зокрема вказується, що «...показниками ЕЕ для будівель є питомі показники, які характеризують різні види побутового енергоспоживання: пи-

томе енергоспоживання при опаленні; питома енергоспоживання при освітленні» [85].

Таблиця 2.3 – Нормативне визначення поняття ЕЕ (сформовано авторами на основі [83; 84; 85; 86; 87; 88; 89])

Нормативний документ	Характеристика ЕЕ
Закон України «Про енергетичну ефективність» [83]	Ст. 1, п. 6: ЕЕ – кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході.
Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [84]; ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та ЕЕ будівель» [89]	Ст. 1, п. 5: ЕЕ будівлі – властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.
Директива 2012/27/EU Європейського парламенту та Ради від 25.10.2012 р. про ЕЕ, яка змінює Директиви 2009/125/EC та 2010/30/EU і скасовує Директиви 2004/8/EC та 2006/32/EC [86]	Ст. 2, п. 4: ЕЕ – співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та енергією на вході; п. 5: «енергозбереження» – обсяг зекономленої енергії, визначений шляхом вимірювання та (або) оцінювання споживання до та після реалізації заходу з покращення ЕЕ... .
Методика визначення енергетичної ефективності будівель [85]	Розділ I, п. 2: показник ЕЕ – числове значення енергетичної характеристики будівлі, яке використовується для ранжування ЕЕ, вимог до ЕЕ та/або для сертифіката.
Директива Європейського парламенту і Ради 2010/31/EC від 19 травня 2010 року про енергетичні характеристики будівель (нова редакція) [87]	Ст. 2, п. 4: «енергетичні характеристики будівлі» – розрахований або вимірний обсяг енергії, потрібний для задоволення потреб в енергії, пов'язаних із звичайним використанням будівлі, що включає, між іншим, енергію для опалення, охолодження, вентиляції, постачання гарячої води та освітлення.
Директива Європейського парламенту і Ради 2006/32/EC від 5 квітня 2006 року про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги, а також про скасування Директиви Ради 93/76/EEC [88]	Ст. 3, п. b: «раціональне використання енергії» – співвідношення досягнутих результатів діяльності, послуг, товарів і енергії та витратою енергетичних ресурсів; п. d: «енергозбереження» – об'єм збереженої енергії визначається кількістю та/або орієнтованим споживанням перед і після здійснення одного або декількох заходів... .

Намагання упорядкувати понятійний апарат та підходи до визначення показників ЕЕ обумовили низку публікацій [90; 91; 92] в яких, з посиланням на фундаментальну роботу П. Друкера [93], проведено аналіз понять «efficiency» (ефективність) та «effectiveness» (продуктивність). Можливо,

певні протиріччя як у вітчизняній науковій літературі, так і в нормативних документах обумовлені тим, що майже всі словники дають один і той же переклад обох понять як «ефективність». В роботі [94] наводяться результати системного аналізу економічної сутності термінів «ефективність», «результативність», «економічність» та «продуктивність». Автори приходять до висновку, що «...дані поняття є близькими за економічною сутністю, але зовсім не тотожними». Не заперечуючи проти застосування терміну «effectiveness» (продуктивність), який може характеризувати певні показники енергозбереження/енерговикористання, у нашому дослідженні, в частині визначення економічної сутності поняття ЕЕ, вона розуміється як «efficiency» – ефективність додаткової одиниці ресурсу на отримання додаткової одиниці натурально-речового результату [58].

2.1.2 Показники ЕЕ

Як в нормативних документах, так і в науковій літературі мають місце протиріччя не тільки стосовно визначення сутності поняття ЕЕ, а й при застосуванні її показників. Такі протиріччя об'єктивно обумовлені різними сферами застосування показників та задачами, які вирішуються за їх допомогою. Класифікація, запропонована Murray G. Patterson [95], є найбільш поширеною, системною, та такою, яка, до певної міри, «знімає» протиріччя між фахівцями різних галузей (табл. 2.4).

Автори роботи [96] дотримуються класифікації методів оцінки ЕЕ, запропонованої у [95], вказуючи при цьому, що фізичним або ж фізико-термодинамічним показникам «...часто надають перевагу, оскільки вони не включають монетарних коливань і мають більш тісний зв'язок з технічною (технологічною) ЕЕ». У вітчизняній науковій літературі показники ЕЕ, як правило, поділяють на наступні базові класи:

- фізико-технічні, які характеризують ступінь технічної досконалості технологій споживання, транспортування та зберігання паливно-енергетичних ресурсів;

- соціально-енергетичні, які характеризують економічно та соціально обґрунтовані рівні витрат паливно-енергетичних ресурсів для досягнення соціально прийнятних стандартів якості життя людини та суспільства;
- економіко-енергетичні, які характеризують співвідношення між результатами економічної діяльності та відповідними обсягами витрат паливно-енергетичних ресурсів [66].

Таблиця 2.4 – Класифікація показників ЕЕ (сформовано авторами на основі [74; 95])

Показники	Сутність
Термодинамічні (технічні)	ЕЕ = вихід корисної енергії / витрата енергії.
Фізичні	Наприклад, необхідна кількість палива на одиницю відстані, пройдену автомобілем (л/км).
Фізико-термодинамічні	Гібридні показники вимірювання входів у термодинамічних значеннях і виходів у фізичних, або навпаки. Наприклад, вихід енергії на літр палива (кВт·год/л).
Економіко-термодинамічні	Гібридні показники вимірювання входів/виходів у термодинамічному і фінансовому вираженні. Наприклад, ціна за одиницю енергії (грн/кВт·год).
Економічні	Як вхід, так і вихід вимірюється у фінансових одиницях. Наприклад, інвестиції на дохід (грн/грн).

Пропонована класифікація співпадає з класифікацією [74; 95], а в частині соціально-енергетичних показників суттєво її доповнює. Відповідно до [66] визначення економіко-енергетичних показників ЕЕ на всіх ієрархічних рівнях соціально-економічних систем має базуватися на наступному загальному співвідношенні:

$$Ds = \frac{Os}{Cs}, \quad (2.1)$$

де s – індекс показника, який характеризує результати економічної діяльності в грошовому еквіваленті чи натуральному вираженні, $s = 1 \div S$;

Ds – показник ЕЕ, який характеризує результат економічної діяльності, що був досягнутий при витраті одиниці паливно-енергетичних ресурсів;

Cs – обсяг витрат паливно-енергетичних ресурсів;

O_s – результати економічної діяльності, досягнуті за рахунок використання паливно-енергетичних ресурсів в обсязі C_s .

Такий підхід відповідає загальноприйнятому поняттю економічної ефективності в конструкції «результат/витрати» і, на наш погляд, повинен застосовуватися як загальний принцип при оцінці економіко-термодинамічних та економічних показників ЕЕ.

Як в науковій літературі, так і у нормативних документах широко застосовується індексний метод оцінки ЕЕ (індикатори ЕЕ), який характеризує динаміку та спрямованість зміни поточного значення об'єкту, процесу, технології і т.п. порівняно з деяким базовим значенням. Обґрунтування популярності такого підходу можна знайти у [77], де автори, зокрема, вказують: «...існує відчуття непорозуміння між визначеннями ЕЕ та ефективності. У результаті формули і методи вимірювання ефективності часто стають предметом критики. ...Навіть якщо визначення ефективності є зрозумілим, метод оцінки може бути досить громіздким, що ускладнює його розуміння або впровадження». У праці [73] наводяться теоретичні підходи, а в роботі [74] розвиваються методичні підходи до класифікації та розрахунку індикаторів ЕЕ (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Індикатори ЕЕ та методи їх оцінки (сформовано на основі [74])

Індикатор	Метод оцінки	Переваги/обмеження
Енергопродуктивність (зворотна величина енергоємності)	Співвідношення між корисним виходом і витратою енергії	Легко отримувати дані та обчислювати; розрахунок зазвичай враховує ВВП та споживання енергії, але не може усунути інші впливи на ВВП.
Продуктивність енергії після декомпозиції факторів	Індекс Ласпейреса	Завдяки аналізу змін у продуктивності енергії оцінюється взаємозв'язок між енергоспоживанням та економічним розвитком. Обмежений методом декомпозиції та труднощами з отриманням емпіричної підтримки.
Комплексний індекс ЕЕ	Технічна ефективність; ефективність розподілу; економічна ефективність	Може використовуватися для порівняння відмінностей ефективності на рівні галузей, регіонів та країни. Можна оцінити тенденцію зміни ефективності з плином часу.

Повною та доступною базою індикаторів ЕЕ є [76], яка містить річні дані з 2000 року в чотирьох основних секторах кінцевого споживання (житловий сектор, послуги, промисловість і транспорт), а також дані про структуру енергоспоживання для країн-членів міжнародної енергетичної агенції та за їх межами.

Показники ЕЕ в житловому секторі визначаються на основі двох нормативних документів. По-перше, Методика визначення ЕЕ будівель [85] яка, за класифікацією [95], базується на оцінюванні фізико-термодинамічних показників ЕЕ: питомого енергоспоживання при опаленні, освітленні, охолодженні і т.п. в розрахунку на 1 м² житлових будівель і 1 м³ громадських будівель. На наш погляд, такі показники характеризують фізичні властивості існуючих будівель або новобудов щодо енергозбереження. Через оцінку зменшення питомого енергоспоживання завдяки капіталовкладенням в енергозбереження вони можуть бути трансформовані в економіко-термодинамічні або економічні показники. По-друге, Методика для оцінки обсягів кінцевого споживання енергії домогосподарствами за цілями призначення методами математичного моделювання [97], яка також базується на оцінюванні фізико-термодинамічних показників ЕЕ. В Методиці «...застосовується широкий набір параметрів і припущень, зокрема, частки витрат різних джерел енергії за цілями призначення та обсяги споживання електроенергії побутовими пристроями...». Отримані показники можуть бути трансформовані в економіко-термодинамічні або економічні з урахуванням поточних цін/тарифів як на первинні, так і вторинні енергетичні ресурси.

Слід зазначити, що в Директиві 2010/31/ЄС [87] рекомендуються до оцінювання економіко-термодинамічні та економічні показники ЕЕ. Зокрема, найнижче енергоспоживання рекомендується визначати «...із урахуванням інвестиційних витрат, пов'язаних з енергоспоживанням, витрат на технічне обслуговування та операційних витрат (включно з витратами на енергію та заощадження енергії, категорією відповідної будівлі, доходами від виробленої енергії)». Разом з тим, у наукових публікаціях широко досліджуються індексні

(фізико-термодинамічні) показники ЕЕ будівель [71]. Так, зокрема, в роботі [72] пропонується більше 40 показників ЕЕ для домогосподарств, серед яких: індекс ЕЕ (технічний); коефіцієнт енергозбереження (технічний); економія електроенергії (валовий) та ін.

У вітчизняних наукових дослідженнях також мають місце різні підходи до оцінки показників ЕЕ житлових будівель. Зокрема в роботі [69] розвивається концепція оцінки фізико-термодинамічних показників. Автори провели «...аналіз питомого енергоспоживання нових житлових будівель (починаючи з 2019 року) та порівняльну оцінку енергоспоживання у перерахунку на 1 особу для різних міст України та інших країн». Результати дослідження мають важливе значення не тільки для вдосконалення нормативної бази, а і при оцінці можливості домогосподарств впроваджувати заходи з енергозбереження за рахунок власних коштів (при порівнянні вартісних показників питомого енергоспоживання у розрахунку на одну особу з рівнем доходів громадян). Навпаки, в роботі [67] розвивається концепція економіко-термодинамічних та економічних показників економічної ефективності енергозберігаючих заходів. Зокрема, автор пропонує оцінювати ефективність проєктів з енергозбереження на основі показника повного економічного результату, як це передбачено, наприклад, в [98]. На наш погляд, такий підхід є цілком обґрунтованим. Однак, коли об'єктом оцінки виступає домогосподарство, необхідно провести додаткові дослідження та визначити, що є показником повного економічного результату.

Важливою складовою забезпечення ощадливого енергоспоживання в житловому секторі є імплементація в національні нормативні документи положень [99]. Цей регуляторний документ зобов'язує на всіх стадіях життєвого циклу будь-якого об'єкту, в тому числі і об'єктів житлової забудови, дотримуватись принципу EE1st. Разом з тим, в рекомендаціях Комісії ЄС зазначається, що Директива ЄС [86] «...сприяє впровадженню цього принципу, але не містить жодних конкретних вимог щодо того, як цей принцип має застосовуватися» [100]. Зважаючи на цю обставину, на національному рівні

має бути розроблений комплексний план впровадження принципу EE1st у всі нормативні документи, державні та регіональні цільові програми з EE [58].

Автори роботи [75] критично розглядають показники EE, які можна використовувати, зокрема на рівні формування політики. Вони зазначають, що традиційні термодинамічні показники EE мають обмежене застосування, «...оскільки вони приділяють недостатню увагу необхідним послугам кінцевого споживача». Автори розглядають обмеження та відповідне використання фізико-термодинамічних, економіко-термодинамічних і суто економічних показників EE та зазначають, що при впровадженні принципу EE1st необхідно враховувати «...роль ціннісних суджень у розробці показників EE, проблеми якості енергії, проблеми спільного виробництва».

2.1.3 Принципи та інструменти EE

Розробка муніципальних програм підвищення EE в домогосподарствах має ґрунтуватися на ряді принципів, узагальнення яких нами наведено в табл. 2.6. Такі принципи опосередковано містяться в Законі України «Про внесення змін до деяких законів України щодо усунення бар'єрів для масштабної термомодернізації будівель» [101], який суттєво вдосконалює чинне законодавство у сфері EE будівель і, зокрема, Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [84] та імплементує положення Директиви 2010/31/ЄС «Про енергетичні характеристики будівель (нова редакція)» [87].

Необхідно зазначити, що однією із головних проблем підвищення EE домогосподарств є обмеженість фінансових ресурсів. Так, за даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, від початку повномасштабної війни в Україні та станом на середину червня 2022 року 3,5 млн людей мають пошкоджене або зруйноване житло в житлових будинках, загальна кількість яких становить 116 тис., а загальна площа – 14 млн м², з них багатоквартирних будинків – 12,3 тис. (12 млн. м²), індивідуальних – 104,1 тис. (1,7 млн м²) [102].

Таблиця 2.6 – Принципи та інструменти реалізації політики ЕЕ у домогосподарствах (складено авторами)

Принципи	Змістовна сутність	Інструменти
1	2	3
ЕЕ1st (базовий принцип кліматичної та енергетичної політики ЄС)	<ul style="list-style-type: none"> - скорочення первинного і кінцевого енергоспоживання із забезпеченням високого рівня ЕЕ будівель; - використання лише тієї енергії, яка потрібна для задоволення потреб і комфорту людей; - пріоритет врахування критеріїв ЕЕ в усіх сферах муніципальних політик, соціальних відносин. 	<p>Вимоги Закону України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу».</p> <p>Вимоги ДСТУ 2155-93 «Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню».</p> <p>Вимоги Директиви Європейського парламенту і Ради 2006/32/ЄС від 5 квітня 2006 року «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги, а також про скасування Директиви Ради 93/76/ЄЕС».</p>
Декарбонізація	<ul style="list-style-type: none"> - використання місцевої відновлюваної енергії для опалення та охолодження будівель, збільшення використання скидного тепла; - інтеграція будівель до енергетичних систем. 	<p>Вимоги Директиви 2009/28/ЄС Європейського Парламенту та Ради «Про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС».</p>
Комфортність та безпека	<ul style="list-style-type: none"> - забезпечення високого рівня санітарних, екологічних та безпечових стандартів щодо умов у будівлях, мінімізація ризиків для здоров'я та життя; - висока якість повітря та теплового комфорту в будівлях, запобігання поширенню респіраторних захворювань; - впровадження енергоефективних систем вентиляції, адаптація до змін клімату. 	<p>Вимоги ДБН В.2.2-15-2019 «Житлові будинки. Основні положення».</p> <p>Вимоги ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».</p> <p>Вимоги «Директиви Європейського Парламенту і Ради 2010/31/ЄС від 19 травня 2010 року «Про енергетичні характеристики будівель (нова редакція)».</p>
Фінансова доступність	<ul style="list-style-type: none"> - залучення інвестицій в термомодернізацію будівель, розвиток відповідних ринків та допоміжний характер бюджетного стимулювання; - пропорційна фінансова підтримка термомодернізації для різних верств населення, зокрема для соціально вразливих груп. 	<p>Програма «Енергодім».</p> <p>Урядова програма «тепліх кредитів».</p> <p>Програма «Віднови дім».</p>

Продовження табл. 2.6

1	2	3
	- пропорційна фінансова підтримка термомодернізації для різних верств населення, зокрема для соціально вразливих груп.	
Врахування життєвого циклу будівель	- мінімізація екологічного сліду будівель протягом їх життєвого циклу; - впровадження будівельного інформаційного моделювання; - зменшення кількості будівельних відходів, що не мають повторного використання.	Вимоги ДСТУ ISO 14044:2013 «Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та настанови (ISO14044:2006, IDT)».
Цифрова трансформація	- перехід до «розумних» будівель; - автоматизація систем енергомоніторингу та енергоменеджменту громадських і житлових будівель; - використання інтелектуальних систем обліку, автоматичного та віддаленого управління енергоспоживанням на основі змінних параметрів мікроклімату.	Умови ДСТУ ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT)».
Врахування історичної цінності та архітектурної естетики	- врахування специфіки історичного центру, естетичності архітектурних ансамблів та збереження громадського простору.	Вимоги Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

У 2018 році в Україні було створено державну установу «Фонд енергоефективності». Програми Фонду передбачають консультативну та технічну підтримку заявників на всіх етапах реалізації проєкту з ЕЕ, надання грантів на їх реалізацію, включаючи сертифікацію ЕЕ, розробку проєктної документації, вартість робіт та матеріалів. Розмір відшкодування становить від 40% до 70%, залежно від виду робіт та комплексу передбачених проєктом заходів. Також на підтримку сталості функціонування і фінансування Фонду енергоефективності та забезпечення дотримання Україною міжнародних зобов'язань (у тому числі Паризької угоди), передбачених статтею 1 Закону України «Про Фонд енергоефективності» [103], Україною було підписано Міжнародну угоду «Програма підтримки енергоефективності в Україні –

EE4U» від 18.04.2018 р. [104] та Міжнародну угоду «Програма підтримки енергоефективності в Україні – EE4U-II» від 17.12.2018 р. [105].

На початок 2022 року Фонд здійснив виплату грантів на суму близько 5,5 млн євро, які були спрямовані співвласникам багатоквартирних будинків на проведення термомодернізації. Загальна вартість проєктів становить близько 225 млн євро. Бюджет програм Фонду становить 300 млн євро на 5 років, ведуться переговори щодо продовження та розширення програм Фонду, а також продовження та збільшення їх фінансування [106].

Як висновок зауважимо, що узагальнення сучасних науково-методичних підходів до оцінювання ЕЕ дозволило встановити, що поряд із застосуванням терміну «effectiveness» (продуктивність), який може характеризувати термодинамічні (технічні), фізичні та фізико-термодинамічні показники енергозбереження/енерговикористання (характеристики будівлі, обладнання, якості енергії), в частині визначення економічної сутності поняття ЕЕ необхідно нормативно закріпити його значення як «efficiency» (ефективність додаткової одиниці ресурсу на отримання додаткової одиниці натурально-речового результату) [58].

З метою зняття протиріч, визначення показників ЕЕ на всіх ієрархічних рівнях соціально-економічних систем має базуватися на єдиному, загальноприйнятому методі оцінки економічної ефективності в конструкції «результат/витрати» та застосовуватися як загальний принцип при оцінці економіко-термодинамічних та економічних показників ЕЕ. Це створює методологічне підґрунтя для уточнення/коригування як категорійно-понятійного апарату, так і методичних принципів існуючих нормативно-методичних документів з питань ЕЕ.

Принципи та інструменти реалізації політики ЕЕ у домогосподарствах визначені в окремих нормативно-правових документах, стандартах та державних програмах. Доцільно такі принципи (ЕЕ1st, декарбонізації, комфортності та безпеки, фінансової доступності, врахування життєвого циклу будівель, цифрової трансформації, врахування історичної цінності та

архітектурної естетики) сформулювати як окрему статтю Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» з відповідним узгодженням зі спеціальними нормативно-правовими і методичними документами.

Одним із ключових завдань удосконалення принципів і методів формування та реалізації політики ЕЕ в домогосподарствах є вдосконалення діючих нормативно-правових документів на основі імплементації принципу EE1st. Це, окрім термодинамічних та фізико-термодинамічних показників ЕЕ будівель, дозволить формалізувати (розробити систему моніторингу та коригування) економіко-термодинамічні і суто економічні показники [107]. Така робота суттєво підвищить економічну обґрунтованість державних програм з енергозбереження в Україні, дозволить враховувати рівень фінансової спроможності домогосподарств, підвищити роль ціннісних суджень стосовно якості енергії та ін.

2.2 Результати реалізації та напрямки вдосконалення державної політики щодо розвитку ЕЕ в домогосподарствах України

2.2.1 Нормативно-правова база зростання ЕЕ в побутовому секторі

Станом на 2023 рік в Україні відсутній єдиний нормативно-правовий документ, який би безпосередньо визначав засади державної політики щодо розвитку ЕЕ в домогосподарствах. Разом з тим, це не означає, що така політика відсутня. Враховуючи системний, багатoproфільний характер поняття ЕЕ (див. §2.1), а також складний, об'єктивно обумовлений, характер взаємозв'язків у системі «генерація – постачання – домогосподарства», певні положення державної політики ЕЕ у житловому секторі містяться в окремих законах України та підзаконних актах [49; 83; 84; 86; 85; 87; 88].

Необхідно особливо зазначити, що проблеми ЕЕ знайшли своє відображення в нормативних документах безпекового характеру. Зокрема, у [108] сформульована стратегічна ціль 4. - Енергетична ефективність

використання енергоресурсів та ЕЕ національної економіки. Пріоритетними завданнями з досягнення цієї цілі є:

- реалізація комплексу заходів та програм підвищення ЕЕ за секторами національної економіки, зокрема в паливно-енергетичному комплексі, а також у житлово-комунальній сфері, домогосподарствах та бюджетній сфері;
- запровадження принципу EE1st для прийняття владою та бізнесом відповідних рішень;
- спрощення процедур та *розвиток сервісів для реалізації проєктів з ЕЕ*;
- забезпечення обліку обсягу споживання енергоресурсів;
- реалізація комплексу заходів з розширення використання локальних альтернативних видів палива;
- розроблення комплексу заходів з *інтеграції споживачів, що використовують відновлювані джерела енергії для власного споживання, у роботу Об'єднаної енергетичної системи України*;
- формування інституційної бази для забезпечення доступу до високоякісних енергетичних аудитів та сприяння *впровадженню програм енергоменеджменту*.

В «Переліку державних цільових програм, які виконуються в межах бюджетної програми у 2023 році» [109] міститься «Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2021 роки» [110]. На 2021 бюджетний рік були передбачені заходи, «...спрямовані на *стимулювання населення та співвласників багатоквартирних будинків, житлово-будівельних кооперативів до впровадження енергоефективних заходів шляхом відшкодування частини суми кредитів, залучених від придбання котлів з використанням будь-яких видів палива та енергії (крім природного газу та електроенергії) та відповідного обладнання і матеріалів до них та енергоефективного обладнання та/або матеріалів*».

В «Публічному звіті Голови Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності) про підсумки діяльності у 2022 році» [111] міститься системна інформація, зокрема, про результати роботи у сфері ЕЕ та у сфері ВЕ. Зазначається, що у 2022 році розроблено та затверджено три нормативно-правові акти:

- постанова уряду від 4.11.2022 р. № 1238 «Про затвердження Порядку надання інформації про сертифікацію систем енергетичного та/або екологічного менеджменту суб'єктів господарювання» [112];

- постанова уряду від 25.11.2022 р. №1315 «Про затвердження Порядку обміну інформацією між Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження та кваліфікаційними організаціями» [113];

- наказ Міненерго від 20.10.2022 р. № 360 «Про затвердження Порядку формування, оприлюднення та оновлення переліку виконавців енергосервісу, потенційних об'єктів енергосервісу» [114].

Ці документи безпосередньо стосуються житлового сектору та спрямовані на підвищення рівня його ЕЕ. У звіті також зазначається, що у 2022 році в Єдиній державній електронній системі у сфері будівництва (ЄДЕССБ) зареєстровано 2440 сертифікатів енергетичної ефективності будівель. На основі аналізу діючих нормативно-правових актів та програмних документів нами систематизовані цілі/заходи, спрямовані на підвищення ЕЕ в домогосподарствах (табл. 2.7).

2.2.2 Державні програми стимулювання підвищення ЕЕ в домогосподарствах та їх результати

Практичні заходи з підвищення ЕЕ в домогосподарствах реалізуються через низку державних програм. Зокрема, з листопада 2022 року почав реалізовуватись перший пілотний етап нової програми Фонду ЕЕ «Віднови дім».

Таблиця 2.7 – Цілі/заходи щодо підвищення ЕЕ в домогосподарствах (сформовано авторами на основі [53; 110; 115; 116; 117; 118; 119])

Нормативний/програмний документ	Цілі/заходи, спрямовані на підвищення ЕЕ в домогосподарствах
Договір про заснування Енергетичного Співтовариства [53; 115]	Очікується, що реалізовані протягом 2019-2023 рр. проекти забезпечать щорічне зниження споживання природного газу на 494 271 тис. м ³ .
Цілі сталого розвитку 2016-2030 (ООН) [116]	Ціль 7. Доступна та чиста енергія. Передбачає, зокрема, створення умов для доступного, надійного і сталого постачання енергії до споживача (населення), впровадження програм і заходів з підвищення енергозбереження та ЕЕ секторів економіки.
Енергетична стратегія України на період до 2050 року [117]	Посилення вимог до обладнання та будівель (стандарти, регламенти, сертифікація тощо). Запровадження механізмів стимулювання ЕЕ в житловій сфері (енергетичний аудит, фінансові інструменти тощо); підтримка ініціатив з підвищення ЕЕ будівель.
Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року [118]	Встановлення мінімальних вимог до ЕЕ будівель та енергоспоживчих продуктів (обладнання); забезпечення функціонування системи енергетичного маркування електрообладнання побутового призначення. Потенціал економії цього заходу оцінюється в 192 тис. т н.е. в секторі послуг, 690 тис. т н.е. в побутовому секторі, 794 тис. т н.е. в промисловому секторі.
План заходів з реалізації у 2021-2023 роках Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року [119]	Сприяння залученню інвестицій (коштів приватних інвесторів або залучених кредитних ресурсів) в термомодернізацію житлових будівель, зокрема через реалізацію механізмів здешевлення вартості таких заходів. Забезпечення 100-відсоткового комерційного обліку споживання природного газу, теплової енергії та води у будівлях бюджетних установ та житлових будинках.
Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв із відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2021 роки [110]	Стимулювання ОСББ та ЖБК до впровадження енергоефективних заходів шляхом відшкодування частини суми кредиту, залученого на придбання енергоефективного обладнання та/або матеріалів. Стимулювання населення (домогосподарств) до впровадження енергоефективних заходів шляхом відшкодування частини суми кредиту, залученого для придбання котлів із використанням будь-яких видів палива та енергії (за винятком природного газу та електроенергії (крім електричного теплоаккумуляційного обігріву та гарячого водопостачання), а також відповідного додаткового обладнання і матеріалів до них. Стимулювання населення до впровадження енергоефективних заходів шляхом відшкодування частини суми кредиту, залученого на придбання енергоефективного обладнання та/або матеріалів.

Хоча першочерговою метою програми є фінансування будівельних робіт з відновлення житлових будинків, пошкоджених внаслідок військової агресії Російської Федерації проти України, програма містить, в тому числі, і компонент енергозбереження. Нею, зокрема, фінансується виконання таких видів робіт (послуг):

- заміна або ремонт пошкоджених світлопрозорих огорожувальних конструкцій (віконних блоків або/та блоків балконних дверей, зовнішніх дверей);

- ремонт пошкоджень фасадів будівлі;

- ремонт пошкоджень покриття будівлі;

- ремонт пошкодженого обладнання *дахових котелень та інженерних мереж*.

Пілотний етап програми діє на території Житомирської, Київської, Сумської та Чернігівської областей. Учасниками програми можуть стати ОСББ.

Фонд ЕЕ надає учасникам програми фінансування у формі гранту, який виплачується на безоплатній та безповоротній основі у розмірі 100% вартості витрат на виконання прийнятних заходів за затвердженим проектом. Загальна сума гранту складається з сум першого та другого траншів і не може перевищувати граничну суму – 6 млн грн на один об'єкт відновлення (будинок або його частину, якщо в будинку створено більше одного ОСББ). Крім того, фінансування заміни або ремонту пошкоджених світлопрозорих огорожувальних конструкцій (блоків віконних або/та блоків балконних дверей, вітражів тощо), зовнішніх і внутрішніх тамбурних дверей відбувається в межах граничних вартостей, встановлених Фондом ЕЕ.

Іншою програмою, яку адмініструє Фонд, є програма «Енергодім» [120]. Фонд ЕЕ підтримує ініціативи щодо ЕЕ, впровадження інструментів стимулювання і підтримки здійснення заходів з підвищення рівня ЕЕ будівель та енергозбереження (заходи з енергоефективності), зокрема в житловому секторі. Програма реалізується з урахуванням Національного плану ЕЕ з

використанням кращих практик зменшення викидів двоокису вуглецю з метою виконання Паризької угоди, а також Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, забезпечення дотримання Україною міжнародних зобов'язань у сфері ЕЕ. Програмою передбачається досягнення середнього рівня економії споживання енергетичних ресурсів за сукупністю всіх проєктів, що фінансуються в межах програми, до 20%. Проведені Фондом ЕЕ дослідження результативності програм показали їх достатню дієвість (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Результати реалізації програм Фонду ЕЕ за 2022-2023 роки (сформовано авторами на основі [121])

Показники	Значення
<i>Програма «Віднови дім»</i>	
Загальна кількість проєктів у програмі, од.	231
Завершено проєктів, од.	86
Частково завершені проєкти, од.	54
Кількість домогосподарств, що стали учасниками програми, од.	16733
Обсяг фінансування проєктів програми, млн євро	484,5
Сплачено за завершеними проєктами, млн євро	200,0
<i>Програма «Енергодім»</i>	
Завершено проєктів, од.	143
Частково завершені проєкти, од.	152
Кількість домогосподарств, що стали учасниками програми, од.	63532
Обсяг фінансування проєктів програми, млрд євро	4,1
Сплачено за завершеними проєктами, млн євро	936,1
Економія енергії, млн кВт·год/рік	329,2
Скорочення викидів CO ₂ , тис. т/рік	88,0

В роботі [122] наводяться результати дослідження ефективності державної програми «теплі кредити». Авторами, під час дослідження, здійснено не лише репрезентативні вибіркові обстеження учасників програми, а зібрано та проаналізовано дані про їхнє енергоспоживання від 82 підприємств теплокомуненерго, обленерго, облгазів. За результатами оцінки програми встановлені наступні показники:

- середня річна економія споживання газу для приватного домогосподарства складає більше 25%;

- середня річна економія споживання тепла для ОСББ становить 20%, газу – 10%, а електроенергії – 9%.

В цілому за три опалювальні періоди (періоди проведення обстежень) ОСББ/ЖБК скоротили обсяги споживання електроенергії в середньому на 899 кВт·год/місяць або на 8,6%. Це становить близько 951 грн/місяць в розрахунку на одне ОСББ/ЖБК при середньомісячній оплаті за спожиту послугу 11062 грн (в цінах березня 2018 року) [122]. Наприклад, для одного ОСББ м. Чернігів, завдяки впровадженню комплексу енергоефективних заходів, витрати на опалення зменшилися майже на понад 50%: із 37 грн/м² до 9-18 грн/м² за місяць, а вартість житла піднялася на 30 % [123].

З прийняттям закону України «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації» [124] введено поняття *енергосервісу* як комплексу технічних та організаційних енергозберігаючих (енергоефективних) та інших заходів, спрямованих на скорочення замовником енергосервісу споживання та/або витрат на оплату паливно-енергетичних ресурсів та/або житлово-комунальних послуг порівняно із споживанням (витратами) за відсутності таких заходів (п. 2 ч. 1 ст. 1). Потенціал підвищення ЕЕ в побутовому секторі за допомогою цього інструменту є оцінюється як значний, проте його застосування в Україні має певні вади, проаналізовані нижче.

Енергосервісні послуги може надавати ЕСКО. Це підприємство, що здійснює заходи, які дозволяють гарантовано підвищити енергетичну ефективність та економію енергетичних ресурсів [125]. Основною сферою діяльності ЕСКО є здійснення енергосервісу на підставі енергосервісних договорів [124]. Об'єктом енергосервісу є будинок, будівля, споруда, їх комплекс, об'єкт та/або елемент (частина) об'єкта благоустрою населених пунктів, група будівель (споруд), комплекс (будова), які перебувають у державній або комунальній власності та щодо яких центральним органом виконавчої влади, до сфери управління якого належить замовник

енергосервісу (щодо об'єктів державної власності), виконавчим органом місцевої ради або місцевим органом виконавчої влади (щодо об'єктів комунальної власності) прийнято рішення про закупівлю енергосервісу (п. 3 ч. 1 ст. 1 закону [124]). Як слідує з закону [124], енергосервіс спрямований насамперед на об'єкти державної та комунальної власності, водночас приватні будинки залишаються поза увагою цього документу. Таким чином, наразі відсутнє нормативно-законодавче регулювання взаємодії ЕСКО та приватних замовників-домогосподарств, що породжує безліч ризиків для обох сторін в умовах нестабільної економіки і тим більше воєнного стану.

Примітно, що реалізація проектів з підвищення ЕЕ із залученням приватних ЕСКО навіть для об'єктів державної та комунальної власності створює певні загрози для замовників. Передусім, останні не можуть впливати на вибір заходів, що будуть реалізовані в рамках проєкту. Під час проведення публічної закупівлі енергосервісу замовник не має права обмежувати ЕСКО у виборі енергоефективних заходів та обладнання, а також строків їх впровадження. ЕСКО самостійно визначає інженерне та бізнесове рішення, що мають бути реалізовані на об'єкті замовника. Тому ЕСКО зацікавлені у здійсненні низьковартісних технологічно не складних проєктів, спрямованих на модернізацію систем комерційного обліку енергоносіїв, систем теплопостачання, заміну котельного обладнання. Натомість замовники очікують здійснення комплексної термомодернізації об'єктів, яка має тривалі строки окупності. Крім того, кінцева вартість заходів з поліпшення ЕЕ, запроваджених на засадах енергосервісу, перевищує вартість аналогічних заходів, реалізованих за кошти замовника. Окрім вартості обладнання і робіт ЕСКО закладає в ціну договору додаткові витрати на довгострокове управління проєктом, обслуговування обладнання, вартість фінансових ресурсів, потенційних ризиків, маржу власного прибутку.

Найбільшими перепонами для розвитку ринку енергосервісу на сьогодні є недостатність фінансових ресурсів, які можна залучити для фінансування проєктів, а також невелика кількість активних ЕСКО, що реально працюють на

ринку. Наразі більшість таких компаній неспроможні фінансувати велику кількість проєктів через брак власного капіталу і відсутність дешевого довгострокового кредитування. Тому ринок енергосервісу в Україні є ринком конкуренції замовників з метою залучення ресурсів ЕСКО.

2.2.3 Напрямки вдосконалення державної політики щодо розвитку ЕЕ в побутовому секторі

Не зважаючи на систематизацію державної політики з підвищення ЕЕ в домогосподарствах, окремі положення нормативних та програмних документів потребують удосконалення. В роботах [126; 127; 128] нами, на концептуальному рівні, розроблені відповідні рекомендації.

Аналіз ефективності енергоспоживання в секторі домогосподарств вказує на значний потенціал зниження витрат (10-20%) [129; 130]. Відтак, одним із важливих практичних заходів з ліквідації феномену «енергетичної бідності» в державі є управління розвитком ЕЕ в домогосподарствах України. Необхідне вироблення чіткої, зрозумілої для населення програми ЕЕ у межах вимог закону України «Про енергетичну ефективність» [83]. Наразі Нова Державна програма ЕЕ до 2027 року перебуває в стадії розробки. Вважаємо, що елементами цієї програми мають стати комплексні заходи з підтримки енергоефективних заходів домогосподарств, серед яких:

- створення ефективної домашньої інфраструктури енергозаощадження. Зокрема, на державному рівні потрібно сприяти впровадженню сучасних енергоощадних технологій у населення шляхом надання інформаційної підтримки щодо доступних технологій, фінансових пільг, кредитних програм, дотацій або субсидій для застосування інноваційних технологій та матеріалів, що сприяють зниженню споживання енергії в житловому приміщенні або його частині;

- зменшення частки енергомістких приладів, підключених до домашніх мереж шляхом проведення освітніх кампаній щодо енергоефективного використання побутових приладів (пояснення споживачам про те, як

правильно використовувати прилади та як зменшити їх енергоспоживання), підтримки програм обміну енергомістких приладів на енергоефективні альтернативи, а також регулюванням стандартів ЕЕ для виробників приладів (встановлення обов'язкових вимог щодо ЕЕ приладів, що випускаються на ринок, та забезпечення дотримання цих стандартів виробниками). Уряд України вже робить певні кроки в цьому напрямку, зокрема з 30.01.2023 р. власники домогосподарств можуть обміняти 5-ть старих ламп розжарювання на 5-ть LED-ламп [131];

- запровадження заходів з економічного стимулювання збільшення ЕЕ, оскільки чинні тарифи не сприяють реалізації багатьох ініціатив щодо підвищення ЕЕ через те, що період окупності таких заходів для домогосподарств перевищує термін їх експлуатації. Пропонується запровадження повністю ринкового тарифу (тобто населення має купувати природний газ й електроенергію за такими ж цінами, як і промислові споживачі) за введення систем компенсацій заходів ЕЕ з бюджету в межах зекономлених коштів на різниці в тарифах для домогосподарств. Системи компенсацій можна реалізувати, використовуючи механізми повернення державою коштів, витрачених населенням за конкретними напрямками підвищення ЕЕ. Зокрема:

- за напрямком зниження споживання електроенергії необхідна система компенсацій за встановлення таймерів на електробойлери, сонячних панелей з гібридним інвертором при власному споживанні, теплових насосів на потреби опалення та гарячого водопостачання, утеплення будинків з електроопаленням. Особливості застосування та переваги компенсацій за заходами зниження споживання електроенергії наведені у табл. 2.9;

- за напрямком зниження споживання природного газу необхідна система компенсацій за встановлення систем погодного регулювання роботи систем опалення, за утеплення трубопроводів опалення та комунікацій гарячої води для побутових потреб на прибудинкових територіях, за заміну вікон на енергоефективні, за утеплення горища та зовнішніх стін, за встановлення

твердопаливного котла для заміщення споживання природного газу. Особливості застосування та переваги компенсацій за заходами зниження споживання електроенергії наведені у табл. 2.10.

Таблиця 2.9 – Особливості застосування та переваги компенсацій для домогосподарств за заходами зниження споживання електроенергії (сформовано авторами на основі [129])

Захід	Гранична сума компенсації, грн	Нормативна річна економія/ заміщення, кВт·год	Нормативна економія коштів за тарифом 2,64 грн/кВт·год*, грн	Нормативна економія коштів за ринкового тарифу/рік, грн
Встановлення таймерів на електробойлери	3 000	0	1502,41	2 032
Встановлення сонячних батарей з гібридним інвертором при власному споживанні	400 000	7700	21861,84	33 310
Встановлення теплових насосів на потреби опалення та гарячого водопостачання	400 000	17000	48503	85 400
Утеплення будинків з електроопаленням	140 000	4200	11924,64	21 000

Примітка. * – від 1.06.2023 р. домогосподарства сплачують єдиний тариф у розмірі 2,64 грн/кВт·год.

Так, населення України багато споживає природного газу та електроенергії порівняно з іншими країнами, при цьому коштів для державного стимулювання зростання ЕЕ не вистачає. Запропоновані заходи забезпечать стимули та можливості швидко знизити енергоспоживання домогосподарств за незначних витрат держави на підтримку цих заходів, оскільки основним джерелом стане отримання додаткових надходжень від

державних підприємств, або від зменшення компенсацій населенню на покриття різниці в тарифах.

Таблиця 2.10 – Особливості застосування та переваги компенсацій для домогосподарств за заходами зниження споживання природного газу (сформовано авторами на основі [129])

Заходи	Гранична сума компенсації грн	Нормативна економія (заміщення) теплової енергії, Гкал	Нормативна економія за існуючого тарифу, грн/рік	Нормативна економія коштів за ринкового тарифу, грн/рік
Встановлення погодного регулювання роботи систем опалення	1 000 000	100	150 000	330 000
Утеплення трубопроводів опалення та комунікацій гарячої води для побутових потреб на прибудинкових територіях	500 000	90	135 000	297 000
Заміна вікон на енергоефективні	400 000	10	15 000	33 000
Утеплення горища	1 200 000	35	52 500	115 500
Утеплення зовнішніх стін	9 000 000	250	375 000	825 000
Встановлення твердопаливного котла для заміщення споживання природнього газу	10 000 000	2136	- 1 068 000	2 776 800

Важливим є подальше розширення спектру інструментів стимулювання підвищення ЕЕ в побутовому секторі на основі розвитку організаційно-економічного механізму енергосервісу. Зважаючи на проблеми, описані вище, необхідна державна підтримка ЕСКО з метою розширення кола їхніх замовників та гарантування правової підтримки і захисту прав як замовника, так і виконавця. У свою чергу, це потребує ухвалення відповідних законів та актів, що регламентують механізм реалізації енергосервісу у побутовому секторі, а також включення до державних програм фінансової підтримки

розвитку ЕЕ (наприклад, програми «теплих кредитів») в домогосподарствах пільг і особливих механізмів щодо виконання заходів з підвищення ЕЕ в рамках середньо- і довгострокових енергосервісних контрактів.

Підсумовуючи, зазначимо, що на сьогодні в Україні відсутній єдиний нормативний документ, що прямо регулює принципи державної політики щодо розвитку ЕЕ в житловому секторі. Замість цього, різні аспекти ЕЕ в цій сфері регулюються різними законами і підзаконними актами, включаючи документи безпекового характеру, зокрема, в контексті енергетичної безпеки. Щоб підвищити якість координації та ефективність державної політики, варто сформулювати її засади щодо розвитку ЕЕ в домогосподарствах в окремому розділі закону України «Про енергоефективність будівель».

Державне агентство з ЕЕ та енергозбереження України відіграє активну роль у впровадженні державної політики ЕЕ на сучасному етапі, розробляючи нормативно-правове та методичне забезпечення для її реалізації, забезпечуючи розвиток енергосервісу та інших ініціатив. Державні програми, такі як «Віднови дім», «Енергодім» від Фонду ЕЕ та «теплі кредити», спрямовані на підвищення ЕЕ в житловому секторі, демонструють високу ефективність та залученість населення. Наприклад, програма «теплі кредити» обумовила 25%-ву середньорічну економію газу у приватних домогосподарствах, 20%-ву економію тепла, 10%-ву – газу та 9%-ву – електроенергії для ОСББ.

Зважаючи на велику частину нереалізованого потенціалу зростання ЕЕ в побутовому секторі, подальші кроки щодо підвищення рівня ЕЕ в домогосподарствах мають включати надання інформаційної підтримки щодо доступних технологій, фінансових пільг, кредитних програм, дотацій та субсидій для використання інноваційних технологій та матеріалів, сприяючи зменшенню споживання енергії. Також важливо проводити освітні кампанії щодо енергоефективного використання побутових приладів та стимулювати ЕЕ шляхом впровадження компенсацій за встановлення таймерів, сонячних панелей, теплових насосів і систем погодного регулювання, адаптувати механізм енергосервісу до потреб домогосподарств.

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ВЕ В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ

3.1 Управління розвитком ВЕ в побутовому секторі України: нормативно-правові засади

Розвиток ВЕ розглядається країнами світу як ключовий інструмент у вирішенні проблеми зростаючого попиту на енергію та пом'якшення наслідків зміни клімату [132; 133]. Крім того, розбудова генеруючих потужностей ВЕ відіграє значну роль у забезпеченні енергетичної безпеки країн світу [42; 134], що є особливо актуальним у світлі геополітичних подій 2022-2023 рр.

Досягти аналогічних цілей шляхом розвитку ВЕ прагне й Україна. Поряд з використанням відновлювальних джерел енергії в промисловому секторі, перспективним є їх залучення до сектору приватних домогосподарств. Так, інсталяція генеруючих потужностей ВЕ в житловому секторі сприяє забезпеченню [135]:

- безперебійного енергопостачання, що стало особливо актуальним під час війни. Однією з цілей повномасштабного втручання Російської Федерації стала цілеспрямована руйнація енергетичної інфраструктури (електростанцій, високовольтних електропідстанцій, ліній електропередач тощо), що призвело до суттєвого зменшення загального обсягу генерації електроенергії в країні. З метою стабілізації роботи енергосистеми уряд був вимушений запроваджувати графікові стабілізаційні обмеження споживання електроенергії по всій території України. Саме генеруючі потужності ВЕ здатні забезпечувати безперебійне децентралізоване енергопостачання й протистояти зазначеним викликам;

- прогнозованості цін на електроенергію. Зважаючи на численні руйнування енергетичної інфраструктури та необхідність фінансових ресурсів для її відновлення, у липні 2023 року було підвищено тарифи на

електроенергію для домогосподарств до 2,64 грн/кВт·год. Проте нові тарифи все ще не покривають собівартості виробництва електроенергії, відтак планується їх подальше зростання. Використання електроенергії з відновлювальних джерел енергії дозволяє домогосподарствам бути менш вразливими до цінових флуктуацій;

- екологічної та кліматичної сталості. Використання відновлювальних джерел енергії населенням сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та, таким чином, робить внесок у виконання міжнародних зобов'язань України в рамках глобальної кліматичної угоди.

На сьогодні, досягнення амбітних цілей щодо розвитку ВЕ в Україні, у тому числі й у секторі приватних домогосподарств, безпосередньо залежить від державної підтримки. Розуміння цього відобразилось у формуванні нормативної бази у сфері управління розвитком ВЕ, встановленні довгострокових індикативних цілей щодо зростання частки «зеленої» енергії в загальному кінцевому енергоспоживанні та впровадженні механізмів державної підтримки для заохочення виробництва енергії з відновлюваних джерел енергії.

До основних законодавчих та програмних документів у сфері ВЕ, що прийняті та реалізуються в Україні, належать:

- Енергетична стратегія України «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» на період до 2035 року, яка визначає основні цілі та напрями розвитку ВЕ в Україні [1]. Так, відповідно до [1] планується збільшити частку енергії, згенерованої з відновлювальних джерел енергії, у кінцевому енергоспоживанні країни, до 12% у 2025 році та до 25% у 2035 році відповідно. Основні цілі Енергетичної стратегії включають розширення використання відновлювальних джерел енергії секторах економіки, зокрема в транспорті, сільському господарстві та житловому секторі, створення сприятливих умов для інвестицій у ВЕ, підвищення рівня інформованості про переваги відновлювальних джерел енергії тощо;

- Національний план дій з розвитку ВЕ на період до 2030 року, який не лише встановлює цілі щодо розбудови ВЕ в різних секторах економіки до

2030 року, а й передбачає заходи для її збалансованого розвитку [136]. Він визначає збільшення частки енергії з відновлювальних джерел енергії у кінцевому енергоспоживанні країни до 27% у 2030 році, зокрема у в секторі електроенергетики до 25%, в секторі опалення та охолодження – до 35%, у транспортному секторі – до 14%. У документі суттєва увага приділяється забезпеченню розвитку ВЕ на ринкових засадах, створенню умов для розбудови балансуєчих потужностей та систем накопичення енергії, виробництва українського обладнання та комплектуючих для сфери ВЕ, підтримці розвитку ВЕ в житловому секторі, розбудові енергетичних кооперативів, інтеграції нових технологій ВЕ тощо;

- закон України «Про альтернативні джерела енергії» [137], який визначає правові, економічні та екологічні основи використання альтернативних джерел енергії та заходи, спрямовані на стимулювання їх залучення до паливно-енергетичного сектору України;

- закон України «Про ринок електроенергії» [138], яким передбачені правові та економічно-організаційні основи функціонування ринку електроенергії, умови та порядок застосування ЗТ для заохочення генерації «зеленої» електроенергії;

- закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» [139], який визначає правові, економічні та організаційні засади застосування механізмів державної підтримки розвитку ВЕ, зокрема ЗТ та «зелених» аукціонів.

Формування нормативно-правової бази у сфері ВЕ в Україні стало першим кроком у напрямі управління розбудовою генеруючих потужностей «зеленої» енергетики. Поряд із створенням нормативної бази для стимулювання розвитку ВЕ, були запроваджені економічні механізми її підтримки. З 2009 роки вони застосовувалися до генеруючих потужностей ВЕ у промисловому секторі, а з 2014 року – у секторі приватних домогосподарств.

До основних з них належать ЗТ, податкові та митні пільги, фінансово-кредитні механізми.

1. ЗТ. Так, відповідно до закону України «Про альтернативні джерела енергії» [137] основним мотиваційним інструментом є ЗТ – спеціальний тариф, за яким держава закуповує надлишок електроенергії, згенерованої генеруючими потужностями приватних домогосподарств, неспожитий на власні потреби.

Починаючи з 2014 року, власники приватних домогосподарств отримали право інсталювати СЕС та ВЕС, загальна встановлена потужність яких не перевищувала 30 кВт. З початку 2019 року, враховуючи значний попит на інсталяцію СЕС, їх дозволена встановлена потужність була підвищена до 50 кВт, за умови їх розташування без використання земель сільськогосподарського призначення. Однак, зазначена законодавча норма діяла лише до кінця 2019 року, після чого була скасована. Починаючи з 2019 року, ЗТ почав поширюватися на комбіновані вітро-сонячні установки встановленою потужністю до 50 кВт.

Розрахунки ставок ЗТ здійснюються відповідно до алгоритмів, зазначених в постанові НКРЕКП № 1817 від 30.08.2019 року «Про затвердження Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств, генеруючі установки яких виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії» [140]. Варто зазначити, що ЗТ для електроенергії, виробленої генеруючими установками домогосподарств, встановлюється єдиним для всіх приватних домогосподарств.

З метою захисту власників енергогенеруючих об'єктів від можливої інфляції, ЗТ прив'язаний до курсу євро і переглядається щоквартально НКРЕКП відповідно до офіційного курсу Національного банку України. Дохід домогосподарства від продажу електроенергії за ЗТ підлягає

оподаткуванню. Розмір податку становить 19,5%, із них 18% – податок із доходів фізичних осіб та 1,5% – військовий збір.

Механізм стимулювання розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств за допомогою ЗТ встановлений до 1.01.2030 р. Держава зобов'язується купувати весь обсяг електроенергії, неспожитий домогосподарством на власні потреби, до закінчення терміну його дії.

2. *Податкові та митні пільги.* Відповідно до Податкового та Митного кодексів України [141; 142], при реалізації проєктів ВЕ власники домогосподарств звільняються від сплати:

- податку на додану вартість обладнання та комплектуючих, що використовуються для будівництва електростанцій на відновлюваних джерелах енергії;
- митних зборів на імпорт обладнання та комплектуючих, які використовуються для будівництва електростанцій на відновлюваних джерелах енергії і не мають українських аналогів.

3. *Механізми фінансово-кредитної підтримки.* При прийнятті рішення щодо будівництва електростанцій на відновлюваних джерелах енергії власники домогосподарств можуть скористатися пільговими кредитами в рамках програм Ощадбанку «Зелена енергія» та Укргазбанку «Еко енергія».

В рамках програми Ощадбанку «Зелена енергія» кредити поширюються на придбання та встановлення фотоелектричних панелей, сонячних батарей/акумуляторів та додаткового обладнання і матеріалів до вищезазначених товарів. За умовами кредитування власник приватного домогосподарства повинен сплатити 30% від вартості товарів та робіт. Термін кредиту становить від 1 до 7 років; сума кредиту – від 100 тис. до 1 млн грн, максимальна ставка кредитування – 17,99% річних [143].

В рамках програми Укргазбанку «Еко енергія» кредити надаються на придбання та інсталяцію СЕС і комбінованих вітро-сонячних генеруючих систем. Відповідно до умов кредитування мінімальний перший внесок становить 15% від вартості придбання та встановлення СЕС і 25% від вартості

придбання та встановлення комбінованих вітро-сонячних електростанцій. Термін кредиту становить від 1 до 7 років; сума кредиту – від 100 тис. до 1 млн грн; максимальна ставка кредитування – 13,99% річних [144].

Таким чином, на сьогодні в Україні створена комплексна державна підтримка стимулювання розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств, яка робить його досить привабливим сегментом для вкладення інвестицій.

3.2 Результати реалізації державної політики щодо розвитку ВЕ в домогосподарствах України

Впровадження механізмів державної підтримки розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств сприяло підвищенню інвестиційної привабливості сектору домогосподарств, однак динамічної розбудови набули лише сонячні фотоелектричні установки. Станом на кінець 2021 року у житловому секторі було інстальовано 44888 СЕС. Лише у 2021 році їх кількість збільшилась у 1,5 раза у порівнянні з 2020 та у 14,4 раза у порівнянні з 2017 роком (рис. 3.1).

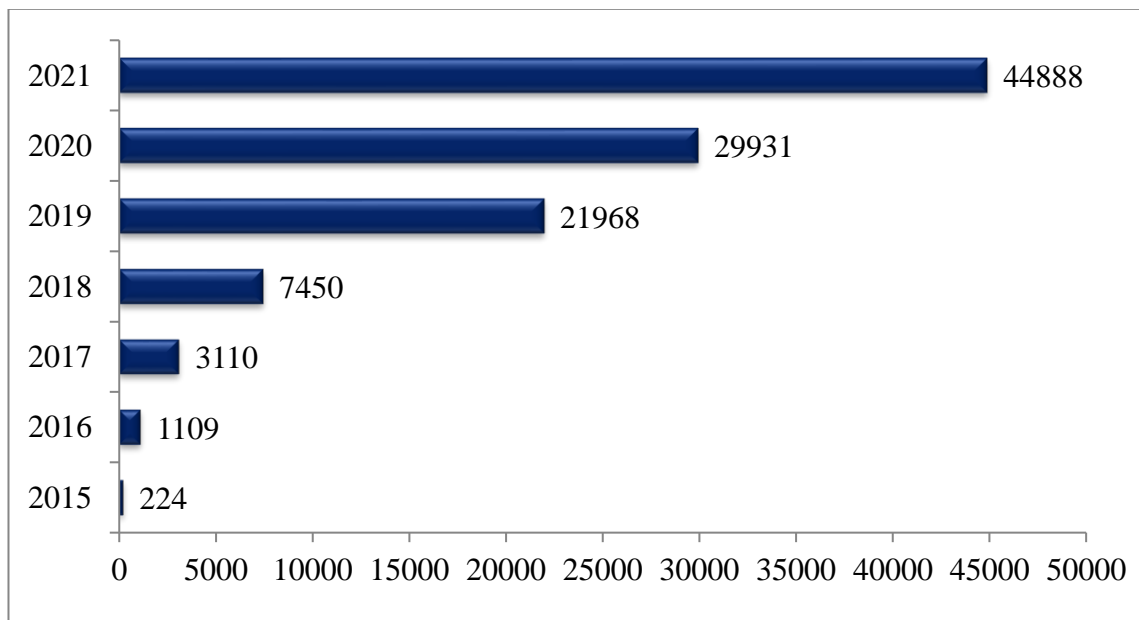


Рисунок 3.1 – Кількість домашніх СЕС в Україні у 2015-2021 рр., одиниць
[145; 146]

Встановлена потужність СЕС у домогосподарствах має стабільну тенденцію до зростання і на кінець 2021 року досягла 1250 МВт (рис. 3.2).

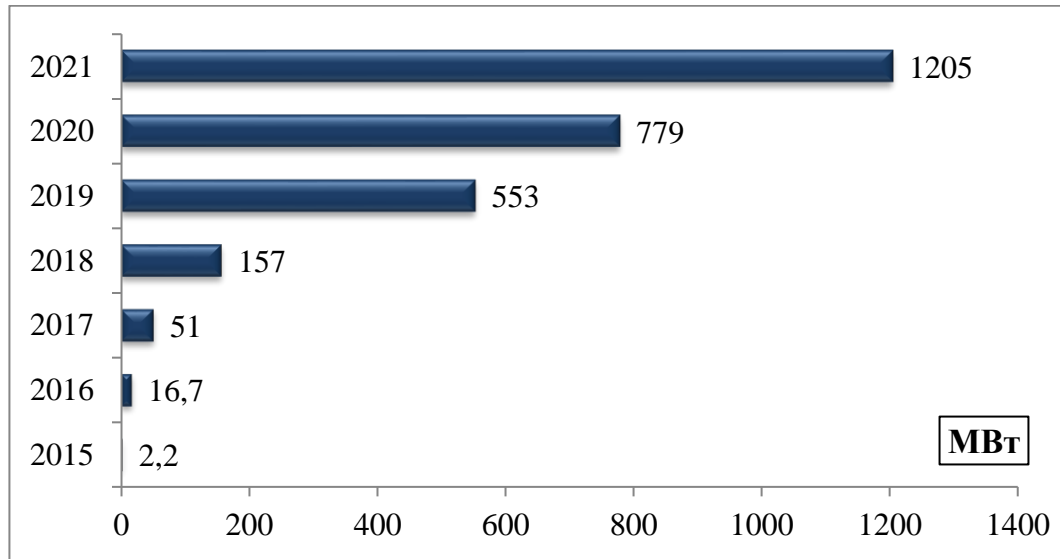


Рисунок 3.2 – Встановлена потужність домашніх СЕС в Україні у 2015-2021 рр., МВт [145; 146]

Відповідне зростання демонстрував і обсяг згенерованої електроенергії СЕС. Так, у 2021 році він становив 1151 млн кВт·год, що склало 15,2% від загального обсягу всієї електроенергії, згенерованої СЕС в країні (рис. 3.3).

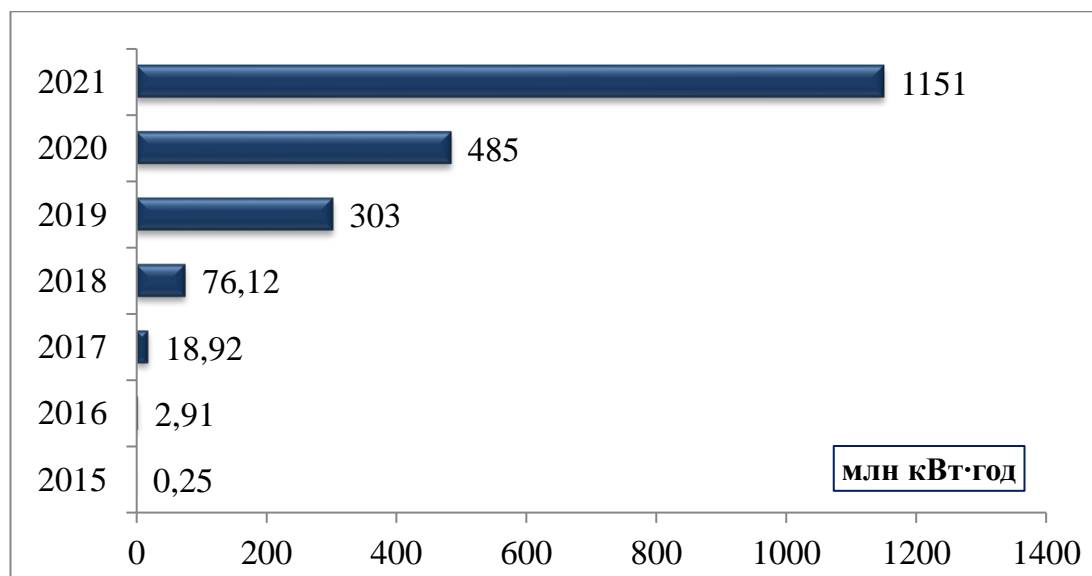


Рисунок 3.3 – Обсяг згенерованої електроенергії домашніми СЕС в Україні в 2015-2021 роках, млн кВт·год [145; 146]

Варто зазначити, що динамічна розбудова сонячних фотоелектричних систем стала можливим за рахунок надвисокого ЗТ. Протягом тривалого часу він забезпечував термін окупності інвестиційних проєктів з будівництва СЕС на рівні 3,3-4,5 років [147; 148]. Навіть епідемія коронавірусу у 2020-2021 роках не стала на заваді зростанню потужностей сонячних фотоелектричних установок домогосподарств, які демонстрували переважаючі темпи розвитку у порівнянні з бізнес-сектором у цей період.

Крім фінансових переваг в контексті ЗТ, встановлення сонячних модулів характеризується великою гнучкістю, оскільки вони можуть диференціюватися за потужністю і максимально підлаштовуватися під запити конкретного домогосподарства. СЕС легкі в обслуговуванні, вимагають мінімальних експлуатаційних витрат та можуть бути компактно розміщені на дахах і фасадах будинків. Крім того, сонячні модулі можна додавати, збільшуючи потужність СЕС з часом. Це особливо актуально через обмежені доходи українців, більша частина яких не може накопичувати заощадження, достатні для інвестування у навіть невеликі за потужністю СЕС. Тому можливість розширення потужності таких енергоустановок з часом стала гарним аргументом на користь вибору цієї технології ВЕ.

Абсолютно протилежною є ситуація з розвитком вітроенергетики в побутовому секторі. Оскільки ЗТ для електроенергії, згенерованої СЕС, є вищим за тариф для ВЕС, власники домогосподарств надавали перевагу саме інсталяції СЕС. Як наслідок, сегмент вітроенергетики в секторі приватних домогосподарств практично не розвивається (табл. 3.1). Так, дані табл. 3.1 засвідчують, що станом на кінець 2021 року в житловому секторі було інстальовано лише 4 ВЕС загальною встановленою потужністю 57 кВт. Окрім нижчих ставок ЗТ, у порівнянні з СЕС, причиною такої тенденції стала відсутність протягом тривалого періоду ЗТ для гібридних вітро-сонячних установок. Так, до 2019 року через різницю в ЗТ інсталяція гібридних установок потребувала реєстрації двох точок обліку генерації електроенергії, що було не вигідно з економічної точки зору, тому власники домогосподарств

замість комбінованих установок надавали перевагу СЕС. Для вирішення цієї проблеми у 2019 році був запроваджений ЗТ для комбінованих вітро-сонячних електростанцій. Однак, вже через 4 місяці його ставка була знижена на 25%, що зробило їх використання економічно непривабливим, а плани щодо розвитку таких енергооб'єктів – декларативними [149].

Таблиця 3.1 – Динаміка розвитку домашніх ВЕС в Україні у 2015-2021 рр. [145; 146]

Показник	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Кількість ВЕС, одиниць	0	0	3	3	4	4	4
Встановлена потужність ВЕС, МВт	0	0	0,029	0,029	0,027	0,041	0,057
Обсяг згенерованої електроенергії ВЕС, млн кВт·год	0	0	2,5	2,5	0,2	0,6	1,9

Суттєвим викликом для розвитку ВЕ в житловому секторі України стало військове вторгнення Росії у 2022 році. Низка генеруючих потужностей була зруйнована, частина частково пошкоджена внаслідок бойових дій, значна кількість домогосподарств, що інстальювали «зелені» енергооб'єкти, на сьогодні знаходиться на окупованих територіях. Окрім збитків, завданих безпосередньо внаслідок бойових дій, сектор ВЕ домогосподарств зазнав суттєвих втрат через заходи державної політики, запроваджені у відповідь на фінансові виклики. Так, російська військова агресія негативно вплинула на рівень надходження коштів за послуги з постачання та передачі електроенергії, який знизився на третину у порівнянні з довоєнним періодом. Це, у свою чергу, обумовило зменшення надходжень, за рахунок яких здійснюються виплати за ЗТ.

У відповідь на ситуацію, що склалася, у квітні 2022 року НКРЕКП прийняла постанову № 396 «Про особливості визначення обсягу та проведення розрахунків за вироблену електричну енергію генеруючими установками домогосподарств під час дії в Україні воєнного стану» [150], яка передбачала лише часткову оплату за ЗТ. Така оплата розраховувалася за окремою формулою та залежала від надходження коштів за електрику від споживачів у

відповідній області та відповідний місяць генерації. Передбачалося, що решту коштів домогосподарства почнуть отримувати через 2 місяці після закінчення воєнного стану. Оскільки уряд був змушений неодноразово продовжувати воєнний стан, регулювання виплат вищезазначеною постановою призвело до накопичення суттєвих боргів перед власниками генеруючих потужностей.

Військові дії та нестабільність державної підтримки негативно вплинули на рішення потенційних інвесторів в житловому секторі щодо реалізації нових проєктів ВЕ. Як наслідок, темпи введення в експлуатацію «зелених» генеруючих потужностей суттєво зменшились. Розуміючи чутливість сектору до заходів державної підтримки, на початку 2023 року вищезазначена постанова була скасована та ухвалено рішення щодо погашення заборгованості домогосподарствам за 2022 рік до кінця 2023 року [151]. Це стало важливим кроком під час воєнного стану для захисту інтересів власників приватних домогосподарств, що інвестували в проєкти розподіленої генерації.

З огляду на вищезазначене, можна стверджувати, що попри певні досягнення, державну політику управління розвитком ВЕ в українських домогосподарствах не можна назвати ефективною. Повномасштабне військове втручання Росії не тільки погіршило інвестиційний клімат, а й мало критичні наслідки для енергетичної інфраструктури. Цілком очевидно, що повоєнна відбудова енергетичного сектору буде відбуватися в контексті європейського «зеленого» енергетичного переходу. Її основний акцент буде зроблений саме на розбудову ВЕ, у тому числі у побутовому секторі. З огляду на це, особливої актуальності набуває удосконалення основних напрямів державної політики для ефективною розбудови ВЕ в секторі приватних домогосподарств.

3.3 Напрями удосконалення державної політики для ефективною розбудови ВЕ у побутовому секторі України

Подальша розбудова об'єктів «зеленої» енергетики в секторі домогосподарств України потребуватиме перегляду підходів щодо управління

розвитком ВЕ. До основних напрямів удосконалення державної енергетичної політики у побутовому секторі доцільно віднести подальшу синхронізацію українського законодавства у сфері ВЕ з законодавством ЄС, перегляд підходів щодо формування ставок ЗТ тарифу для різних технологій ВЕ, удосконалення фінансово-кредитних механізмів, стимулювання вітчизняного виробництва обладнання для індустрії ВЕ, впровадження гарантій походження електроенергії з ВДЕ тощо.

Варто зазначити, що у повоєнній відбудові ВЕ буде розглядатися як основний інструмент забезпечення енергетичної безпеки країни, і сектор домогосподарств буде відгравати вагоме місце в досягненні цієї цілі. Оскільки Україна зберігає курс на євроінтеграцію, цілком очевидним є те, що відбудова енергетичного сектору буде відбуватися в контексті європейського «зеленого» енергетичного переходу. З огляду на це важливим є продовження синхронізації енергетичного законодавства України та ЄС.

Ще до повномасштабного російського вторгнення Україна визнала необхідність узгодити свою енергетичну політику зі стандартами ЄС для посилення енергетичної безпеки, сприяння сталому розвитку та залучення іноземних інвестицій, що було закріплено в Угоді про Асоціацію між Україною та ЄС [152]. З цією метою Україна розпочала імплементацію директив та регламентів ЄС. З 2011 року Україна є стороною Енергетичного Співтовариства, зобов'язання в енергетичній сфері в рамках якого практично співпадають з енергетичним законодавством ЄС. В контексті даних зобов'язань важливим кроком стало прийняття Третього енергетичного пакету, який мав на меті посилити конкуренцію, підвищити прозорість та розділити функції виробництва, постачання і передачі енергії.

Приведення рамкового енергетичного законодавства України до законодавства ЄС ще й досі триває й час від часу стикається з певними викликами. Так, в сфері ВЕ Україна мала імплементувати Директиву 2001/2018, положення якої були втілені у проекті Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2030 року. Проект був розроблений ще на

початку 2022 року, однак не затверджений, в тому числі через повномасштабне військове вторгнення Російської Федерації. У 2023 році було затверджену Енергетичну стратегію України до 2050 року, яка, серед іншого, передбачає амбітні цілі щодо збільшення частки енергії з відновлювальних енергетичних ресурсів, однак станом на липень 2023 року вона є документом «для службового користування». Крім того, в Україні розроблено проєкт Інтегрованого плану з енергетики та клімату до 2050 року і протягом 2023 року триватиме його оновлення та узгодження з положеннями Енергетичної стратегії до 2050 року. Під час військового стану була прийнята низка інших законодавчих актів, спрямованих на удосконалення регулювання розвитку ВЕ [139; 153; 154], однак їх практична реалізація через російську агресію також залишається під питанням. З огляду на це, необхідні подальші зусилля для забезпечення успішного впровадження цих змін, оскільки вдосконалення енергетичного законодавства буде мати вирішальне значення для досягнення енергетичних цілей у сфері ВЕ України, у тому числі й у секторі приватних домогосподарств.

Одним із першочергових заходів для збалансованого розвитку ВЕ в побутовому секторі є удосконалення методики розрахунку оптимального рівня ЗТ для різних технологій ВЕ. Як зазначалося вище, через дисбаланс у ставках ЗТ на сьогодні вітроенергетичний сегмент у секторі домогосподарств практично не розвинений. Разом з тим, динамічна розбудова фотоелектричних установок відбулася за рахунок надвисоких ставок ЗТ, які гарантують швидке повернення вкладених інвестицій. Так, більшість компаній, які займаються інсталяцією СЕС в секторі домогосподарств «під ключ», на своїх сайтах зазначають досить привабливі розрахункові значення простого терміну окупності інвестиційних проєктів (табл. 3.2).

Такий підхід до регулювання розвитку сонячної енергетики в побутовому секторі обумовив низку зловживань та викликів. Неодноразово були зафіксовані випадки збільшення потужності генеруючих об'єктів понад дозволена величину, налаштування інверторного обладнання на максимальну

видачу потужності, що мало негативні наслідки для електрообладнання сусідніх споживачів, інсталяції фотоелектричних установок без власного споживання електроенергії або з низьким рівнем споживання. Так, рівень споживання електроенергії у близько 40% домогосподарств, що інсталиували СЕС, знаходиться на рівні менше ніж 10 кВт·год/місяць, тоді як середньомісячне споживання електроенергії в домогосподарствах України станом на 2020 рік становило 168 кВт·год [155].

Таблиця 3.2 – Терміни окупності інвестиційних проєктів з будівництва домашніх СЕС, розраховані компаніями, що працюють на ринку України

Назва компанії	Розрахункове значення терміну окупності СЕС потужністю 20 кВт, років	Джерело
«Правильне електроживлення» (СЕС «Medium»)	4,3	[156]
«Правильне електроживлення» (СЕС «Light»)	4,5	[157]
«Правильне електроживлення» (СЕС «Premium»)	3,8	[158]
«Еко енергія»	4,5	[159]
«Intelendg»	3,3	[160]
«GreenWest»	3,0	[161]

Відтак, більшу частину електроенергії, згенеровану фотоелектричними установками, власники домогосподарств відпускають в мережу за високим ЗТ [162]. Через стрімке зростання кількості малих СЕС та вищезазначені маніпуляції щорічно зростають виплати Оператора системи передачі на компенсацію різниці між ЗТ та ринковою ціною на електроенергію, які в підсумку лягають додатковим фінансовим тягарем на всіх інших споживачів. Так, у 2020 році обсяг таких витрат становив 2,26 млрд грн, а вже у 2021 році він зріс до 4,07 млрд грн [162].

Таким чином, економічно необґрунтовані ставки ЗТ обумовлюють низьку залученість окремих видів відновлюваних джерел енергії і, в той же час, призводять до небажаних наслідків в результаті надмірного стимулювання поширення окремих технологій ВЕ. З огляду на зазначене, підхід до

визначення ставок ЗТ має бути економічно обґрунтованим, оцінювати собівартість генерації «зеленої» електроенергії з урахуванням ставки дисконтування та факторів, що визначають особливості розвитку конкретної технології ВЕ в регіоні та країні в рамках побутового сектору.

Ще однією проблемою для подальшого ефективного розвитку «зеленої» енергетики є технічні складнощі інтеграції електроенергії, згенерованої з відновлюваних джерел енергії, до енергетичної системи України. Як зазначалося вище, сектор ВЕ домогосподарств базується на сонячній енергетиці, яка є нестабільною та важкопрогнозованою. Додавання значних обсягів такої електроенергії до енергосистеми обумовлює технічні виклики її операційній безпеці. Варто зазначити, що енергетична система України є негнучкою, оскільки більш ніж 50% попиту на електроенергію в країні забезпечується атомними електростанціями, тому зростання частки «зеленої» електроенергії в загальному енергобалансі країни потребує підвищення її гнучкості.

Так, пік виробництва електроенергії СЕС припадає на денний період, коли в енергетичній системі спостерігається зниження споживання. Як наслідок, утворюється профіцит виробництва електроенергії в енергосистемі. З метою її балансування та забезпечення операційної безпеки, диспетчери НЕК «Укренерго» вимушені вживати заходів щодо розвантаження генеруючих потужностей в межах балансуючого ринку або віддавати команди з операційної безпеки на роботу маневрових електростанцій для збільшення рівня споживання. Якщо вищезазначених заходів не вистачає, застосовуються обмеження «зеленої» генерації, величина яких залежить від миттєвого рівня споживання та загальної потужності «зелених» електростанцій.

Вирішення зазначеної проблеми полягає у стимулюванні розбудови маневрових потужностей та систем накопичення електроенергії. Найбільш перспективними видами маневрової генерації є гідроакumuлюючих, газотурбінні та газопоршневі електростанції. У той же час, враховуючи

подальші євроінтеграційні процеси, які вимагають максимального наближення енергетичних секторів до кліматичної нейтральності, доцільно відмовитися від вугільних теплоелектростанцій, які у тому числі використовуються для балансування української енергосистеми.

Найбільш доцільним вбачається розбудова гідроакumuлюючих електростанцій. На сьогодні в Україні функціонує 3 таких електростанції, зокрема Київська, Ташлицька та Дністровська. Варто зазначити, що реалізація інвестиційних проєктів з будівництва гідроакumuлюючих електростанцій стикалась з низкою бар'єрів, зокрема складністю технічної експертизи, екологічними викликами, відсутністю доступу до високотехнологічного обладнання та великих обсягів інвестицій тощо [163]. Для ефективної реалізації таких проєктів у майбутньому уряд має докладати зусиль для мінімізації зазначених бар'єрів.

Експлуатація газотурбінних та газопоршневих електростанцій є ефективним підходом до балансування енергосистеми. Попри залежність від імпорту природного газу, Україна може забезпечити такі електростанції природним газом власного видобутку. Разом з тим, у подальшому газові електростанції можна буде перевести на біометан, потенціал виробництва якого в Україні складає 21,8 млрд м³/рік [164]. Таким чином, Україна має гарні перспективи розбудови маневрових генеруючих потужностей у тому числі на основі ВЕ.

Поряд з будівництвом маневрових потужностей, окрема увага має бути приділена розбудові систем накопичення електроенергії. Слід зауважити, що на сьогодні цей сегмент енергетичного сектору практично нерозвинений в Україні. Станом на 2023 рік була введена в експлуатацію лише одна промислова система накопичення енергії потужністю 1 МВт, яка зараз перебуває на окупованій території. Для поширення систем накопичення електроенергії Україні потрібно сформувати дієву нормативно-правову базу та запровадити мотиваційні важелі щодо стимулювання їх будівництва. Оскільки вартість цих технологій сьогодні є високою на світовому ринку, то,

з точки зору державного регулювання, ЗТ може бути замінений на пільги для інвестицій в системи накопичення енергії, податкові канікули тощо.

Більш ефективно управління розвитком ВЕ в секторі домогосподарств потребуватиме доступу до фінансових ресурсів для реалізації інвестиційних проєктів. Одним з підходів для досягнення вищезазначеної цілі, є удосконалення фінансово-кредитних механізмів, оскільки вартість кредитних ресурсів має вагомий вплив на терміни окупності інвестиційних проєктів, тим більше в умовах суттєвої нестабільності економіки під час воєнного стану. Попри наявність кредитних програм для фінансування проєктів ВЕ в житловому секторі України, відсоткові ставки за кредитами не є доступними, особливо за відсутності можливості у власників домогосподарств сплатити значну частину першого внеску. З огляду на це, дії уряду мають бути спрямовані на удосконалення чинних та розробку нових програм доступного кредитування, у тому числі із залученням ресурсів Європейського Банку Реконструкції та Розвитку, кредитні лінії якого вже відкриті в Україні для реалізації проєктів ВЕ в промисловому секторі, однак на сьогодні не поширюються на житловий [165].

Іншим підходом, який може забезпечити акумуляцію необхідних фінансових ресурсів для реалізації проєктів ВЕ, є формування енергетичних кооперативів для спільної реалізації проєктів ВЕ в секторі домогосподарств. Варто зазначити, що в Україні вже розроблена нормативно-правова база для створення енергетичних кооперативів та з 2019 року запроваджений ЗТ для генеруючих потужностей таких об'єднань [139], однак значного поширення реалізація проєктів ВЕ в рамках такої кооперації не набула. Основним бар'єром є непоінформованість населення з цього питання. Тому увага уряду має бути спрямована на популяризацію переваг створення енергетичних кооперативів поряд з інформуванням щодо економічних, екологічних та соціальних вигід від реалізації проєктів ВЕ.

Важливим напрямом для пришвидшення розбудови ВЕ у побутовому секторі є стимулювання розвитку вітчизняного виробництва обладнання та

комплектуючих для об'єктів «зеленої» енергетики. Варто зазначити, що в Україні існувало два потужних заводи, які забезпечували повний цикл виробництва сонячних фотоелектричних панелей. Однак, введення у 2019 році пільг на імпорт сонячних панелей іноземного виробництва вкрай негативно позначилось на конкурентоспроможності вітчизняних аналогів. У результаті введення пільг ціни імпортованих панелей стали на 20% нижчими за вітчизняні. Як наслідок, українські підприємства були вимушені переорієнтувати свою діяльність здебільшого на складання панелей в Україні з імпортованого обладнання [166]. Разом з тим, функціонувало виробництво малих вітрогенераторів («Верано», «Віндер», «Фламінго Аеро») потужністю від 1 до 25 кВт. Проте, враховуючи те, що ринок побутової вітроенергетики в країні практично не розвивається, українські виробники переважно експортують таке обладнання [167]. Стимулом для розвитку галузі може стати поширення законодавчої норми щодо надбавки до ЗТ за використання обладнання українського виробництва при реалізації проєктів ВЕ. На сьогодні така норма діє для промислових електростанцій на відновлюваних джерел енергії, однак не застосовується для генеруючих потужностей ВЕ в секторі домогосподарств. Крім того, важливим є перегляд ставок ЗТ для електроенергії, згенерованої ВЕС та сонячно-вітровими електростанціями домогосподарств, з метою стимулювання їх розбудови і скасування/зменшення податкових пільг на ввезення іноземного обладнання для сектору ВЕ.

Ще одним із перспективних напрямів підтримки розвитку ВЕ в побутовому секторі може стати впровадження гарантій походження «зеленої» електроенергії. Цей інструмент був запроваджений в країнах ЄС відповідно до вимог Європейської директиви № 2018/2001 від 11.12.2018 року щодо стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел енергії [168]. Гарантії походження підтверджують, що певний обсяг електроенергії був згенерований з відновлюваних джерел. Купуючи гарантії походження, компанії можуть довести, що електроенергія, яку вони споживають, є екологічно чистою.

Для України особливої актуальності гарантії походження набувають у світлі інтеграції національної енергетичної системи до ENTSO-E та можливості збільшення імпорту «зеленої» електроенергії в країни ЄС. Запровадження цього інструменту дозволить отримати додатковий дохід, який може бути використаний для забезпечення фінансової підтримки розвитку проєктів ВЕ в домогосподарствах в рамках чинних механізмів підтримки. Перші реальні кроки щодо впровадження цього інструменту почали реалізовуватися лише наприкінці 2021 року. Вже у 2023 році був прийнятий закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України», де, серед іншого, визначений порядок видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії [139]. Однак, практичної реалізації гарантії походження поки що не набули. На сьогодні ведуться переговори щодо створення регіональної платформи реєстру гарантій походження й підтримки її функціонування через розробку відповідного програмного забезпечення. Надалі важливим є внесення змін до законодавства ЄС, які б дозволили вільний обіг українських гарантій походження в Європі.

Варто зазначити, що у подальшому стимулювання ВЕ в секторі приватних домогосподарств на основі фіксованого ЗТ доцільно поступово переорієнтовувати на нові схеми підтримки, які дозволять забезпечити подальший розвиток ВЕ без державної підтримки. Це обумовлено декількома причинами. По-перше, через зростання цін, девальвацію гривні та загальну дестабілізацію економіки, спричинену війною, держава не зможе продовжувати компенсувати високі ставки ЗТ усім енерговиробникам, хто має на це право. По-друге, при зниженні рівнів ЗТ та зростанні цін на електрику домогосподарствам стане вигідніше споживати вироблену електроенергію на власні потреби, аніж продавати за ЗТ (по суті, надаючи цю електрику в борг державі із незрозумілими термінами оплати). Отже, більш реальною стає перспектива трансформації малих виробників «зеленої» електроенергії у

прос'юмерів. Це, у свою чергу, сприятиме децентралізації процесів електропостачання, збільшенню енергонезалежності окремих споживачів та регіонів України в цілому, формуванню конкурентного середовища в електроенергетиці та, у підсумку, зниженню цін на електрику [169].

Одним із таких трансформаційних механізмів може бути net metering або net billing. Обидва інструменти спрямовані на стимулювання населення щодо максимізації власного енергоспоживання на базі згенерованої «зеленої» електроенергії без будь-яких додаткових державних виплат. Net metering – це механізм, що дає змогу власникам генеруючих потужностей ВЕ зберігати надлишки виробленої електроенергії в енергосистемі України, щоб використати їх за потреби. Відмінність Net billing полягає у тому, що надлишки електрики, які постачаються в мережу, обліковуються не в кВт·год, а в гривнях, відповідно до ціни електроенергії на момент віддачі. Так, в рамках net billing споживач отримує грошовий депозит за відпущений в мережу надлишок електроенергії, який надалі може використати для оплати спожитої ним електроенергії у наступні періоди, за умови, що потреба в електроенергії перевищуватиме обсяги її генерації. Суттєвим бар'єром для ефективного впровадження зазначених механізмів може стати продовження субсидування цін на електроенергію для населення, адже низькі тарифи не тільки не стимулюють домогосподарства інвестувати в проєкти ВЕ, а й можуть негативно впливати на рентабельність їх реалізації в рамках net metering/net billing. Варто зазначити, що попри те, що з червня 2022 року тариф на електроенергію для домогосподарств в Україні був підвищений до 2,64 грн/кВт·год (0,07 євро/кВт·год) він залишається надзвичайно низьким у порівнянні з тарифами в інших країнах Європи (наприклад, в Греції – 0,18 євро/кВт·год, Італії – 0,17 євро/кВт·год, Швейцарії – 0,15 євро/кВт·год [170]). З огляду на це, прийняття рішень щодо впровадження net metering/net billing має передувати перегляд тарифів на електроенергію, щоб забезпечити прийнятні терміни окупності інвестиційних проєктів ВЕ.

Таким чином, подальший ефективний розвиток «зеленої» енергетики в секторі приватних домогосподарств потребуватиме ґрунтового удосконалення чинних економічних стимулів та створення сприятливих організаційно-економічних умов для впровадження нових механізмів, які дозволять остаточно перейти домогосподарствам до прос'юмеризму та забезпечити подальший розвиток ВЕ в житловому секторі без державної підтримки.

РОЗДІЛ 4

РОЛЬ ДОМОГОСПОДАРСТВ В ЧЕТВЕРТОМУ ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ПАКЕТІ ЄС

4.1 Передумови впровадження Четвертого енергетичного пакету ЄС в домогосподарствах України

Повномасштабна війна Російської Федерації проти України, розпочата 24 лютого 2022 року, та подальше знищення енергетичної інфраструктури показали вразливість централізованої енергетичної системи України перед військовими атаками. Оскільки війна триває, точні оцінки втрат залишаються невідомими. Проте попередні оцінки станом на кінець лютого 2023 року (тобто за один рік повномасштабної війни) свідчать, що прямі збитки для енергетики України склали 8,1 млрд доларів США [171]. Сектори виробництва та передачі електроенергії значно постраждали через російську агресію. Попереднє оцінювання загальних збитків для цих секторів становить майже 6,5 млрд дол. США, зокрема 2 млрд дол. США прямих втрат на електроенергетичну передавальну інфраструктуру, 4,14 млрд дол. США на виробництво електроенергії та 0,354 млрд доларів США на розподіл електроенергії [171]. Війна впливає не тільки на Україну, а й на багато інших країн у всьому світі (через порушення ланцюгів постачання харчових продуктів тощо) [172].

Одним з розумних рішень проблеми є децентралізація виробництва та постачання електроенергії за допомогою всіх можливих засобів. Враховуючи швидке вдосконалення технологій ВЕ та низку економічних, соціальних та екологічних переваг їх впровадження [173; 174; 175; 176; 177], доцільною є розробка децентралізованої енергетичної системи саме на їхній основі. Великі СЕС та ВЕС безперечно мають право на існування, дозволяючи економію масштабу та сприяючи зайнятості, проте вони також стають об'єктом атак через військові ризики з сусідньої країни.

Російсько-українська війна вплинула на ЄС в плані зменшення його залежності від імпортованих енергетичних ресурсів, включаючи з Російської Федерації. ЄС планує стати першим вуглецево-нейтральним континентом до 2050 року, і ця мета може бути переглянута для досягнення нейтральності викидів вуглецю навіть раніше (наприклад, до 2040 року). З урахуванням негативних наслідків пандемії COVID-19 для європейської економіки, використання сучасних низьковуглецевих передових технологій є одним із способів прискорення економічного зростання в ЄС. Для досягнення цього, поряд з існуючим законодавством про енергетику та клімат, був прийнятий план REPowerEU (ЕС 2022) з метою збільшення використання «зеленої» енергії. Йдеться не лише про використання вітрової та сонячної енергії, але й про збільшення виробництва так званого «зеленого» водню.

Розглянемо нововведення, які виникли для домогосподарств з положеннями Четвертого енергетичного пакету ЄС та відповідних директив ЄС, а також можливості, які транспозиція пакету може принести українським домогосподарствам. Очікується, що ці можливості повністю відповідатимуть потребі децентралізації енергетичної системи, зменшення її вразливості перед військовими ризиками та прагненням до кліматично сприятливих технологій. В даному дослідженні домогосподарства розглядались в основному через їхню здатність виробляти електроенергію, зберігати її (в меншому обсязі), але не враховувались заходи реагування на попит [178].

Розглянемо основне законодавство ЄС у сфері ВЕ та форм об'єднань громадян, які можуть бути пов'язані як з домогосподарствами, так і з відновлювальними енергетичними кооперативами, за допомогою методу описового юридичного дослідження. Крім того, розглянемо досвід домогосподарств в Україні з виробництва «зеленої» енергії, разом з існуючими стимулами для цього. Дослідження використовує оцінку простого періоду окупності для сонячних установок, щоб обґрунтувати реалізацію інвестиційних проектів у сфері ВЕ в житловому секторі. Цей показник

позначає кількість років, необхідних для повернення початкової грошової інвестиції (Kiran 2022) та розраховується за формулою:

$$PP = \frac{I}{ACF}, \quad (4.1)$$

де PP – період окупності, роки;

I – вартість інвестиції, євро;

ACF – середньорічний грошовий потік, євро/рік [179].

Чим коротший період окупності, тим більш виправдана інвестиція. Для розрахунку періоду окупності встановлено кілька припущень. Зокрема, припускається, що домогосподарство виробляє електроенергію, частково її споживає та продає надлишки в мережу. Середньорічний коефіцієнт використання встановленої потужності для дахових сонячних установок в Україні становить 14,1% [178]. Інвестиційні витрати у сонячну установку в Україні варіюються від 662 до 944 євро/кВт. Менші установки є дорожчими; вони включають сонячні панелі, мережевий інвертор, систему кріплень для установки панелей на даху, а також монтажні та пускові роботи [180]. Інвестиції у батарею ємністю 5 кВт становлять 2300 євро [180]. Капітальні витрати на дахові СЕС домогосподарств в Україні трохи нижчі, ніж в інших країнах. Наприклад, для США ці цифри варіюються від 3160 дол. США/кВт для сонячних установок домогосподарств до 1060 дол. США/кВт для великих СЕС, включаючи вартість установки [181]. Інвестиційні витрати у СЕС з підключенням до мережі досить високі в Сінгапурі, де їх середнє значення досягає 2000 дол. США/кВт [182]; приблизно такі ж витрати на всю установку у Великій Британії, де вони можуть становити 2000 євро/кВт для невеликих установок (3,5 кВт) [183]. Середні витрати на домашні СЕС у Латвії становлять 1495 євро/кВт [184]; в Хорватії вони становлять близько 1178 євро/кВт [185]. Близькою до інвестиційних витрат України є вартість установки сонячних панелей в Алжирі – 796 дол. США/кВт [186]. Вартість сонячних модулів варіюється від 240 дол. США/кВт у Китаї до 260 дол. США/кВт в Індії та 330 дол. США/кВт в Європі [187]. Крім того, коливається вартість енергії та

робочої сили. Цифри варіюються значно, оскільки високі витрати на виробництво полісилікону роблять виробництво сонячних панелей за межами Китаю менш виправданим [187]. Вартість сонячних батарей у вибраних країнах приблизно така ж, як в Україні, а саме 478 євро/кВт в Німеччині та 466 євро/кВт в Китаї [188]. В Австралії вартість сонячних батарей може сягати 1400 дол. США/кВт [189]. Середньомісячне споживання електроенергії на одне українське домогосподарство становило 168 кВт·год (або 954 кВт·год з електричним опаленням) у 2020 році, що практично вдвічі менше, ніж середнє значення для ЄС (304 кВт·год) [190]. У нашому дослідженні припускається, що в домогосподарства є система опалення на будь-якому джерелі, крім електроенергії (оскільки це впливає на середні показники споживання електроенергії) [191].

4.2 Європейський досвід формування енергетичних спільнот

Четвертий енергетичний пакет, також відомий як «Зимовий енергетичний пакет: Чиста енергія для всіх європейців» (2019) [192], включає кілька пропозицій, спрямованих на внесення змін до законодавства про енергетичний ринок, кліматичного законодавства. Він передбачає набір директив для інтеграції кліматичних цілей у новий ринковий дизайн. Зокрема, були прийняті Директива щодо відновлюваної енергії 2009/28 (RED) (її замінила Директива RED II (2018/2001/ЄС)), Директива щодо енергоефективності 2018/2002/ЄС (EED), Регламент щодо управління 2018/1999 та Директива 2019/994/ЄС про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії. Нові Директиви набули чинності для країн ЄС у грудні 2018 року й повністю мали бути транспоновані до законодавства держав-членів до 2021 року. Директиви встановлюють цільову частку 32% від відновлюваних джерел енергії та збільшення енергоефективності на 32,5% до 2030 року. Європейська Комісія оцінює, що реалізація положень Четвертого енергетичного пакета сприятиме створенню 900 тисяч нових робочих місць у ЄС, головним чином у малому та

середньому бізнесі. Незважаючи на постійні вдосконалення у законодавстві ЄС, деякі положення європейського енергетичного та кліматичного законодавства обов'язкові для України, яка стала країною-кандидатом на вступ до ЄС у червні 2022 року. Четвертий енергетичний пакет ЄС передбачає кілька основних принципів, які в кінцевому рахунку повинні бути втілені в українське законодавство та встановлюють тенденції розвитку у сфері енергетики та клімату. Пакет базується на декількох принципах і концепціях, зокрема:

- громадяни стають співвласниками енергетичного переходу, тобто можуть володіти енергетичними активами;

- споживачі електроенергії можуть власноруч мобілізувати свій приватний капітал для початку інвестицій [193];

- споживачі можуть брати участь у ринку електроенергії не лише як споживачі, але й як виробники (у цьому контексті термін «виробник» означає фізичну або юридичну особу, яка виробляє електроенергію [194];

- пакет визнає тенденції децентралізації та встановлює вимоги щодо захисту малих виробників. Також визначаються нові учасники ринку, такі як ВЕ, активні споживачі, агрегатори, спільноти громадян для енергії, незалежні агрегатори та споживачі для власного споживання.

У пан-європейському законодавстві «активний споживач» (active customer) означає «кінцевого клієнта або групу спільно діючих кінцевих клієнтів, які споживають або зберігають електроенергію, вироблену на їхній обмеженій території або, за дозволом держави-члена, на інших територіях, або тих, хто продає власну вироблену електроенергію чи бере участь у схемах гнучкості або енергоефективності, за умови, що ці види діяльності не становлять його основної комерційної або професійної діяльності» [194]. Принаймні два активних споживача утворюють так званих спільно діючих активних споживачів відновлюваної енергії.

Активний споживач відновлюваної енергії – це «кінцевий споживач, який діє на своїй обмеженій території або, за дозволом держави-члена, на інших

територіях, і виробляє відновлювану електроенергію для власного споживання, може зберігати або продавати самостійно вироблену відновлювану енергію, за умови, що для некомерційних споживачів відновлюваної енергії ці види діяльності не становлять їхньої основної комерційної або професійної діяльності» [194]. Принаймні два активних споживачі утворюють так звану спільноту з відновлюваної енергії. Спільноти відновлюваної енергії можуть володіти відновлюваними енергогенеруючими спорудами або наймати юридичну особу, яка володіє такими спорудами.

Громадянська енергетична спільнота – це «юридична особа, яка: (а) базується на добровільній та відкритій участі й ефективно контролюється членами або акціонерами, які є фізичними особами, місцевими органами влади, включаючи муніципалітети, або малими підприємствами; (б) має на меті надавати екологічні, економічні або соціальні переваги спільноті її членів або акціонерів чи територіям, де вона діє, а не генерувати фінансовий прибуток; і (в) може займатися виробництвом, в тому числі з відновлюваних джерел, розподілом, постачанням, споживанням, агрегацією, зберіганням енергії, енергоефективністю або послугами зарядки для електромобілів чи надавати інші енергетичні послуги своїм членам або акціонерам» [194].

Відновлювана енергетична спільнота – це «юридична особа, яка базується на добровільній участі, є автономною та контролюється акціонерами чи членами, які знаходяться поруч із відновлюваними енергетичними проектами, що належать та розвиваються цією юридичною особою; акціонери чи члени якої є фізичними особами, малими та середніми підприємствами, або місцевими органами влади, включаючи муніципалітети» [168].

Активний споживач споживає самостійно вироблену електроенергію і подає надлишки до мережі. Зі зростанням кількості таких споживачів виникла необхідність у систематизації діяльності їх колективних груп, для чого використовуються незалежні агрегатори. «Незалежний агрегатор» означає «учасника ринку агрегації, який не зв'язаний з постачальником клієнта»; «агрегація – це функція, яку виконує фізична або юридична особа, що об'єднує

кілька клієнтських навантажень або вироблену електроенергію для продажу, купівлі або аукціону на будь-якому ринку електроенергії» [194].

Загалом, наведені визначення спрямовані на розрізнення та організацію діяльності різних типів активних споживачів, включаючи тих, хто проживає в багатоквартирних будинках, але не обмежуючись лише ними. Для кращого розуміння різниці багатьох типів організованих груп активних споживачів вони докладніше описані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Різні типи активних споживачів у Четвертому енергетичному пакеті ЄС [195]

Ознака	Спільноти ВЕ	Самовиробники відновлюваної енергії
Географічний масштаб	Близькість установок відновлюваних джерел енергії	Обмежені одною будівлею
Членство	Відкрите	Обмежене одною будівлею
Юридична форма	Вимагає реєстрації юридичної особи	Не вимагає реєстрації юридичної особи, але потребує контракту з місцевою компанією-постачальницею електроенергії
Мета	Економічні, соціальні, та/або економічні переваги (найменшою мірою)	
Види діяльності	Виробництво, зберігання, продаж, розподіл, агрегація чи інші енергетичні послуги	

В офіційних директивах ЄС немає офіційного визначення «малого виробника». Однак існує положення, згідно з яким, за необхідності, держави-члени можуть застосовувати методи підтримки малого виробництва, включаючи тарифи на відновлювану енергію (ЗТ) або надбавки (feed-in premium). Директива RED II сприяє максимізації участі виробників на конкурентному ринку продажу електроенергії. Стимули повинні здійснюватися за допомогою додаткових платежів за електроенергію, яка продана на ринку.

Адміністративні/дозвільні процедури для малих установок повинні бути спрощені порівняно з великими. Термін отримання дозволів на установки потужністю до 150 кВт не повинен перевищувати одного року. Директива RED II вимагає спрощення процедур підключення до мережі для малих

установок з потужністю 10-50 кВт та вітає спрощені процедури для установок з потужністю до 10 кВт. Безсумнівно, робота об'єктів ВЕ формує технічні виклики для електроенергетичної мережі, розгляд яких виходить за межі даного дослідження.

Існують численні причини для зміцнення ролі громадян через енергетичні спільноти. Зокрема, спільноти ВЕ:

- є інструментом для збільшення громадської підтримки нових проектів;
- можуть мобілізувати приватний капітал та сприяти енергетичному переходу;
- можуть бути інструментом для збільшення гнучкості на ринку [195].

Очікується, що енергетичні спільноти візьмуть на себе важливу роль на ринках електроенергії, що підтверджується дослідженням [196] на прикладі італійського ринку електроенергії. У 2019 році в Німеччині, Данії та Нідерландах було близько 3000 ініціатив щодо енергетичних спільнот. У цих країнах є успішний досвід перерозподілу об'єктів ВЕ: у 2012 році майже половина (46%) встановлених потужностей ВЕ в Німеччині належала активним виробникам [197]. Це стало можливим завдяки наявності схем підтримки, таких як тарифи для об'єктів ВЕ, в сукупності з інвестиційними грантами [196]. Автори [198] заявляють, що спільноти ВЕ можуть забезпечити значні щорічні заощадження завдяки обміну електроенергією в межах енергетичних спільнот та меншим втратам електроенергії під час передачі. Деякі країни раніше впровадили відповідне законодавство, що дозволяє існування спільнот ВЕ. Наприклад, Франція прийняла такий закон у 2016 році, Австрія – у 2017 році, Іспанія – у 2019 році. Однак ця форма організації ще не набрала повного розмаху через широкий спектр перешкод та ризиків, які описані у [199]. Krug та ін. [193] стверджують, що країни транспонували положення відповідних Директив в своє законодавство досить «буквально». Оскільки не вистачає схем підтримки, розвиток самовиробництва з відновлюваної енергії залишається крихким, але швидким. Енергетичним спільнотам потрібне впровадження широкого спектру сучасних технологій:

разом з обладнанням для виробництва енергії, вони можуть використовувати Інтернет речей, нейронні мережі, технологію блокчейн тощо.

4.3 Проблеми і перспективи впровадження різних схем підтримки ВЕ у домогосподарствах України

Україна перейшла до ринку електроенергії двосторонніх договорів в 2019 році, що передбачало новий розподіл ринків (ринок на добу наперед, внутрішньодобовий ринок, ринок допоміжних послуг, балансуючий ринок тощо). Виробники електроенергії з відновлюваних джерел, у яких у 2019 році витрати на виробництво на одиницю електроенергії були вищими, ніж у вже існуючих ядерних та вугільних станцій в Україні, повинні продавати всю вироблену електроенергію з великих установок ДП «Гарантований покупець». Вугільні та ядерні підприємства в Україні фінансуються безпосередньо з державного бюджету [200], тоді як ефективних механізмів фінансування виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії не було знайдено. Це призвело до значних заборгованостей перед виробниками «зеленої» енергії [201]. Домогосподарства ж продають вироблену електроенергію постачальникам універсальним послуг, які мали кращу платіжну дисципліну. У 2020 році домогосподарства склали 30,9% споживання електроенергії в Україні [202]. У 2022-2023 роках ця цифра знизилася через знищення промисловості України під час війни, насамперед через руйнування металургійної галузі, яка забезпечувала 23% загального споживання електроенергії в Україні. Натомість цей сектор становив 41,7% споживання електроенергії в передвоєнний час. Таким чином, частка інших споживачів зросла [202].

Перед російсько-українською війною частка ВЕ в енергетичному балансі України значно підвищилася. У 2020 році відсоток відновлюваної енергії в загальному її споживанні (включаючи великі гідроелектростанції) становив 9,2% [203]. Більш нові дані (за 2021 і 2022 роки) зібрані, але не оприлюднені

через воєнний стан. Через істотне поширення промислових СЕС частка відновлюваної енергії у виробництві електрики зросла до 13,9%, що перевищило вимогу, передбачену Національним планом дій з ВЕ на період до 2020 року. Частки у сфері опалення й охолодження склали 9,3%, а в транспорті – лише 2,5%. Промислові станції та, меншою мірою, домашні сонячні установки були основними чинниками росту встановлених потужностей ВЕ. Що стосується сприйняття відновлюваної енергії в цілому, українські домогосподарства, опитані в дослідженні, в основному уявляють собі сонячні фотоелектричні установки [204]. Україна застосовує ЗТ для СЕС, ВЕС та їх поєднання. ЗТ діє до кінця 2029 року. До війни в Україні було близько 45 тисяч сонячних фотоелектричних установок (на 6 млн домогосподарств, що мають приватні будинки). Відповідно, є потенціал для зростання як сонячних, так і вітрових установок домогосподарств (рис. 4.1). Після введення ЗТ для домогосподарств, невеликі ВЕС не здобули популярності в Україні: на 2023 рік існує всього вісім невеликих вітрових та комбінованих вітрово-сонячних установок.

Сумарна встановлена потужність СЕС домогосподарств України до кінця 2022 року склала 1,411 ГВт, тож коефіцієнт поширення (penetration rate) становить приблизно 1%. Це значно менше, ніж в інших країнах: 11% в Німеччині, 23% в Італії, 16% в Нідерландах та 4% у Великій Британії в 2021 році [205]. Протягом першого року повномасштабної війни встановлені потужності домашніх СЕС зросли на 206 МВт [206]. Однак у 2022 році 8% сонячних фотоелектричних установок були знищені, а 13% тимчасово були окуповані агресором [171]. Уряд розраховує на зростання встановлених потужностей домогосподарств та інших активних споживачів у майбутньому. Це передбачено в Енергетичній стратегії України до 2050 року, а також в Національному плані відновлення України [207], представленому у Лугано у липні 2022 року. Останній передбачає збільшення встановлених потужностей ВЕ на 5-10 ГВт до 2030 року, для чого буде необхідно приблизно 15 млрд євро [208].

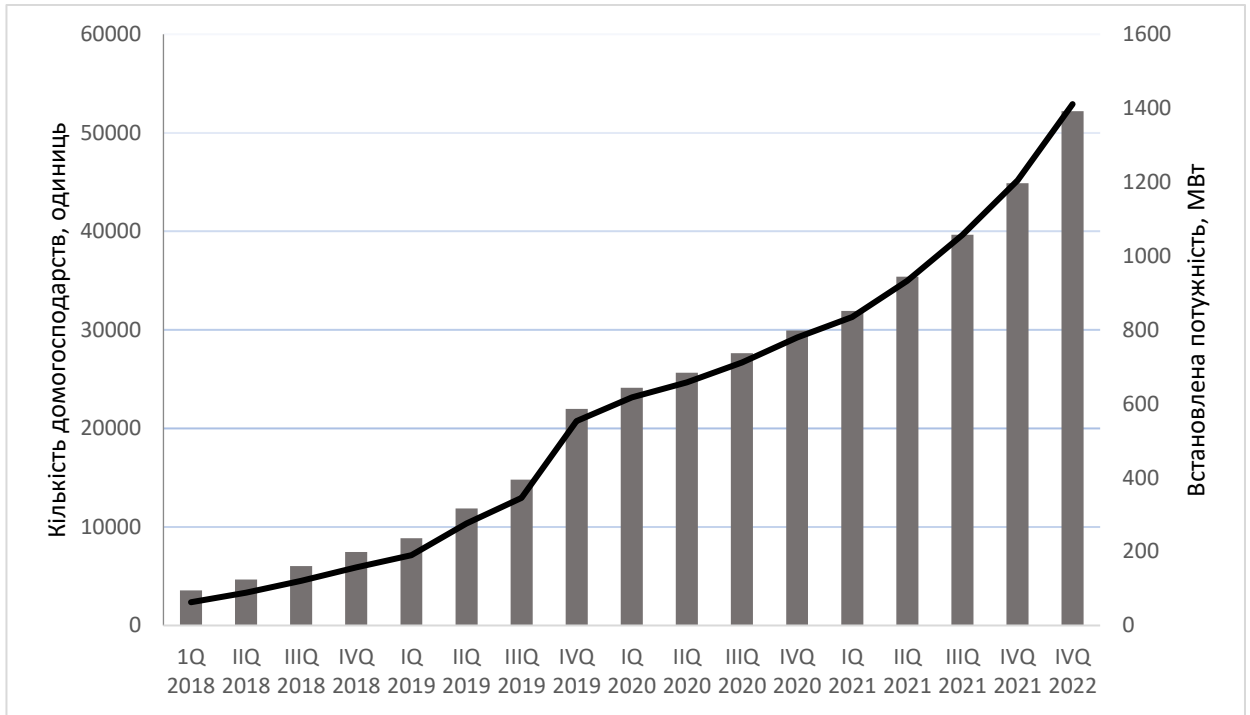


Рисунок 4.1 – Кількість сонячних фотоелектричних установок у домогосподарствах України, одиниць, та їх встановлені потужності, МВт [206]

Для розуміння прогнозованої ролі домогосподарств були використані дані про наявні та прогнозовані встановлені потужності, як передбачається у проєкті Плану дій на 2030 рік з ВЕ (рис. 4.2). Цей документ мав втілити положення Директиви RED II та її транспонування в законодавство України.

Питання реалістичності досягнення цілей, встановлених проєктом Плану дій на 2030 рік з ВЕ, викликають занепокоєння, оскільки уряд намагається змінити існуючу систему підтримки ВЕ. До війни ЗТ був основним стимулом для встановлення СЕС у домогосподарствах. Він складає від 0,163 євро/кВт·год до 2025 року (якщо суб'єкту господарювання було надано ЗТ до 2025 року) до 0,146 євро/кВт·год з 2025 року (якщо суб'єкту господарювання буде надано ЗТ у 2025-2029 роках). В будь-якому випадку, суб'єкт господарювання буде отримувати платежі за ЗТ лише до кінця 2029 року, навіть якщо в установки не буде достатньо часу окупитися. Проєкти домашніх СЕС дотепер розглядаються переважно як бізнес-модель [178]. Через надзвичайно низькі тарифи на електроенергію для домогосподарств (0,066

євро/кВт·год з червня 2023 року) [209] практично будь-який проєкт з ВЕ не є доцільним. Через перехресне субсидування ДП «Гарантований покупець» постійно має труднощі з оплатою за електроенергію, продану за ЗТ.

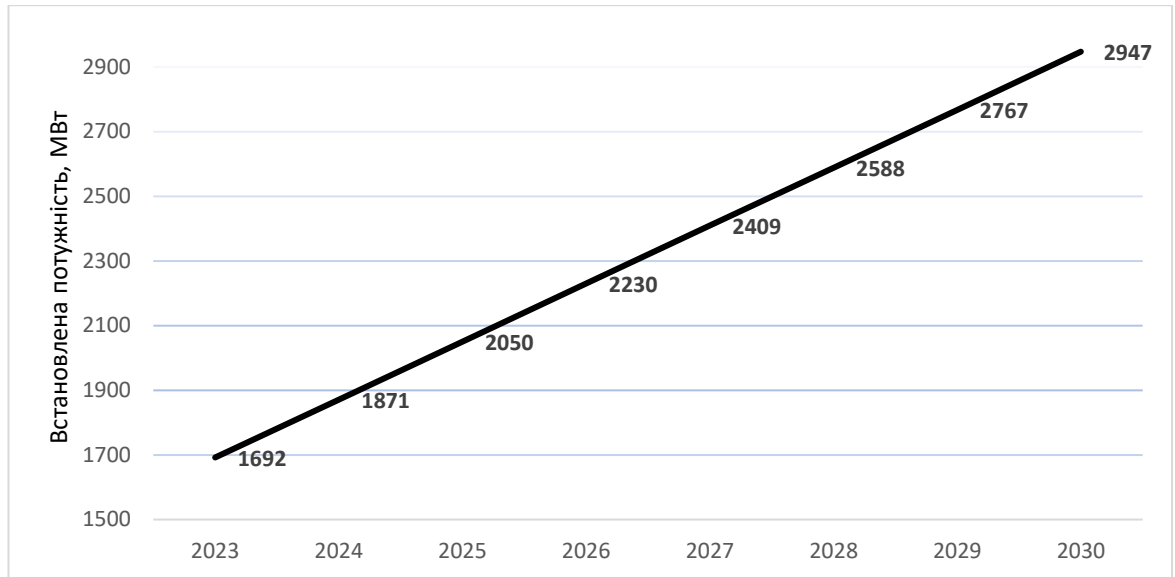


Рисунок 4.2 – Прогнозовані встановлені потужності сонячних установок в Україні в домогосподарствах та енергетичних кооперативах, МВт [203]

В перші місяці війни були періоди, коли домогосподарства взагалі не отримували плату за «зелену» електроенергію, яку відпускали в мережу. Однак війна викрила проблему забезпеченості енергією, коли через постійні обстріли енергорозподільчі компанії мали труднощі з фізичним доступом до обладнання для його відновлення. Крім того, доходи домогосподарств значно знизилися через безпрецедентний рівень безробіття в 2022 році – 35%. Очікується, що цей показник складе 23% у 2023 році, при тому що серед внутрішньо переміщених осіб показник безробіття складає 60% [210; 211]. Навіть зайняті громадяни заявляли про зниження заробітної плати. Дуже висока інфляція також знижує матеріальний добробут: навіть якщо середня номінальна заробітна плата зросла на 5,9% у 2022 році, реальна середня заробітна плата знизилася на 11,8% [211]. На додачу, через війну спостерігаються мільйони внутрішньо переміщених осіб. Більшість з них орендують квартири або будинки, що є обмежувальним фактором для

придбання СЕС, оскільки люди зазвичай роблять таку інвестицію один раз у житті [212]. В таких умовах інвестиції в домашні СЕС не є пріоритетом.

З огляду на війну в Україні, ЄС оголосив про намір надіслати Україні 5700 сонячних панелей у рамках проекту «Промінь надії» за допомогою Механізму цивільного захисту ЄС. Сонячні панелі будуть встановлені, в основному, на лікарнях, пожежних департаментах та школах (тобто об'єктах критичної інфраструктури). Встановлена потужність одного об'єкта не перевищить 2 МВт [213]. Панелі буде виробляти компанія Enel (Іспанія), що певною мірою сприятиме зростанню економіки Іспанії. Однак важко недооцінити важливість панелей для України, тим більше що країна зіткнеться з новими типами споживачів відновлюваної енергії (громадський сектор), з якими вона має відносно невеликий досвід.

Намагаючись поступово відмовитися від системи ЗТ, було прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України (2023), спрямований, зокрема, на перехід до системи net-billing [139]. Згідно з цим законом, система net-billing буде пов'язана з ціною електроенергії на ринку на добу наперед, яка становила 0,069 євро/кВт·год у квітні 2023 року, 0,07 євро/кВт·год у травні 2023 року і 0,071 євро/кВт·год у червні 2023 року [214]. Крім того, закон зобов'язує домогосподарства придбати акумулятори, достатньо потужні для зберігання електроенергії протягом принаймні чотирьох годин споживання. Нижче нами розрахований період окупності для різних домашніх СЕС (потужністю 12,5, 30 та 50 кВт) з акумуляторами та без них, за різних рівнів ЗТ (залежності від року, коли він був наданий – до 2025 року або після 2025 року) та з net-billing, використовуючи формулу (4.1). Результати розрахунків сонячних установок для домогосподарств подані у табл. 4.2. В таблиці власне споживання розраховано як добуток кількості місяців у році та даних про середньомісячне споживання електроенергії домогосподарствами в Україні, наданих НКРЕКП.

Таблиця 4.2 – Окупність проєктів домашніх СЕС за різних схем підтримки ВЕ в Україні (розраховано авторами)

Схема підтримки ВЕ	ЗТ (2023-2024)*	ЗТ (2025-2029)*	net-billing	ЗТ (2023-2024)*	ЗТ (2025-2029)*	net-billing	ЗТ (2023-2024)*	ЗТ (2025-2029)*	net-billing
Потужність СЕС, кВт	12,5			30			50		
Інвестиції, євро	11800			19874			33123		
Виробництво електроенергії, кВт·год/рік	13200			33300			61758		
Власне споживання, кВт·год/рік	2016			2400			3024		
Розмір ЗТ, євро/кВт·год	0,163	0,146	-	0,163	0,146	-	0,163	0,146	-
Тариф на електроенергію, євро/кВт·год	0,066			0,066			0,066		
Період окупності, років	6,5	7,2	16	3,9	4,4	9,6	3,5	3,9	8,5

Примітка. * - наданий у відповідних роках.

Табл. 4.2 дозволяє зробити кілька висновків:

- малі сонячні установки домогосподарств (12,5 кВт), які бажають працювати за ЗТ, не матимуть достатньо часу, щоб окупити свої інвестиції;
- запровадження net-billing для домогосподарств робить проєкти сонячної фотовольтаїки економічно недоцільними;
- ринкова ціна на електроенергію для домогосподарств занадто низька, щоб зробити проєкти ВЕ здійсненними та прийнятними для фінансування без ЗТ.

Зазначені обставини заважають домогосподарствам шукати альтернативи електропостачання, окрім централізованої мережі, що підтверджує [215]. На час проведення дослідження в Україні діє воєнний стан. Протягом нього заборонено зростання цін на комунальні послуги. Однак, з урахуванням значного руйнування енергогенеруючої інфраструктури в Україні, уряд підвищив ціни на електроенергію для домогосподарств (для накопичення

коштів на відновлення енергетичної інфраструктури). Це необхідно, оскільки поточна ціна на електроенергію для домогосподарств у чотири рази менше собівартості виробництва електроенергії в Україні. Держава субсидує різницю між собівартістю електроенергії та її ціною для населення. Середній річний обсяг субсидії склав 140 млрд гривень (3,45 млрд євро) [216]. Період окупності домашніх СЕС за системи net-billing залишиться незмінним, роблячи інвестицію недоцільною для домогосподарств.

Необхідність впровадження системи net-billing виникла внаслідок необхідності відмовитися від системи ЗТ та очікування, що домогосподарства допоможуть балансувати ринок, особливо під час пікових годин. Для досягнення цього вони повинні мати акумулятори та інвертори, і подавати електроенергію в мережу. Зважаючи на характер сонячного випромінювання, можна припустити, що домогосподарства накопичуватимуть енергію протягом денного часу роботи установки та продаватимуть надлишки енергії ввечері. Наразі в Україні є різниця між цінами на внутрішньодобовому ринку та ринку на добу наперед. Ціна на внутрішньодобовому ринку дещо вища, але частка цього ринку становить лише близько 6-7% [217].

Загалом, якщо домогосподарства з акумуляторами продаватимуть свою електроенергію на внутрішньодобовому ринку (очевидно, через агрегаторів), період окупності їхніх установок становитиме 16-29 років, залежно від розміру встановленої потужності. Це відбуватиметься з декількох причин, головним чином через низькі ціни на електроенергію. Крім того, вітчизняного ринку агрегаторів поки що не існує. Результати розрахунків періоду окупності домашніх СЕС з та без акумуляторів показані на рис. 4.3-4.5.

Результати розрахунків, подані на рисунках, показують, що немає економічного сенсу мати невелику домашню СЕС з акумуляторами, оскільки період окупності таких установок перевищує 25 років, тобто строк служби акумуляторів та деяких компонентів фотоелектричної установки. Фактично всі типи установок стають економічно недоцільними при встановленні акумуляторів. Однак, з огляду на те, що Україна перебуває у стані війни та має

ворожого сусіда, домогосподарства повинні мати «збережену» електроенергію на випадок перебоїв у постачанні електроенергії.

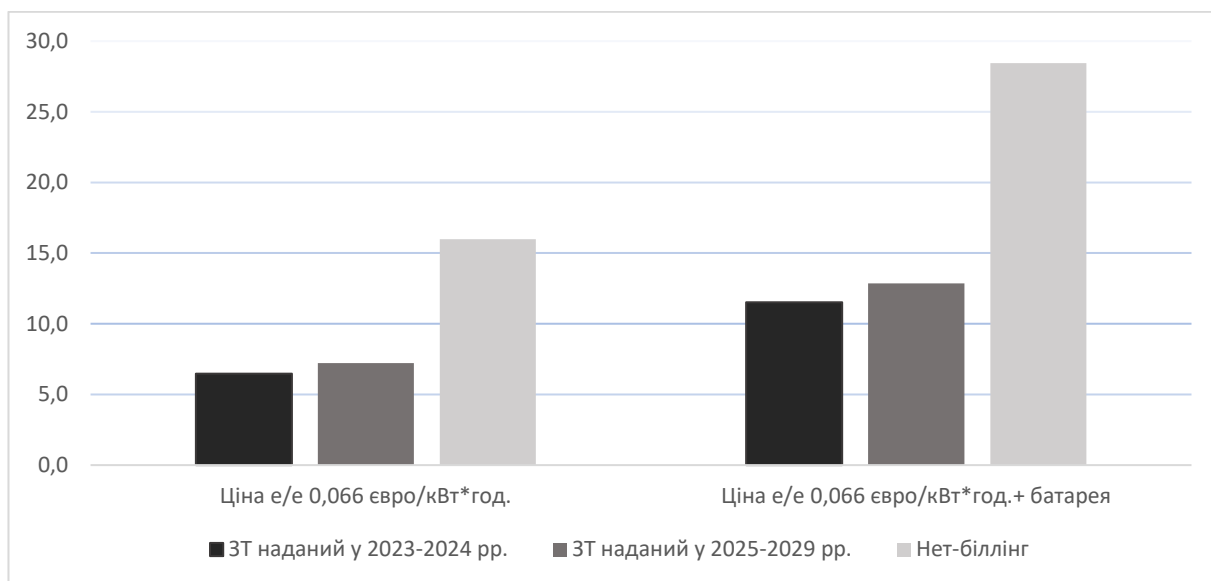


Рисунок 4.3 – Період окупності для сонячної фотоелектричної установки потужністю 12,5 кВт за різних умов, років (e/e – електроенергія; розраховано авторами)

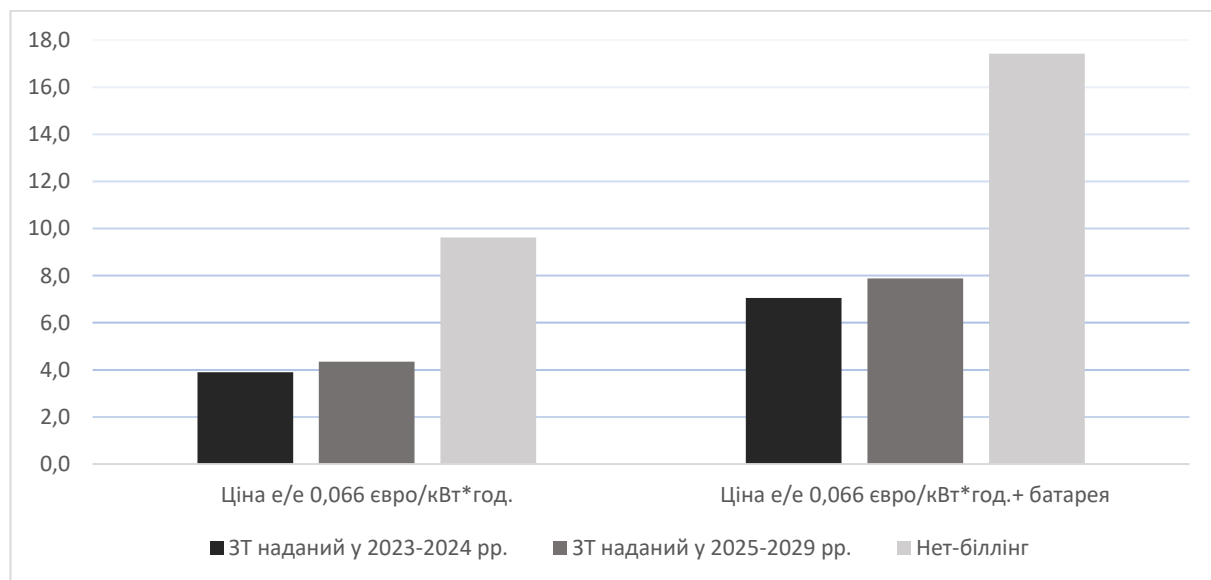


Рисунок 4.4 – Період окупності для сонячної фотоелектричної установки потужністю 30 кВт за різних умов, років (e/e – електроенергія; розраховано авторами)

Наразі важко монетизувати розкіш 24/7 доступу до електроенергії. Той факт, що СЕС відносно дорогі, може призвести до стратифікації суспільства на тих, хто може собі це дозволити, і тих, хто не може. Проте це питання виходять за межі даного дослідження. Тем не менше, важливо розглянути можливість інвестиційних грантів або інших заходів підтримки для зменшення витрат домогосподарств на інвестування. Цю можливість слід дослідити у рамках пакетів, спрямованих на відновлення існуючої енергетичної інфраструктури в Україні.

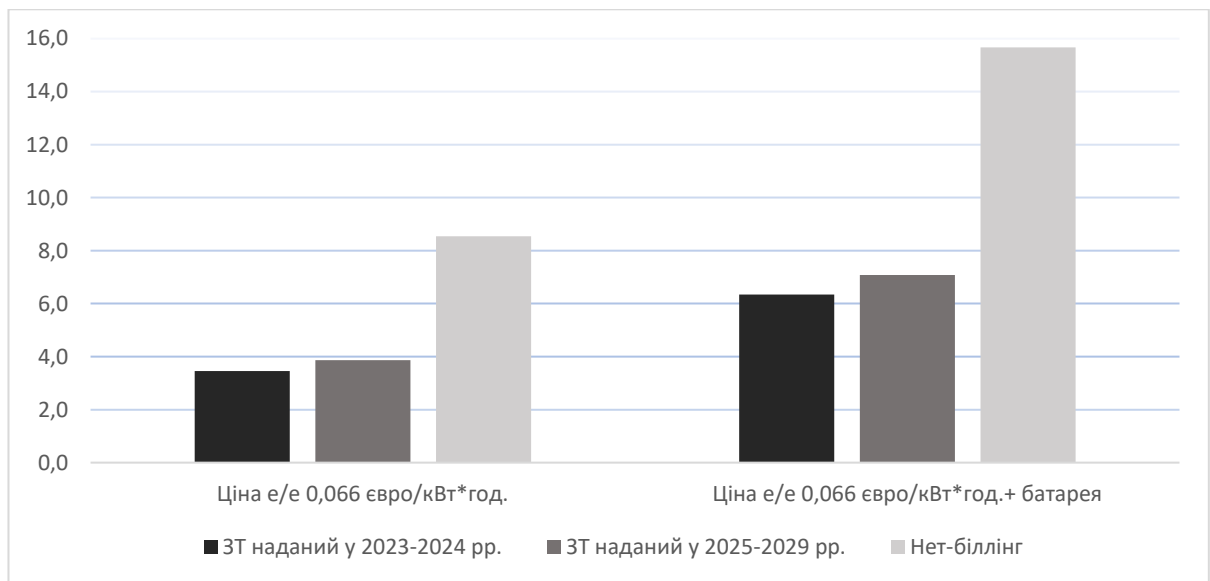


Рисунок 4.5 – Період окупності для сонячної фотоелектричної установки потужністю 50 кВт за різних умов, років (e/e – електроенергія; розраховано авторами)

Для підтвердження отриманих нами результатів слід враховувати, що результати для України можуть відрізнятися від результатів для конкретних регіонів або домогосподарств. Регіональне розташування може впливати на середній рівень інсоляції, споживану енергію, кліматичні умови тощо. Крім того, розташування сонячних панелей на даху чи фасаді впливає на обсяг виробництва електроенергії. Конкретне домогосподарство може споживати різну кількість електроенергії порівняно з середньою в країні (через

особливості споживання, застосовані енергоефективні заходи тощо). Крім того, фінансові питання можуть відігравати суттєву роль, зокрема:

- висока економічна нестабільність в Україні призводить до ризиків інфляції, які впливають на зростання цін на переважно імпортне обладнання для СЕС і збільшення інвестиційних витрат;

- незбалансована податкова політика може зменшити прибуток від продажу «зеленої» електроенергії в мережу, зробивши малі СЕС ще менш доцільними;

- показник простого періоду окупності не відображає вартість фінансових ресурсів, задіяних у проєктах з використання «зеленої» енергії, отже, високі ставки кредиту та дисконту можуть зробити не вигідними малі домашні СЕС [191].

Водночас, висновки даного дослідження відповідають кейсам, спостереженим в інших країнах. Наприклад, у В'єтнамі сонячний фотоелектричний ринок суттєво скоротився після скасування ЗТ [218]. У Великобританії кількість сонячних фотоелектричних установок зменшилася після 65% зниження рівня підтримки [218]. Однак залишається відкритим питання, чи переважить намір мати джерело електроенергії в умовах триваючих військових ризиків економічну доцільність володіння СЕС для домогосподарств в Україні.

4.4 Перспективи розвитку енергетичних спільнот в Україні

Розглянуті у підрозділі 3.3 випадки стосуються домогосподарств, які встановлюють сонячні фотоелектричні установки на дахах приватних будинків та інших поверхнях. Проте більше половини населення України проживає у багатоквартирних будинках. Так, опитування, проведене у 2019 році, показало, що 48% людей в Україні проживають у багатоквартирних будинках (3+ поверхи), 7% живуть у невеликих багатоквартирних будинках (2 поверхи), а решта (44%) живуть у приватних будинках [219]. Особливістю

сьогоднішнього ринку нерухомості є те, що кожна квартира має свого власника, тому квартирами в багатоквартирних будинках володіють 30-500 власників. Лише чверть багатоквартирного житлового фонду мають об'єднання власників багатоквартирного будинку. Сонячні фотоелектричні установки в багатоквартирних будинках зрідка зустрічаються в Україні. Але, маючи об'єднання власників багатоквартирного будинку, організаційно легше вирішити деякі питання, пов'язані з нерухомістю. Враховуючи таку кількість власників, погодитися на встановлення СЕС є складним завданням. Крім того, в Україні встановлення в багатоквартирних будинках установок ВЕ зовсім непросте (наприклад, для забезпечення потреб будинку в освітленні місць загального користування, експлуатації розеток у місцях загального користування, домофонів тощо). Проте громадські організації намагаються поширювати інформацію про можливості використання сонячної енергії навіть у багатоквартирних будинках. Наприклад, ГО «Екодія» провела детальне дослідження про сонячні фотоелектричні установки для таких об'єктів у 2023 році [220]. Дослідження було здійснене з метою скорочення розриву між планами держави щодо розвитку ВЕ та необхідністю підвищити обізнаність звичайних людей про технології ВЕ та можливості використання «зеленої» енергії для децентралізованого виробництва енергії в Україні [204]. Загалом соціологічне опитування показало, що респонденти сприймають розподілену генерацію електроенергії дещо краще, ніж ВЕ загалом: 84% підтримують ідею розподіленої генерації електроенергії порівняно з 78%, які підтримують концепцію поширення ВЕ в Україні.

Незважаючи на те, що енергетична галузь зазнала найбільшої кількості змін до чинних нормативних актів [221], станом на 2023 рік в Україні є лише концепція активних споживачів та енергетичні кооперативи. В ЄС існує кілька інших форм нових учасників ринку, зокрема самовиробники та спільноти активних виробників ВЕ. Унікальним прикладом українського енергетичного кооперативу є «Сонячне місто». Він має сонячні станції потужністю 300 кВт, встановлені на даху кількох громадських будівель у м. Славутич Київської

області [222]. Електроенергію кооператив продає за ЗТ, а 5% прибутку витрачає на потреби міста. Кошти на придбання обладнання збирали від тих, хто проживає будь-де в Україні (тобто не обов'язково у м. Славутич). Це був перший досвід енергетичного кооперативу в Україні. Однак, у розумінні Директив ЄС, «Сонячне місто» не є кооперативом з ВЕ, оскільки його інвестори проживають в інших містах України, а не там, де працює кооператив.

Вагомою перевагою енергетичних кооперативів є можливості для суттєвої економії енергії. В Україні втрати електроенергії в мережах передачі та розподілу величезні: вони сягнули 19% у 2021 році проти 10,4% у 2020 році [223], що дорівнювало втратам десятків мільйонів гривень. Це відбувається насамперед через застарілі мережі [224]. Близькість виробництва електроенергії до її споживання, яку можуть гарантувати як домогосподарства, так і кооперативи з ВЕ, забезпечує набагато менші втрати електроенергії. Потенційному поширенню кооперативів з ВЕ в Україні, очевидно, перешкоджатиме кілька перешкод, як підсумовано в табл. 4.3. Тим не менше, їх подолання є абсолютно важливим, оскільки це дозволить, серед іншого, багатоквартирним будинкам отримати вигоду від технологій ВЕ. Зазначені перешкоди унеможливають повний розвиток та поширення відновлювальних енергетичних кооперативів в Україні, що обмежує їхній внесок у «зелену» трансформацію енергетичного сектора.

Підсумовуючи, відзначимо, що український енергетичний сектор суттєво постраждав від війни у 2022-2023 роках, що спричинило великі втрати потужностей генерації та передачі електроенергії. Первинна оцінка втрат для цих підсекторів становить майже 6,5 млрд дол. США. У такій ситуації децентралізація генерації електрики за допомогою сучасних енергетичних технологій стає абсолютно необхідною, що співпадає з вимогами європейського енергетичного та кліматичного законодавства. Україна, яка отримала історичний шанс стати кандидатом на вступ до ЄС, повинна

впроваджувати європейське енергетичне законодавство, хоч і з певним інституційним лагом.

Таблиця 4.3 – Перешкоди поширенню спільнот ВЕ в Україні [208]

Характер перешкод	Опис	Можливе рішення
Законодавчі	Відсутність законодавства щодо створення та діяльності спільнот ВЕ	Прийняття законодавства, гармонізованого з законодавством ЄС
Фінансові [204]	Висока вартість обладнання для об'єктів ВЕ	Інвестиційні гранти; надбавки
Економічні	Низькі тарифи на електроенергію для домогосподарств	Поступове підвищення тарифів для домогосподарств з цільовою підтримкою вразливих груп населення
Інформаційні [204]	Недостатня обізнаність про можливості домогосподарств у сфері ВЕ	Поширення інформації про технологічні рішення, витрати, переваги, послідовність замовлень для отримання дозвільних процедур для будівництва об'єктів ВЕ тощо.
Військові	Близькість до Російської Федерації	Рішення за межами ринкових чи регуляторних інструментів
Організаційні	Половина населення країни проживає в багатоквартирних будинках	Можливість для більш заможних учасників інвестувати в електрогенерацію
Поведінкові	Складність досягти згоди між мешканцями багатоквартирного будинку	Інформаційні кампанії щодо успішних кейсів; детальні інструкції «як зробити...», громадська консультаційна підтримка

Четвертий енергетичний пакет ЄС передбачає кілька директив, які дозволяють різним типам виробників невеликої потужності генерувати енергію, включаючи відновлювану. Цей пакет, серед іншого, дозволяє громадянам бути співвласниками енергетичної трансформації та залучати приватний капітал. У зв'язку з необхідністю мобілізації всіх типів капіталу для задоволення амбіцій REPowerEU, проведений аналіз є актуальним. Четвертий пакет визначає концепції активного споживача, споживача відновлюваної енергії для власного споживання, громадянської енергетичної спільноти, відновлюваної енергетичної спільноти та незалежних агрегаторів за

допомогою відповідних директив. Наголошується на підтримці механізмів для невеликих виробників з використанням ЗТ або надбавки (feed-in premium). Спрощені адміністративні процедури та відповідні згоди для малих домашніх установок мають сприяти цьому процесу. Очікується, що енергетичні спільноти відіграватимуть важливу роль на ринках енергії, вимагаючи впровадження широкого спектра сучасних технологій для виробництва електроенергії.

Україна здобула важливий досвід поширення ВЕ, починаючи від великомасштабних промислових СЕС до домашніх сонячних установок, що працюють за ЗТ. Однак війна показала вразливість енергетичної системи через обстріли та пошкодження електрогенеруючого і розподільчого обладнання. Економічні труднощі, що виникли внаслідок війни, разом із високими рівнями безробіття серед переселенців, зменшили пріоритет інвестування в СЕС. Для пристосування до цих викликів Україна розглядає можливість переходу до моделі net-billing, пов'язаної з цінами на електроенергію на ринку на добу наперед, що вимагає встановлення батарей для підтримання електроспоживання протягом мінімум чотирьох годин [208].

Проведені розрахунки простого періоду окупності для невеликих домашніх СЕС, щоб оцінити їх доцільність за нових умов для домогосподарств, показали, що невеликі домашні сонячні установки, які хочуть працювати за системою net-billing, не матимуть достатньо часу для повернення вкладеного капіталу. Навіть за можливості продажу електроенергії через агрегаторів на внутрішньодобовому ринку, період окупності для невеликих установок з батареями є надто великим (29 років), перевищуючи термін служби батареї. Тим не менш, вимога до постійного доступу до енергії через війну може виправдати неокупність невеликих СЕС. Крім економічних перешкод, є організаційні труднощі, з якими стикаються мешканці багатоповерхових будинків при бажанні стати активними учасниками ринку виробництва електроенергії. Хоча вони і можуть встановлювати СЕС, це дозволить задовольнити лише частину попиту на

електроенергію для спільних зон будинку. Крім того, є законодавчі складнощі: у законодавстві України відсутні поняття відновлюваних енергетичних спільнот та активних споживачів ВЕ. Для заповнення цих прогалин потрібне його вдосконалення.

Війна й економічні труднощі в Україні змінили динаміку розвитку національного сектору ВЕ. Реалізація розглянутих різних сценаріїв підтримки проєктів ВЕ для домогосподарств, а також впровадження спільнот ВЕ в багатоповерхових будинках та формування класу споживачів власної енергії вимагає якнайшвидшої імплементації європейських стандартів і механізмів для досягнення сталого розвитку енергетичного сектору та забезпечення енергонезалежності України.

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ ДРАЙВЕРІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕЕ ДОМОГОСПОДАРСТВ ТА РОЗВИТКУ ВЕ З ОЦІНКОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

5.1 Методичні підходи до моделювання драйверів ВЕ та факторів зростання ЕЕ у побутовому секторі

На споживання домогосподарств припадає 72% глобальних викидів парникових газів [225; 226], і це доводить, що кожне домогосподарство є важливим компонентом кліматичної політики національного та глобального рівнів. Беручи до уваги той факт, що викопне паливо (вугілля, нафта та газ) є найбільшим джерелом глобальної зміни клімату, на нього, за даними Організації Об'єднаних Націй, припадає понад 75 % глобальних викидів парникових газів і майже 90 % усіх викидів вуглекислого газу. Сучасне загострення екологічних та енергетичних проблем пов'язане з критичним перевиробництвом і нераціональним використанням енергії з викопного палива, що призводить до руйнування енергетичної системи планети та зміни клімату. Таким чином, існує нагальна необхідність переходу до методів отримання і застосування енергії, які не створюють додаткову кількість енергії на планеті, а лише перерозподіляють ту, що надходить на Землю з космосу [227].

Таке завдання можуть вирішити відновлювані джерела та енергоефективні заходи, які за відповідної економічної політики можна легко імплементувати на рівні окремого домогосподарства. Відмінною рисою заходів з ЕЕ та ВЕ є їх відносна економічність, пов'язана з тим, що поточні витрати на вироблення відновлюваної енергії наближаються до нуля, а енергоефективні проєкти забезпечують економію витрат та позитивний екологічний ефект. Досягнення кліматичної нейтральності набагато легше досягти на індивідуальному рівні, ніж в межах окремо взятої країни. Саме енергетична незалежність окремого домогосподарства у поєднанні із його

кліматичною нейтральністю є фактором довгострокової стійкості. У цьому контексті важливо відзначити тісну взаємозалежність і взаємовплив процесів зростання ЕЕ та розвитку ВЕ у побутовому секторі, оскільки саме ВЕ все більше впливає на ЕЕ домогосподарств, змінюючи підходи до технологій виробництва і застосування енергії.

Однією з переваг відновлюваних джерел енергії є їх розподілений характер. На відміну від викопного палива, яким володіють одиниці економічних агентів, відновлювані джерела енергії доступні більшості жителів планети і можуть бути легко адаптовані на рівні домогосподарства. Більше того, це стосується не лише всюдисущої фізичної присутності самих джерел енергії (сонця, вітру, геотермального тепла тощо), а й економічних можливостей самого виробництва енергії.

Вже сьогодні багато власників будинків у ЄС можуть дозволити собі мати власну «зелену» електростанцію з потужністю, яка відповідає їхнім потребам. У дослідженні [228] визначено, що збільшення виробництва енергії домогосподарствами сприяє зниженню рівня енергетичної залежності в розвинених країнах. Наразі Європейська комісія прийняла кілька законодавчих пропозицій, які встановлюють плани щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року з проміжною ціллю 55% чистого скорочення викидів парникових газів до 2030 року [229].

Одним з важливих етапів реалізації планів є перехід до сталого розвитку приватних домогосподарств. Для цього необхідно не лише оцінювати вплив окремих факторів на соціальні, економічні та екологічні досягнення, а й розуміти, як саме цілі сталого розвитку пов'язані з покращенням життя населення. Тому у даному розділі досліджуються фактори-стимулятори та дестимулятори підвищення ЕЕ домогосподарств із виявленням регіональних ефектів та оцінкою екологічного впливу шляхом застосування методів економіко-математичного моделювання. Крім того, будуть розроблені методичні підходи до визначення ключових драйверів розвитку ВЕ в побутовому секторі на основі стохастичного моделювання панельних даних.

5.1.1 Огляд детермінантів розвитку ВЕ та ЕЕ в домогосподарствах в екологічному контексті

З початку другої декади ХХІ століття частка сонячних панелей у виробництві відновлюваної енергії динамічно зростає, насамперед, завдяки стимулюючим політикам національних урядів. Зокрема, уряд Польщі запровадив численні програми допомоги домогосподарствам у переході на фотоелектричні панелі як основне джерело енергії [230]. Подібні програми почали працювати і в інших країнах світу, що стало фактором зростання енергогенерації з сонячного випромінювання. Емпіричні результати для економік G-7 за 1990–2020 рр. показують, що дослідження та розробки, а також зростання споживання відновлюваної енергії покращують екологічну ефективність шляхом зменшення викидів CO₂ [231]. Так само для 10 країн One Belt One Road (OBOR), використовуючи дані за 2004-2019 рр., було виявлено, що відновлювані джерела енергії зменшують викиди CO₂ як у довгостроковій, так і в короткостроковій перспективі [232]. Виходячи з даних 1990–2020 рр., у Марокко розвиток ВЕ також став ключовим фактором скорочення викидів CO₂ [233]. Відповідно до роботи [234] політика декарбонізації житлового фонду ЄС може покращити умови життя, зокрема тепловий комфорт і знизити рахунки домогосподарств за електроенергію. Однак ці заходи можуть створювати додатковий фінансовий тягар для домогосподарств з низькими доходами, зменшуючи їхній наявний дохід і посилюючи їхню вразливість.

Існує низка досліджень, присвячених аналізу ЕЕ секторів економіки та побутового сектору зокрема, а також її залежності від економічних і технологічних факторів. Так, автори [235] виявили, що економічне зростання, економія енергоспоживання, наявність транспортної інфраструктури та ВЕ мають значний вплив на якість навколишнього природного середовища, а також на стійкість муніципалітетів.

Емпіричні дослідження підтвердили теоретичну концепцію про те, що виробництво відновлюваної енергії генерує майже нульові викиди парникових газів на етапі експлуатації, проте викиди з'являються на етапах

будівництва/ліквідації самого обладнання для використання відновлюваних джерел енергії [236].

Існує перелік інших факторів, які разом із ВЕ впливають на викиди CO₂ та визначають економічну й екологічну ефективність побутового сектору. Так, зокрема, зростання споживання енергії домогосподарствами призводить до збільшення викидів CO₂, оскільки критична точка для виробництва відновлюваної енергії не досягнута [237; 238; 239]. Вплив досягнутих значень ВВП на душу населення на викиди CO₂ є відмінним для різних країн. Так, для держав з низьким і середнім доходом економічне зростання сприяє зростанню викидів CO₂ [240; 241], тоді як для заможних країн має покращувати екологічну ситуацію [242]. Halkos G. та Paizanos E. [243] стверджують, що впровадження експансіоністських фіскальних видатків забезпечує пом'якшувальний вплив на кількість викидів CO₂, що утворюються при виробництві та споживанні, тоді як скорочення податків, що фінансуються за рахунок дефіциту, пов'язане зі збільшенням викидів CO₂, згенерованих споживанням. Останній аргумент може бути пояснений тим фактом, що зростання податків зменшує реальний наявний дохід домогосподарств, що у свою чергу призводить до зменшення енергоспоживання населенням (подорожі, більші житлові площі, збільшення впливу фактору енергетичної бідності, тощо). Крім того, деякі дослідники стверджують, що розвинені країни та такі, що розвиваються, мають різні детермінанти викидів CO₂, а також споживання енергії домогосподарствами. Наприклад, автори [244] виявили, що основними драйверами викидів вуглекислого газу в країнах, що розвиваються, є економічне зростання, державні витрати та незалежність центрального банку, тоді як у розвинених державах драйверами є економічне зростання, ефективність уряду та прозорість і незалежність центрального банку. Дані фактори пов'язані із ЕЕ через їх зв'язок із доходами домогосподарств. У праці [245] стверджується, що основними детермінантами споживання енергії як у цілому в економіці, так і у побутовому секторі країн, що розвиваються, є економічне зростання, інвестиції та зимові температури,

тоді як у розвинених країнах детермінантами є відкритість торгівлі, корупція та інновації.

Стрімкі тенденції технологічних перетворень можуть створити певні очікування щодо скорочення викидів CO₂ на глобальному рівні та пом'якшення наслідків зміни клімату. Але, насправді, потрібно більш детально досліджувати, наскільки швидко розвиваються технологічні перетворення (зокрема ВЕ) і чи достатні ці процеси для покращення екологічної ситуації.

ВЕ має потужний потенціал для зміни екологічної ефективності поточних економічних систем. Тому варто оцінити останні емпіричні тенденції впровадження відновлюваних і невідновлюваних технологій генерування енергії та розробити практичні рекомендації для покращення екологічної ситуації в контексті розвитку ЕЕ та ВЕ у домогосподарствах.

5.1.2 Оцінювання емпіричних тенденцій впровадження технологій ЕЕ та ВЕ

Для оцінки економічної ефективності та ЕЕ впровадження технологій ВЕ нами були зібрані статистичні дані для країн ЄС-27 за останній доступний період в Євростаті (2012-2021). Набір даних, який використовується у даному дослідженні, складається з трьох блоків: (1) блок ВЕ та екологічної ефективності, (2) цифровий і соціальний блоки і (3) блок доходу.

Блок ВЕ та екологічної ефективності включає дані щодо відновлюваних джерел енергії в електроенергетиці (%); відновлювані джерела енергії у загальному енергобалансі (%); викиди вуглекислого газу (т); викиди CO₂ (метричні тонни на душу населення); парникові гази (індекс 1990=100); забруднювачі повітря та парникові гази (CO₂, N₂O в еквіваленті CO₂, CH₄ в еквіваленті CO₂, HFC в еквіваленті CO₂, PFC в еквіваленті CO₂, SF₆ в еквіваленті CO₂, NF₃ в еквіваленті CO₂, виміряному в грамах на євро); споживання енергії в домогосподарствах (кілограмів н.е. на душу населення).

Цифровий і соціальний блоки включають дані про кількість абонентів мобільного стільникового зв'язку (на 100 осіб); експорт високих технологій (% експорту промислової продукції); населення кожної країни у вибірці.

Дохідний блок включає дані про ВВП (поточні долари США); ВНД, розрахований за методом Атласу (поточні долари США); ВНД, ПКС (поточні міжнародні долари); ВНД на душу населення, ПКС (поточні міжнародні долари); зростання ВВП на душу населення (річних %); структурні показники ВВП (додана вартість промисловості (% від ВВП)); експорт товарів і послуг (% від ВВП); імпорт товарів і послуг (% від ВВП); валове накопичення капіталу (% від ВВП); особисті грошові перекази, отримані (поточні долари США); прямі іноземні інвестиції, чистий приплив (поточні міжнародні долари); ВВП (долари США 2015 року); ВВП на душу населення (поточні долари США). Зазначені показники доходного блоку використовуються для моделювання ЕЕ країни загалом внаслідок суттєвої обмеженості даних на рівні домогосподарств. Крім того, таке припущення має сенс, оскільки ЕЕ конкретного господарства залежить від економічної політики держави в цілому. Визначення того, чи ставить держава за мету збільшення ЕЕ та зменшення енергетичної залежності, дає можливість оцінити ефективність відповідних змін на мікрорівні.

Щоб виявити статистичні властивості панельних даних і знайти можливі аутлаери, будуюмо графік, що показує залежність левериджу від квадратів залишків для поточної вибірки (рис. 5.1).

Методологічне дослідження починаємо з оцінювання звичайної регресії найменших квадратів, потім параметр *lvr2plot* у Stata 16.0 використовується для побудови графіка, що показує залежність левериджу від квадратів залишків, а параметр *mlabel* використовується для показу цифрових аббревіатур вибірки. На рис. 5.1 видно кілька аутлаєрів (позначено як id 15 та id 8). Після виявлення деяких викидів або точок даних із високим левериджем, щоб не зменшувати розмір вибірки, можна використовувати технологію Robust regression (робастну регресію). Робастна регресія корисна, коли дані не є помилками введення даних або вони не з інших вибірок, тому немає особливої

потреби виключати їх з вибірки. Даний метод є гарною стратегією, оскільки є компромісом між повним виключенням цих точок з аналізу та включенням усіх точок даних і рівноцінним розглядом усіх у регресії [246].

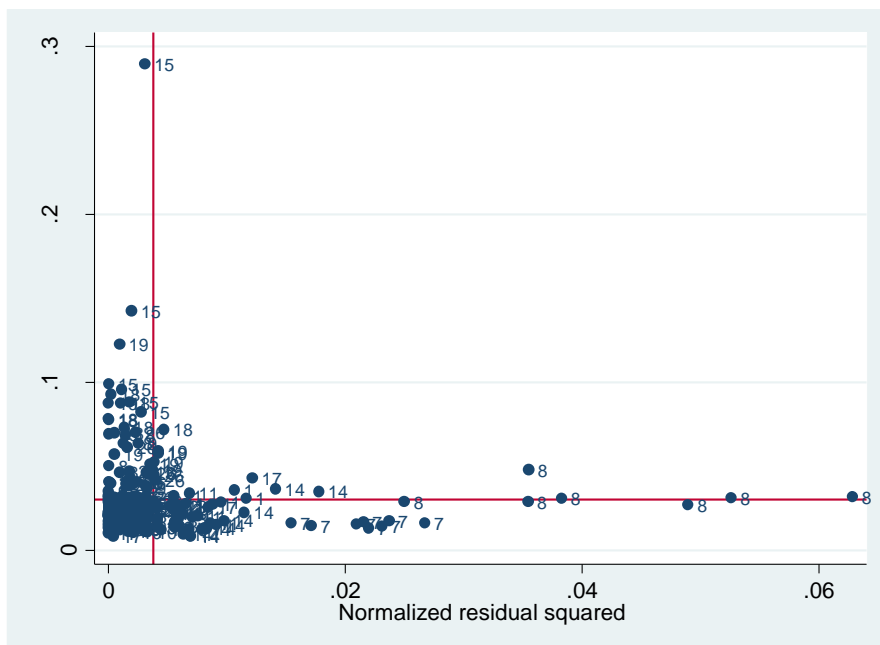


Рисунок 5.1 – Постоїнка левериджу проти квадратів залишків для екологічної ефективності та ЕЕ в ЄС-27 протягом 2012-2021 рр.

(розраховано авторами)

Для оцінювання ЕЕ та екологічної ефективності домогосподарств у даному дослідженні, виходячи із наявних даних, використовуються такі апроксимовані індикатори: викиди CO₂ (метричні тонни на душу населення); забруднювачі повітря та парникові гази (грамів на один євро); індекс парникових газів (індекс 1990=100).

Основними пояснювальними змінними для розгляду є відновлювані джерела енергії в електроенергетиці (%) та відновлювані джерела енергії у загальних енергетичних балансах (%). Обидві згадані пояснювальні змінні є структурними, і їхній вплив на викиди CO₂ (метричні тонни на душу населення) та індекс парникових газів має підтвердити технологічну та економічну ефективність впровадження технологій ВЕ. Натомість вплив на

забруднювачі повітря та парникові гази (грамів на євро) має підтвердити ЕЕ впровадження технологій ВЕ.

З методологічної точки зору аналіз даних щодо оцінки шляхом економіко-математичного моделювання факторів-стимуляторів та дестимуляторів підвищення ЕЕ домогосподарств і розвитку ВЕ з оцінкою екологічного впливу може бути представлений у лінійних і матричних позначеннях:

$$\{ y_{jt}; X_{jt} \}, t = 1, 2, 3, \dots, T, \quad (5.1)$$

де y_{jt} – вектор залежних змінних;

X_{jt} – вектор пояснювальних змінних узагальненої регресії найменших квадратів (GLS);

j – ідентифікатор конкретного об'єкту спостереження (це може бути окреме домогосподарство, об'єднана територіальна громада, регіон чи окрема країна із вибірки), $j = 1, 2, 3, 4, \dots$;

t – період часу (роки);

T – останній наявний часовий період.

Емпіричне представлення моделі (5.1) буде таким:

$$y_{jt} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \epsilon_{jt}, \quad (5.2)$$

де β_0 – постійний член;

β_1, \dots, β_n – множина коефіцієнтів регресії;

ϵ_{jt} – збурення регресії.

Оцінки GLS мають таку коваріаційну структуру:

y_i ($T \times 1$) – матриця спостережень для залежних змінних;

X_i ($T \times k$) – матриця пояснювальних змінних,

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}, v = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \dots \\ u_n \end{pmatrix}. \quad (5.3)$$

Коваріаційна матриця для умов збурення виглядатиме таким чином:

$$\Omega = E(uu') = \begin{bmatrix} \Sigma & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \Sigma \end{bmatrix}. \quad (5.4)$$

Оцінивши коваріаційну матрицю похибок, можна оцінити коефіцієнти GLS:

$$\hat{\beta}_{GLS} = (\hat{X}\Omega^{-1}X)^{-1}\hat{X}\Omega^{-1}Y. \quad (5.5)$$

Беручи до уваги моделі (5.4) та (5.5), нижче представлена теоретична концепція визначення ключових драйверів розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств на основі стохастичного моделювання панельних даних:

$$REH_t = F(EC_t, GDP_{pct}, GT_t, IR_t, ENH_t, GCF_t, MCSt, RD), \quad (5.6)$$

де REH_t – обсяг енергогенерації з відновлюваних джерел в секторі приватних домогосподарств (кВт·год);

EC_t – енергоспоживання домогосподарства (кг н.е. на душу населення);

GDP_{pct} – ВВП на душу населення в поточному році (дол. США), прийнято як апроксимована змінна за відсутності даних щодо розміру доходів кожного окремого домогосподарства;

GT_t – розмір ЗТ (дол. США);

IR_t – ставка за банківським кредитом для домогосподарства;

ENH_t – освіта голови домогосподарства (кількість років навчання);

GCF_t – валове накопичення капіталу (% ВВП);

$MCSt$ – підписка на мобільний стільниковий зв'язок;

RD – регіональні коефіцієнти у вигляді фіктивних змінних для оцінки географічних чи специфічних соціально-економічних ефектів.

Зростання технологічної ефективності ВЕ у поєднанні із зниженням вартості генерування одиниці енергії є очікуваним драйвером просування даних технологій у секторі приватних домогосподарств. Цифрові трансформації також очікувано мають позитивний вплив на просування ВЕ у побутовому секторі, через те, що надлишки від генерування енергії можуть бути легко продані у режимі реального часу у загальну енергетичну мережу країни.

Для оцінки екологічного впливу ВЕ може бути використано кілька ключових залежних змінних, зокрема подушні викиди CO₂ (CO₂ pct, метричних тонн на душу населення):

$$\text{CO}_2\text{pct} = F(\text{REt}, \text{ECt}, \text{GDPpct}, \text{ISt}, \text{GCFt}, \text{MCSt}, \text{HTEt}, \text{RD}), \quad (5.7)$$

де REt – відновлювані джерела енергії (%);

ECt – енергоспоживання домогосподарства (кг н.е. на душу населення);

GDPpct – ВВП на душу населення в поточних цінах (дол. США);

ISt – частка галузі (%);

GCFt – валове накопичення капіталу (% від ВВП);

MCSt – підписка на мобільний стільниковий зв'язок серед населення;

HTEt – експорт високих технологій (%);

RD – регіональні коефіцієнти у вигляді фіктивних змінних для оцінки географічних чи специфічних соціально-економічних ефектів.

Використання викидів CO₂ на душу населення (метричних тонн на душу населення) є показником для оцінки екологічної та технологічної ефективності використання ВЕ. Серед пояснювальних змінних є енергоспоживання домогосподарства (кг н.е. на душу населення), яке взято з метою оцінки впливу абсолютних показників зростання ЕЕ на зміну абсолютних викидів CO₂ на душу населення.

Аналогічна модель і логіка застосовуються до забруднювачів повітря та парникових газів (кількість викидів в атмосферу та парникових газів, грамів на один євро ВВП). Останній показник є індикатором ЕЕ, оскільки чим менше парникових газів припадає на одиницю ВВП, тим більш енергоефективними стають процеси виробництва та споживання. Ще раз підкреслимо, що на споживання домогосподарств припадає 72% глобальних викидів парникових газів. Тому для оцінки ЕЕ запропоновано використовувати таку модель:

$$\text{APt} = F(\text{REt}, \text{ECt}, \text{GDPpct}, \text{ISt}, \text{GCFt}, \text{MCSt}, \text{HTEt}), \quad (5.8)$$

де APt – кількість викидів в атмосферу та кількість парникових газів (грамів на один євро ВВП);

REt – відновлювані джерела енергії (%);

ECt – енергоспоживання домогосподарства (кг н.е. на душу населення);

$GDPpct$ – ВВП на душу населення у поточних цінах (дол. США);

ISt – частка галузі (%);

$GCft$ – валове накопичення капіталу (% від ВВП);

$MCSt$ – підписка на мобільний стільниковий зв'язок;

$HTEt$ – експорт високих технологій (%);

RD – регіональні коефіцієнти у вигляді фіктивних змінних для оцінки географічних чи специфічних соціально-економічних ефектів.

Емпіричне економіко-математичне моделювання для факторів-стимуляторів та дестимуляторів підвищення ЕЕ приватних домогосподарств із виявленням регіональних ефектів та оцінкою екологічного впливу можна проводити в одному із програмних осередків Stata, Matlab, E-views.

5.2 Оцінювання факторів-стимуляторів і дестимуляторів за моделлю ЕЕ домогосподарств з регіональними ефектами та екологічним впливом

Перед запуском економетричних регресій всі залежні та незалежні змінні перевіряються на стаціонарність за допомогою тесту на одиничний корінь з підходами Левіна, Ліна та Чу (LLC) [247]. На основі доступних даних, а саме показників енергоспоживання домогосподарствами на душу населення, виникає можливість оцінювання факторів-стимуляторів та дестимуляторів підвищення ЕЕ з оцінкою екологічного впливу. Емпіричні результати стаціонарних тестів панелей подані у табл. 5.1.

Гіпотезу H_0 про те, що панелі містять одиничні корені, було відхилено для всіх проаналізованих змінних, дані стаціонарні. Критерій множника Лагранжа Брейша та Пейгана для випадкових ефектів використовувався для вибору з регресії випадкових ефектів та регресії OLS. Результати тесту були на користь

регресії GLS із випадковими ефектами. Далі нами було проведено порівняння методу GLS із випадковими ефектами та методу GLS із фіксованими ефектами з використанням регіональних фіктивних змінних (dummy variables) та часових бінарних змінних на основі специфікаційного тесту Хаусмана.

Таблиця 5.1 – Результати тесту на одиничний корінь Левіна, Ліня та Чу

Змінні	Скоригований t*	p-значення	Рішення
Викиди CO ₂ (метричні тонни на душу населення)	-6,4875	0,000 0	Стаціонарний
Забруднювачі повітря та парникові гази (грамів на євро)	-8,7965	0,000 0	Стаціонарний
Парникові гази (індекс 1990=100)	-7,8719	0,000 0	Стаціонарний
Відновлювані джерела енергії (%)	-4,8915	0,000 0	Стаціонарний
Енергоспоживання домогосподарствами на душу населення (кг н.е.)	-15,9059	0,0000	Стаціонарний
ВВП на душу населення у поточних цінах (дол. США)	-5,9962	0,0000	Стаціонарний
Частка індустріальної галузі (%)	-10,5190	0,0000	Стаціонарний
Валове накопичення капіталу (% ВВП)	-5,6406	0,0000	Стаціонарний
Підписка на мобільний стільниковий зв'язок	-5,1013	0,000 0	Стаціонарний
Експорт високих технологій (%)	-10,7444	0,000 0	Стаціонарний

В обох випадках як для моделі 1 (5.7), де залежною змінною є «викиди CO₂ (метричні тонни на душу населення)», так і для моделі 2 (5.8), де залежною змінною є «забруднювачі повітря та парникові гази (г/євро)», результати тесту Хаусмана були на користь методу GLS із випадковими ефектами. Отже, далі наведено результати економічної та технологічної ефективності впровадження технологій ВЕ з використанням методу GLS із випадковими ефектами у скороченій формі без використання фіктивних змінних (табл. 5.2).

Результати доводять, що збільшення частки відновлюваних джерел енергії на 1% в енергетичному балансі в середньому у вибірці ЄС-27 протягом 2012-2021 років призвело до:

1) зменшення викидів CO₂ на 0,137 метричних тонни на душу населення (модель 1), що свідчить про екологічну ефективність використання ВЕ;

Таблиця 5.2 – Фактори екологічної ефективності та ЕЕ в ЄС-27 протягом 2012-2021 рр. (розраховано авторами)

Змінна	Модель 1 Викиди CO ₂ (метричні тонни на душу населення)	Модель 2 Забруднювачі повітря та парникові гази (г/євро ВВП)	Модель 3 Парникові гази (індекс 1990=100)
Відновлювані джерела енергії (%)	-0,137*** (0,0271)	-13,05*** (3,546)	-1,028*** (0,239)
Споживання енергії домогосподарствами (кг н.е.)	0,00327*** (0,00109)	-0,0491 (0,103)	0,00572 (0,0175)
ВВП на одиницю, у поточних цінах (дол. США)	7.99e-06 (1.54e-05)	-0,00719*** (0,00227)	0,000162 (0,000161)
Частка індустріальної галузі (% від ВВП)	0,109* (0,0563)	25,22** (10,49)	0,362 (0,340)
Валове накопичення капіталу (% від ВВП)	-0,0396 (0,0314)	-6,271 (4,104)	-0,117 (0,308)
Підписка на мобільний стільниковий зв'язок серед населення	-0,00494 (0,00700)	1,802* (0,987)	-0,197** (0,0987)
Експорт високих технологій (% від ВВП)	0,0570*** (0,0213)	-2,838 (4,156)	0,494 (0,467)
Постійний член регресії (інтерсепт)	5,088*** (1,237)	356,7** (162,2)	104,1*** (17,63)
Кількість спостережень	265	265	265

Примітка. Надійні стандартні помилки зазначені в дужках; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

2) зменшення забруднювачів повітря та парникових газів на 13 г/євро (модель 2). Таким чином, ВЕ є драйвером зростання ЕЕ із покращенням екологічної ситуації у регіонах, де відповідні технології запроваджуються;

3) зменшення викидів за парниковими газами (індекс 1990=100) на 1% (модель 3). Таким, чином ВЕ є драйвером протидії кліматичним змінам.

Згідно з моделлю 3, ВЕ є ключовим рушієм ефективної реалізації Кіотського протоколу (останній зобов'язує промислово розвинені країни та країни з перехідною економікою обмежити та скоротити викиди парникових газів) та Паризької кліматичної угоди (яка має на меті утримати «збільшення глобальної середньої температури в межах 2°C від доіндустріального рівня»).

Отримані результати для ЄС-27 узгоджуються з іншими емпіричними роботами. Таким чином, автори [248] виявили, що збільшення споживання відновлюваної енергії на 1% призводить до зменшення балансу викидів вуглецю на 5,8%. Для країн G7 було доведено, що гідроелектростанції та виробництво відновлюваної енергії за іншими технологіями можуть зменшити викиди CO₂ у всіх регресійних моделях [249]. ВВП на душу населення, що є індикатором доходів домогосподарств, виявився незначущим драйвером для моделей 1 і 3, але статистично значущим для моделі 2; остання і є моделлю ЕЕ. Так, збільшення ВВП на душу населення на 1000 дол. США пов'язане зі скороченням викидів парникових газів на 7,1 г/євро ВВП. Варто зазначити, що збільшення споживання енергії (кг н.е. на душу населення) у домогосподарствах призводить до збільшення показника викидів CO₂ (т на душу населення) загалом у всьому суспільстві. Співвідношення використання відновлюваних джерел енергії та екологічної ефективності також можна побачити на рис. 5.2 і 5.3.

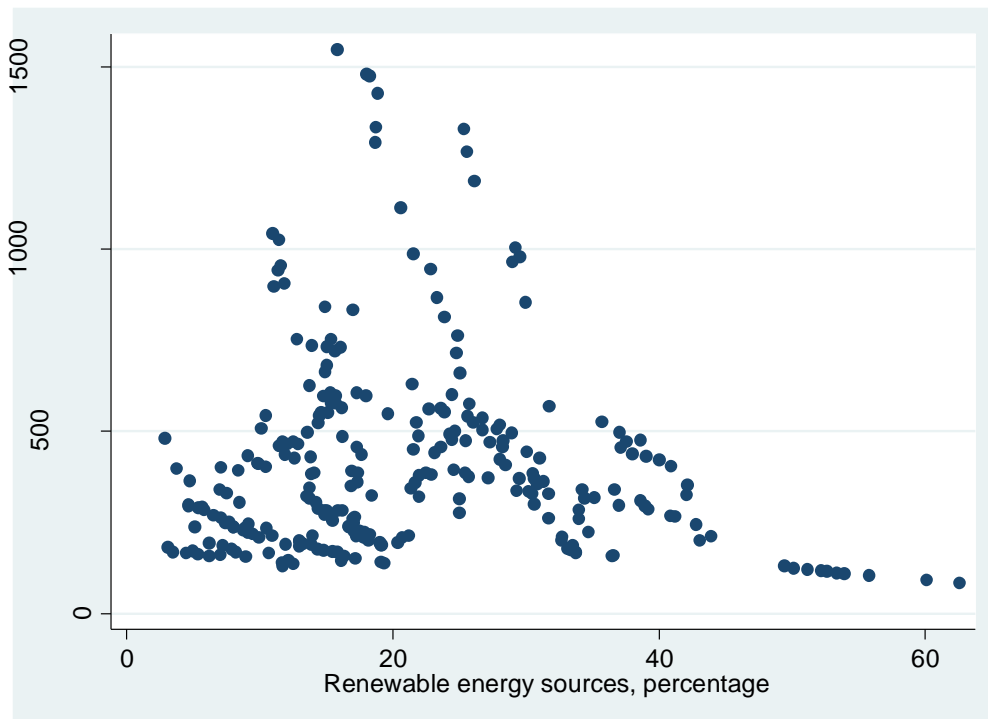


Рисунок 5.2 – Зв'язок між відновлюваними джерелами енергії та забруднювачами повітря парниковими газами (г/євро)
(авторські розрахунки у програмі Stata 16.0)

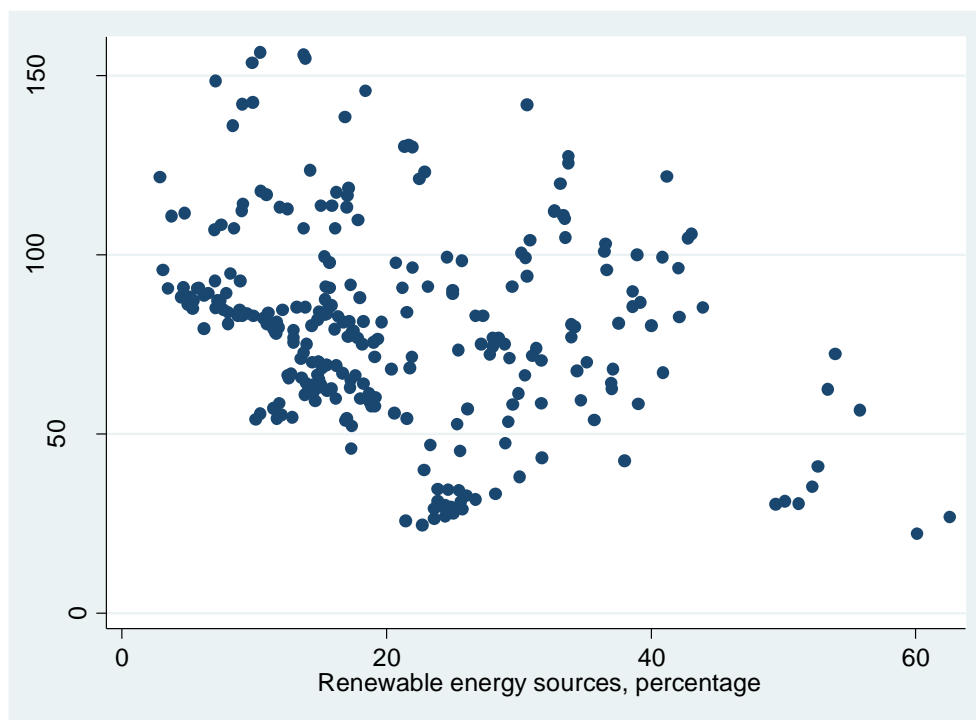


Рисунок 5.3 – Зв'язок між відновлюваними джерелами енергії, забруднювачами повітря і парниковими газами (індекс 1990=100)
(авторські розрахунки у програмі Stata 16.0)

Обидва рисунки доводять, що збільшення ВЕ в енергетичному балансі протягом 2012-2021 рр. пов'язане зі збільшенням кліматичної та екологічної ефективності. Проте слід зазначити, що відновлювані джерела енергії все ще пов'язані з викидами парникових газів на етапах їх виробництва та використання, тому варто очікувати певне зменшення очікуваних прибутків від нових технологій, які підвищують ефективність використання ресурсів, через поведінкові або інші системні реакції. Отже, в деяких критичних точках частки відновлюваних джерел енергії в енергетичних балансах, викиди парникових газів можуть почати збільшуватися. Відповідні результати представлені в табл. 5.3 та 5.4.

Таблиця 5.3 – Оцінка ефекту відскоку між кліматичною/екологічною ефективністю відновлюваних джерел енергії (розраховано авторами)

Змінна	Модель 1 Викиди CO2 (метричні тонни на душу населення)	Модель 2 Забруднювачі повітря та парникові гази (г/євро)	Модель 3 Парникові гази (індекс 1990=100)
Відновлювані джерела енергії (%)	-0,138***	-16,58***	-1,797***
	(0,0418)	(4,556)	(0,472)
Відновлювані джерела енергії (%)_SQUARED	4,29e-05	0,0681	0,0152*
	(0,00103)	(0,0977)	(0,00867)
Енергоспоживання на душу населення (кг н.е.)	0,00330***	-0,0558	0,00510
	(0,00112)	(0,109)	(0,0168)
ВВП на душу населення (дол. США)	8,45e-06	-0,00717***	0,000170
	(1,56e-05)	(0,00227)	(0,000162)
Частка галузі (%)	0,109*	25,40**	0,382
	(0,0559)	(10,53)	(0,336)
Валове накопичення капіталу (% від ВВП)	-0,0399	-6,054	-0,0700
	(0,0321)	(4,084)	(0,294)
Підписка на мобільний стільниковий зв'язок серед населення	-0,00473	1,889*	-0,175*
	(0,00713)	(1,018)	(0,0947)
Експорт високих технологій (%)	0,0568***	-2,763	0,516
	(0,0212)	(4,045)	(0,432)
Постійний член регресії (інтерсепт)	5,056***	373,8**	107,0***
	(1,254)	(162,0)	(18,27)
Кількість спостережень	265	265	265
Номер ідентифікатора	27	27	27

Примітка. Надійні стандартні помилки зазначені в дужках; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Таблиця 5.4 – Скорочена модель для оцінки ефекту бумерангу між кліматичною/екологічною ефективністю відновлюваних джерел енергії

Змінна	Модель 1 Викиди CO2 (метричні тонни на душу населення)	Модель 2 Забруднювачі повітря та парникові гази (г/євро)	Модель 3 Парникові гази (індекс 1990=100)
Відновлювані джерела енергії (%)	-0,154***	-18,66***	-1,774***
	(0,0459)	(5,870)	(0,550)
Відновлювані джерела енергії (%)_SQUARED	4,62e-05	0,0404	0,0163
	(0,000955)	(0,127)	(0,0111)
Постійний член регресії (інтерсепт)	9,351***	787,3***	107,4***
	(0,934)	(132,8)	(8,005)
Кількість спостережень	270	270	270
Номер ідентифікатора	27	27	27

Примітка. Надійні стандартні помилки зазначені в дужках; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$.

Ефект бумерангу між покращенням показників клімату та довкілля і ВЕ не було знайдено, оскільки квадратичні коефіцієнти регресії для «Відновлюваних джерел енергії (%)_SQUARED» виявилися статистично незначущими. Отримані результати є важливими, оскільки доводять економічну обґрунтованість використання технологій ВЕ у домогосподарствах національних економік. Зокрема, стохастичне моделювання свідчить, що при будь-яких розмірах зростання сектору ВЕ буде спостерігатися лише скорочення викидів CO₂ на душу населення як в межах національних економік, так і у домогосподарствах, оскільки на останні припадає більше 2/3 глобальних викидів парникових газів [225].

Подібний результат отримано і для моделі виявлення драйверів підвищення ЕЕ домогосподарств. Зокрема, при проведенні економіко-математичного моделювання, де залежною змінною виступив індикатор «Забруднювачі повітря та викидів парникових газів» (г/євро ВВП), встановлено, що зростання частки ВЕ на один відсоток зменшує викиди шкідливих речовин (у тому числі парникових газів) на (-18,66) г/євро ВВП. Таким чином, до факторів-стимуляторів підвищення ЕЕ домогосподарств у першу чергу варто віднести покращення структурних показників генерування енергії у напрямі збільшення відновлювальних джерел енергії у домогосподарствах.

5.3 Практичні імплікації і обмеження щодо використання отриманих результатів моделювання

Виробництво енергії з відновлюваних джерел є перспективним фактором для досягнення стійкості на різних рівнях господарювання. За допомогою економетричного моделювання та графічного картографування встановлено,

що збільшення частки ВЕ у вибірці ЄС-27 протягом 2012-2021 рр. пов'язане з підвищенням кліматичної та екологічної ефективності. Домогосподарство є одним із визначальних суб'єктів у досягненні кліматичної нейтральності та зростанні ЕЕ. За останнє десятиліття вже помітні зміни у поведінці домогосподарств, які рухаються до більш екологічних і сестейнових моделей. Ця риса явно виражена в країнах ЄС, які прагнуть до більш значної частки відновлюваних джерел у виробництві та споживанні енергії [250].

Результати, отримані на основі розроблених емпіричних моделей у даному дослідженні доводять, що ефект бумерангу, пов'язаний із зменшенням прибутку (наприклад, підвищення ефективності використання ресурсів або продуктивності) від застосування нових технологій через більш інтенсивне використання таких ресурсів, не було підтверджено для відновлюваних джерел енергії. Таким чином, ВЕ не несе у собі довгострокових викликів, котрі можуть призвести до погіршення якості довкілля. Крім того, просування відновлюваних джерел енергії односпрямовано впливає на парникові гази, знижуючи їх загальні показники як на душу населення, так і на одиницю ВВП.

Виробництво відновлюваної енергії виявилось чинником ефективною реалізації Кіотського протоколу та Паризької кліматичної угоди, тому Європейська комісія розробляє комплексні плани щодо зміни балансу виробництва енергії з викопного палива на ВЕ. Європейська Зелена угода передбачає, що до 2050 року ЄС стане першим у світі кліматично нейтральним континентом.

Подальше зростання цін на енергоносії та побоювання суспільства щодо перебоїв з енергопостачанням сприятимуть подальшому збільшенню кількості установок ВЕ. На думку респондентів у дослідженні [251], ЕЕ має значний вплив на якість життя та навколишнє природне середовище, але основними перешкодами для її розвитку є фінансові обмеження домогосподарств.

Незважаючи на те, що використання відновлюваних джерел енергії значно зросло в країнах-членах ЄС протягом останніх років, автори [252]

виявили наступні найпоширеніші перешкоди просування ВЕ у секторі приватних домогосподарств, які традиційна політика не в змозі подолати:

- високі початкові витрати та довгий термін окупності проєктів;
- брак інформації та знань;
- низький пріоритет турботи про навколишнє природне середовище;
- опір змінам, людські звички.

Так, емпіричне дослідження для Литви показує, що більшість литовських домогосподарств хотіли б використовувати технології відновлюваної енергії у своїх домівках, але вони стикаються з фінансовими труднощами та відсутністю інфраструктури [252].

Практичні рекомендації для впровадження в економічні політики отриманих результатів полягають у тому, щоб мотивувати домогосподарства зменшувати споживання енергії через впровадження енергоефективних заходів та стимулювати виробництво відновлюваної енергії прискореними темпами.

Одним із обмежень даного дослідження є те, що воно не розглядає вплив цифровізації на економічну, технологічну та екологічну ефективність впровадження технологій ВЕ, а лише обговорює його в теоретичній частині роботи. Також варто відмітити той факт, що емпіричну оцінку визначення ключових драйверів розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств на основі стохастичного моделювання панельних даних наразі складно провести через відсутність відповідних статистичних даних. Саме тому нами ставилися питання розроблення лише методичних підходів до оцінювання драйверів розвитку ВЕ. Для проведення репрезентативного дослідження у цій сфері необхідно проводити якісні соціологічні опитування, де ключовими питаннями мають бути наявність чи відсутність відновлюваних джерел енергії для імовірнісних моделей та генерування «зеленої» енергії для моделей, де залежною змінною будуть обсяги енергогенерації з відновлюваних джерел населенням (кВт·год). Як показують аналогічні емпіричні дослідження для інших країн, факторними показниками для оцінювання мають бути вартість

відновлюваних джерел енергії як технологічного обладнання, доходи домогосподарств, доступність відповідних кредитів, ціни на традиційну енергію та чинники енергетичної безпеки національної економіки. Зокрема, останнім часом у зв'язку із підвищеними ризиками руйнування великих енергетичних комплексів України внаслідок російської агресії саме генерування приватними домогосподарствами та розвиненість децентралізованої енергетичної інфраструктури може стати фактором енергетичної безпеки усієї національної економіки.

Перспективи майбутніх досліджень можуть бути пов'язані з емпіричними оцінками цифрових трансформацій та економічних стимулів щодо генерування «зеленої» енергії у побутовому секторі.

РОЗДІЛ 6

СТИМУЛЮВАННЯ «ЗЕЛЕНИХ» ТРАНСФОРМАЦІЙ ДОМОГОСПОДАРСТВ У ПРОС'ЮМЕРІВ

6.1 Поточні передумови розвитку малих виробників і прос'юмерів в Україні

Незважаючи на майже десятикратне збільшення встановленої потужності побутових сонячних електроустановок в Україні за 2018-2022 рр. (останній з яких – рік повномасштабного російського вторгнення), частка домогосподарств, які стали на шлях енергетичного прос'юмеризму, все ще незначна – близько 1% всіх домогосподарств. З 24 лютого 2022 року стан війни значно уповільнив, а в деяких регіонах загальмував розвиток низьковуглецевих та енергоефективних технологій, стагнував значну частину великої генерації ВЕ в державі. Цілі регіони потрапили під військові дії, захоплення та окупацію населених пунктів, відбулось внутрішнє переміщення частини громадян та їхня міграція за кордон, а також відбувся загальний дестабілізуючий вплив війни на економіку держави: падіння доходів, підвищення курсу валют, зупинка підприємств та втрата робочих місць [253], згубні соціальні наслідки [254].

Темп зростання встановленої потужності СЕС, що працюють за ЗТ, з початку воєнного стану зменшився в десятки разів [255]. Змінилися основні умови ведення бізнесу «зеленої» енергетики: перспективи впровадження аукціонів, диспетчерські обмеження, неповна оплата за електроенергію, вироблену альтернативними джерелами, перспективи виконання зобов'язань державою в довгостроковій перспективі до 2030 року.

Водночас, численні атаки на об'єкти критичної інфраструктури, а особливо централізованої енергетики, необхідність відновлення системи після аварій (знеструмлень) та часті аварійні і планові обмеження постачання електроенергії для значної кількості споживачів у різних регіонах України

сприяли автономізації енергопостачання як промислового, так і побутового секторів. Разом із тим, як зазначено в [256], для країн з перехідною економікою, які навіть не перебувають у воєнному стані, прос'юмеризм є новим ефективним способом забезпечення енергетичної незалежності та безпеки і навіть подолання енергетичної бідності завдяки вищій доступності та економічній привабливості відновлювальної енергії [41; 169]. Однак, оскільки ринки електроенергії на ранніх етапах децентралізації, якими є й український енергоринок, стикаються з труднощами входження в організовані сегменти оптового ринку, результативність учасників варіює за різними формами участі у ринку [257; 258; 259]. У зв'язку з цим необхідно дослідити, наскільки важливий для прос'юмерів доступ до організованих сегментів або їм достатньо лише збільшити свою присутність на роздрібному регіональному та національному ринку. Також доцільно розглянути шляхи розширення можливостей розвитку споживачів в регіонах для досягнення інших результатів регуляторної політики (безпека енергопостачання, перехід до екологічно чистих технологій, зменшення енергетичної бідності) на початку шляху зрілості ринку електроенергії [260].

Отже, дане дослідження полягає в аналізі економічних стимулів для домогосподарств на ранніх етапах децентралізації регіональних ринків електроенергії, виявленні існуючих і можливих зовнішніх ефектів, які супроводжуються розвитком прос'юмерів та активних споживачів, оскільки негативні зовнішні ефекти можуть уповільнити або призупинити їхній розвиток через їх вплив на стабільність системи. Для цього необхідно вивчити інституційні та технічні обмеження швидкого розвитку споживачів і механізми збільшення їх впливу та ролі на ринку.

Оцінка економічної доцільності визнана основним інструментом для розуміння швидкості переходу суспільства до нових енергетичних технологій, успіху чи невдачі розвитку останніх. У зв'язку з цим здійсимо економічну оцінку механізмів стимулювання побутових споживачів до прос'юмеризму разом з інституційними передумовами розвитку відповідних проєктів ВЕ, які

виходять за межі економічних критеріїв окремого інсталяційного проекту: усунення нормативних обмежень та ринкових бар'єрів, згладжування регіональних відмінностей, розширення можливостей зацікавлених сторін шляхом запровадження агрегуючих ринкових агентів (агрегаторів), віртуальних електростанцій, технологічної модернізації енергомереж, синергії суміжних ринків (наприклад, електромобілів і ринку допоміжних системних послуг), запуску перформанс-контрактів, зелених облігацій, державних позик та інших механізмів фінансової підтримки.

Експлуатація та управління системами енергозабезпечення України, спроектованими за радянських часів як великі інтегровані макросистеми – регіональні електричні об'єднання, що утворюють Об'єднану енергосистему України, базується на великопотужних енергогенеруючих та енергорозподільних елементах енергетичної інфраструктури. Серед переваг великої електроенергетики – можливості забезпечення енергоємних промислових регіонів, низькі технологічні втрати при виробництві і транзиті електроенергії, порівняно невисока собівартість завдяки ефекту масштабу та залучення до електробалансу генеруючих одиниць великої потужності атомної та гідроенергетики. Проте, недоліки, а саме, обмежена гнучкість, маневреність потужності таких систем, неможливість диспетчеризації малопотужних агрегатів та активних споживачів (споживачів зі змінним навантаженням), обмежують можливості оптимізації завантаження потужностей у таких системах в сучасних регіональних умовах.

У той же час, на розвинених ринках електричної енергії світу спостерігається зростання кількості і значення малих виробників та прос'юмерів, багато з яких представлені домогосподарствами. Малими виробниками у переважній кількості країн визнані промислові і побутові електростанції зі встановленою потужністю, яка менша або дорівнює 1 МВт, тоді як прос'юмери – це виробники, які поєднують виробництво і споживання, тобто, окрім самозабезпечення енергією, видають її надлишки в мережу для

потреб інших споживачів. Існують різноманітні типи агрегації малих виробників та/або прос'юмерів:

- енергетичні кооперативи або мікромережі;
- агрегатори, що здатні поєднувати малі потужності для участі в енергоринку;
- децентралізовані локальні енергомережі, призначені для стимулювання внутрішнього обміну електроенергією та вирішення мережових проблем на локальному рівні шляхом оптимізації потужностей та управління попитом [260].

Як показали наслідки обстрілів енергетичної інфраструктури держави, децентралізована енергетика здатна автономізувати енергопостачання в регіонах і тим самим зменшувати ризики порушень роботи критичної енергетичної інфраструктури. Постає питання, які регуляторні зміни необхідні для посилення участі у ринку малих виробників, підвищення економічної привабливості їхньої діяльності, виходу малих виробників електричної енергії та споживачів-виробників (прос'юмерів) на організовані сегменти ринку електричної енергії в регіонах України.

Дослідження загальноекономічних умов розвитку малих виробників та, зокрема, прос'юмерів свідчать, що децентралізована енергетика і прос'юмеризм є новими дієвими способами забезпечення енергетичної незалежності та безпеки регіонів і країн, подолання енергетичної бідності населення через більшу доступність та екологічність енергії навіть для тих економік, що розвиваються [256]. У той же час, питання умов участі в організованих ринках електроенергії на ранніх етапах їхнього становлення, інституційних умов агрегації малих виробників та прос'юмерів, насамперед домогосподарств, потребує подальших досліджень. Отже, завданнями дослідження є такі:

- дослідити питання створення інституційних і економічних передумов, драйверів і механізмів для максимізації участі у ринку електроенергії малих

виробників та, зокрема, споживачів-виробників (прос'юмерів), а також форми такої участі;

- довести, за яких умов перехід від продажів електроенергії таких виробників на роздрібному ринку за ЗТ до продажу за механізмом net-billing або напряду на ринковій платформі «на добу наперед» здатний створити додаткові економічні стимули для розвитку малих виробників та прос'юмерів в регіонах;

- дослідити роль і функції допоміжних ринкових агентів (агрегаторів, ринкових платформ, девелоперів) для створення інституційних та економічних передумов для їхньої участі в організованих сегментах ринку електроенергії;

- сформувані рекомендації на регіональному рівні для стимулювання «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів на основі виявлених драйверів та запропонованих механізмів.

6.2 Огляд драйверів розвитку прос'юмеризму

Внаслідок стрімкого розвитку ВЕ у світі та тенденції до автономізації енергопостачання фокус дослідників перемістився на регіональні та локальні децентралізовані енергосистеми і самозабезпечення енергією. Вчені звертають увагу на споживачів-прос'юмерів як на особливу групу виробників енергії з їхньою спроможністю локального виробництва, гнучким споживанням і позитивним впливом на прискорення реформ енергетичних систем та ринків.

Отримані у розділі 5 результати дослідження ключових драйверів розвитку ВЕ в секторі приватних домогосподарств, які є потенційними прос'юмерами, виявили екологічні, економічні та соціальні групи чинників впливу. Зокрема, екологічні драйвери охоплюють можливості протидії кліматичним змінам та сприяння зниженню обсягів викидів CO₂ і забруднювальних речовин в атмосферу за відсутності ефекту бумерангу у довгостроковому періоді. Економічні драйвери включають доходи

домогосподарств, які діють у двох напрямках: як стимулятори і дестимулятори. Зокрема, зростання доходів домогосподарств, що на макроекономічному рівні може простежуватися у підвищенні ВВП на душу населення, сприяє зростанню енергоспоживання у цьому секторі, знижуючи стимули до розбудови ВЕ. З іншого боку, збільшення доходів стимулює розвиток інвестицій в об'єкти ВЕ та енергоефективні заходи за умови достатньої обізнаності домогосподарств з такими можливостями. Така протидія може створювати враження незначного впливу драйвера доходів на розвиток ВЕ, тоді як управління цим фактором потребує особливих і виважених підходів у державній та регіональній секторальній політиці. Варто звернути увагу і на вплив обсягів енергоспоживання домогосподарством на його ставлення до встановлення «зелених» енергоустановок та запровадження енергоефективних заходів. За великих обсягів споживання енергії і порівняно низьких доходів домогосподарство буде прагнути раціоналізувати свої енерговитрати, у тому числі за рахунок заходів з ЕЕ та ВЕ, і навпаки. Проте прагнення і можливості раціоналізації енергоспоживання залежать і від інших економічних драйверів, що охоплюють величину і динаміку зміни ЗТ та рівень кредитних ставок для домогосподарств при залученні фінансових ресурсів для інвестування у ВЕ. Вагомі соціальні чинники розвитку ВЕ у житловому секторі вміщують рівень поінформованості населення (у тому числі освіти) про можливості впровадження технологій ВЕ, регіональні особливості домогосподарств. Визнаючи важливість врахування виявлених чинників для розбудови ВЕ у житловому секторі, слід зауважити, що формування класу домогосподарств-прос'юмерів вимагає особливих підходів у державній та регіональній політиці, пов'язаних не лише з економічними, екологічними, соціальними чинниками, а й інституційними, ринковими та іншими обмеженнями і умовами.

Економічне дослідження експлуатації об'єктів ВЕ, роль застосування ЗТ та інших механізмів їхньої підтримки, наслідки неефективного застосування ЗТ, переваги моделі net-billing та досвід різноманітних механізмів фінансової

підтримки, реалізованих для прос'юмерів, досліджуються Перуджо А. та ін. [261], Курбатовою Т. та ін. [262], Трипольською Г. та Роснером А. [178], Сотник І. та ін. [4; 263], Тюрк М. [264] тощо. Визнаючи недостатність ЗТ як стимулу для подальшого розширення ВЕ, дослідники визначили наступні драйвери прос'юмеризму: ринкові ціни на електроенергію, оподаткування «зеленої» енергії, підтримка інвестицій, державні гарантії, національні цілі декарбонізації, відповідальність за небаланси, впровадження європейського енергетичного законодавства та деякі інші. Загалом дослідження, пов'язані з ранніми стадіями децентралізації ринку електроенергії, приходять до висновку, що невеликі сонячні побутові установки, які працюють на ЗТ, мають необґрунтовано високий період окупності, навіть якщо домогосподарства продають свою електроенергію через агрегаторів [260].

Автори [258] передбачає застосування податкових інструментів стосовно «зеленої» енергії для стимулювання ВЕ. Негативні зовнішні ефекти, які можуть вплинути на економічну доцільність та стійкість ВЕ, досліджували Унру Г. [265], Оуен А. [266], Письменна У. та Трипольська Г. [260], Барді Р. та Рубенс А. [267]. Роль прос'юмерів у забезпеченні енергетичної безпеки та «зеленого» переходу досліджена Сотник І. та ін. [184], Галвіном Р. [268], Ліром В. [269], Паравантісом Дж. [270]. Так, у [268] виокремлюється «геосоціотехнічні» проблеми, з якими стикаються споживачі, намагаючись оптимізувати управління енергією і таким чином зменшити викиди парникових газів. Дослідник опитав домогосподарства з фотоелектричними (PV) або сонячними тепловими колекторами та дізнався, як ці установки впливають на їхнє повсякденне життя та спосіб використання енергії, а також пов'язані рамкові умови, такі як погода, добові та річні цикли, мережеві технології. У праці [269] досліджувалися глобальні тенденції переходу до технологій розумних електромереж і розвитку ВЕ для підвищення енергетичної безпеки.

Автори [263] обґрунтовують перехід до прос'юмеризму через збільшення кількості невеликих споживачів відновлюваної енергії. Вчені

зазначають, що лише 5-20% компаній можуть і надалі використовувати енергію з великопотужних джерел невідновлюваної енергії, тоді як інші 80-95% фірм можуть задовольнити свої енергетичні потреби за допомогою «зелених» енергетичних установок потужністю до 1 МВт [41]. У [221] підкреслюється, що децентралізація енергосистеми є основою переходу на ВЕ – це зміна енергетичної політики від застарілої моделі домінування великих виробників, що використовують викопне паливо, недосконалої ринкової конкуренції до нової більш конкурентної моделі, де домінування одного типу енергетичної технології зведено до мінімуму.

Гжаніч та ін. [271] і Гопінатан та ін. [272] аналізують моделі і перспективи розвитку прос'юмерів із фотоелектричними установками, електромобілями, накопичувачами енергії та іншими гнучкими пристроями. У працях [198; 199; 271; 273; 274] розглядаються різні типи агрегації окремих споживачів: енергетичні кооперативи або мікромережі, комбінована участь у ринку, моделі децентралізації, призначені для стимулювання локального обміну енергією та вирішення проблем мережі на локальному рівні. Моделі участі у ринку для споживачів, які покладаються на технології розумних електромереж за допомогою однорангової торгівлі (peer-to-peer – p2p), зон самодиспетчеризації, віртуальних електростанцій, реагування на попит на електромобілі тощо, досліджуються у працях [271; 275; 276].

Прос'юмери як постачальники допоміжних послуг та їхня роль у підвищенні гнучкості енергосистеми вивчаються у [277; 278; 279]. Автори [280] і [281] обговорюють стандарти «розумної» мережі та її особливості, такі як достатнє реагування на попит, розподілена автоматизація, можливості зарядження побутових електромобілів, зобов'язання щодо накопичення енергії, інтелектуальна система вимірювання. Науковці дійшли висновку, що розвиток електромережі має вирішальне значення для сприяння прос'юмеризму і більшість прос'юмерів, оптимізуючи попит і маючи гнучкий графік виробництва, здатні зменшити потребу у великомасштабних енергетичних встановлених потужностях.

У [271] проведено огляд стратегій ціноутворення та шляхів створення можливостей самозабезпечення енергією для домогосподарств. Ця праця вивчає три моделі взаємодії прос'юмерів у мережі: гнучкість одного прос'юмера, об'єднання кількох гнучких прос'юмерів та енергетичний кооператив із можливістю однорангової торгівлі (p2p), а також два різних типи агрегації: мікромережі та енергетичні спільноти. Вченими виявлено, що на ранніх стадіях розвитку прос'юмерів здебільшого домінують окремі одиниці (домогосподарства) із певною присутністю енергетичних спільнот, але без реалізації протоколу p2p через недостатні темпи розвитку «розумних» мереж. Водночас, ваговими стимулами для домогосподарств, щоб стати активними учасниками ринку, є, зокрема, динамічні ринкові ціни, зниження плати за підключення, механізми ціноутворення для нових балансуючих груп та пряма торгівля [282].

З огляду на досвід ЄС щодо запровадження інвестиційних грантів для домогосподарств та енергетичних кооперативів потужністю до 50 кВт [193; 199; 201; 212; 283; 284] стає очевидним, що економічна ефективність прос'юмерів на ранніх етапах децентралізації на переважній більшості енергетичних ринків різних країн є недостатньою. Для швидкої реалізації інвестиційних проєктів прос'юмерів інвестиційні гранти у розмірі понад 200 євро/кВт необхідні для забезпечення простого періоду окупності до шести років.

В цілому, сучасні дослідження переважно стосуються проблем прос'юмерів на зрілих ринках електроенергії, оминаючи стадії зародження прос'юмеризму і початкові етапи децентралізації енергосистеми. Що стосується економічної оцінки, то вона наявна в контексті визначення рентабельності окремих проєктів і періоду їх окупності, однак, разом з цим, не враховує зовнішні фактори, які можуть вплинути на можливості реалізації таких проєктів, тим більше з урахуванням регіональних особливостей.

Хоча прос'юмеризм у деяких країнах вважається перспективним та обґрунтованим до впровадження у регіональних громадах, численні

технологічні та інституційні обмеження можуть уповільнити його розвиток. Так, нестандартні підключення, обмеження на дозволи встановленої потужності та обладнання, диспетчерські обмеження, відповідальність за небаланси, зобов'язання щодо експлуатації систем зберігання – усі ці та інші обмеження можуть вплинути на економічну прийнятність моделей для споживачів. Тому на першому етапі нашого дослідження ми ідентифікуємо технологічні й інституційні бар'єри, а також негативні екстерналії (зовнішні ефекти), що супроводжують розвиток прос'юмерів, подолати які є необхідним для формування відповідної енергетичної політики. За допомогою методу аналізу політики проаналізуємо особливості регуляторної політики у сфері прос'юмерів, щоб визначити, які регуляторні обмеження існують на шляху їхнього розвитку. Потім, використовуючи метод інституційного аналізу, проаналізуємо ринкові умови та регіональні особливості, щоб визначити перешкоди для можливостей участі споживачів у ринку (ринкові бар'єри, трансакційні витрати, регулювання цін і вразливість та можливі інші) та механізми їх подолання. Крім того, важливо оцінити ефективність споживачів як сукупність усіх стимулів для автономізації споживання та надання надлишків енергії в мережу [260].

Теорія Дж. Калса щодо типових стратегій впровадження заходів з ЕЕ [285] може бути застосована до дослідження політики для формування класу прос'юмерів як окремої ринкової і соціальної інституції. Перехід від «пасивної» стратегії через «стратегію реалізації всіх інвестиційно привабливих заходів» до стратегії «максимум» у випадку прос'юмеризму втілюється в переході від оцінки прибутковості окремих проєктів до аналізу системної вартості та економічного ефекту сукупності нововстановлених потужностей. Однак на ранніх етапах прос'юмеризму, коли частка прос'юмерів на ринку є невеликою, стимули для окремих проєктів є надзвичайно важливими. Таким чином, ми не уникнемо оцінки їхньої достатності, якщо нашим завданням є подолати перешкоди для швидкого розвитку прос'юмеризму та досягнення сталого переходу.

Порівняно із самозабезпеченням або нетто-виробництвом, прос'юмер поєднує ці види діяльності. Таким чином, поєднуються їх стимули та обмеження. Отже, з боку споживання, якщо тарифи на електроенергію для домогосподарств є достатньо низькими, щоб бути на паритеті з нормованою вартістю електроенергії (LCOE), виробленої прос'юмером, тоді, очевидно, регуляторна політика перехресного субсидування побутових споживачів або механізм зобов'язань щодо доступності електроенергії для населення стає одночасно і політикою сповільнення розвитку прос'юмеризму. Так само, з боку виробництва, паритет ринкових цін на ринку «на добу наперед» (РДН) із величинами LCOE через застосування цінових обмежень («прайскепів») на організованих сегментах ринку є вагомим фактором на користь продовження застосування ЗТ, якщо держава переслідує цілі розвитку децентралізованих джерел енергії [260].

Недостатність стимулів у поєднанні з наявними бар'єрами участі в оптовому та/або роздрібному сегментах енергоринку здатні загальмувати розвиток навіть новітніх високоефективних енергетичних технологій, тому важливе формування відповідної регуляторної політики вже на ранньому етапі становлення прос'юмеризму.

6.3 Бар'єри і механізми стимулювання розвитку прос'юмерів в Україні

Становлення та експансія нових енергетичних технологій до досягнення ними суттєвої частки в енергетичному балансі неможливі без успіху в подоланні технологічних бар'єрів шляхом адаптації усталеної інфраструктури, впровадження нових технологічних стандартів. Усунення регуляторних бар'єрів веде у тому числі до появи нових ринкових форм, діяльність яких здатна утворювати як позитивні, так і негативні зовнішні ефекти (екстерналії), що чинитимуть вплив на стабільність енергосистеми та на баланс ринкових сил. Мінімізація бар'єрів та, водночас, мінімізація впливу негативних екстерналій

стає запорукою сталих енергетичних трансформацій на шляху до енергетичного переходу [282].

6.3.1 Децентралізація як чинник появи нових ринкових форм прос'юмеризму

Децентралізація ринку електроенергії передбачає можливості виробників, які виходять із кола їхніх самозобов'язань: можливість обирати шляхи постачання договірної енергії в узгоджену точку, можливість взаємодіяти з іншими виробниками (агрегування, обмін електроенергією через двосторонню торгівлю тощо) [255]. Інституційно це означає організацію короткострокових внутрішньодобових ринків, ринків реального часу, зон самодиспетчеризації, мікрорівневих засобів подолання пікових навантажень, торгівлі р2р, залучення учасників ринку з якомога меншими потужностями, а також річними обсягами споживання. Рання стадія децентралізації ринку електроенергії передбачає впровадження ранніх стандартів SMART grid (Smart Grid 1.0-2.0 – реагування на попит, розподільна автоматизація, IP-протокол, електромобілі, зберігання енергії, «розумні» лічильники).

Децентралізація енергосистеми за рахунок технологічного рівня мережі визначає можливість інтеграції прос'юмерів у ринок поза межами моделі самозабезпечення та видачу надлишків в розподільчу електричну мережу. Так, варто згадати відомий пілотний проект Hawaiian Electric і Honeywell, який продемонстрував, як технології реагування на попит можуть допомогти інтегрувати прос'юмерів у мережу. Також відомим прикладом є ADDRESS – керована розподільна мережа для інтеграції «активного споживача» та FENIX – система, яка передбачає побудову гнучкої електричної мережі, основними цілями якої є: впровадження віртуальних електростанцій, включення в загальну систему розподілених джерел генерації і відновлюваних джерел енергоресурсів [282].

Згідно з класифікацією [286] (зазначені ранні стадії децентралізації енергетичного ринку відповідають першим двом етапам розвитку мережі:

1) розвиток звичайних мереж; швидка ідентифікація збоїв та самовідновлення через автоматизу мережі; інтелектуальні вимірювання;

2) інтелектуальна інтегрована генерація: балансування енергосистеми з великою часткою змінних відновлюваних джерел енергії, у тому числі з децентралізованою генерацією; інтеграція електричних транспортних засобів та опалення і систем охолодження; інтелектуальні рішення акумулювання енергії.

Для цього на багатьох розвинутих енергетичних ринках механізми гнучкості запроваджуються як на роздрібному (агрегатори на локальних ринках гнучкості), так і на оптовому (організованому) сегментах ринковими платформами, зокрема, ринковий механізм гнучкості «на добу наперед». Достатні цінові стимули та усунення бар'єрів є ключем для успішної участі в таких сегментах агрегованих малих виробників.

Якщо акцентувати увагу на етапах відкриття конкурентного ринку, які визначаються можливостями участі в ринку та статусом диспетчерського засобу енергосистеми для учасників з приєднаною потужністю менше 1 МВт, то ранні етапи – це допуск учасників з приєднаною потужністю понад 1 МВт. Наприклад, британський енергетичний ринок пройшов свої ранні стадії в 1990-1994 рр. [287]. Спочатку лише великим споживачам електроенергії з приєднаною потужністю більше 1 МВт дозволялося самостійно виходити на ринок електроенергії. До цієї групи споживачів належала лише невелика кількість досить великих промислових компаній. З 1994 року були допущені до ринку електричної енергії споживачі з приєднаною потужністю понад 100 кВт, і лише з 1998 року – споживачі з приєднаною потужністю до 100 кВт.

Таким чином, ранні етапи децентралізації ринку електроенергії накладаються на початок технологічного розвитку розумних мереж і співвідносяться з початковими етапами відкриття ринку. Дійсно, технологічний розвиток мереж здатний як підштовхнути, так і призупинити розвиток прос'юмерів [277]. Наприклад, латвійська модель мережевого обліку

перешкоджає розвитку сонячної енергетики в домогосподарствах, оскільки не забезпечує інвестиційної привабливості СЕС [184; 288].

Слід зазначити, що зазначені етапи розвитку ринку характеризуються передусім нерозвиненістю допоміжних ринкових та фінансових інститутів, які б супроводжували діяльність прос'юмерів, і особливо інвестиційної підтримки з боку недержавних фінансових установ, агентів-агрегаторів ринку, інструментів гнучкості ринку для більшого залучення прос'юмерів. Серед агентів ринку, які стежать за появою прос'юмерів і сприяють збільшенню їх присутності на ринку, є девелоперські компанії та компанії-агрегатори. В Україні налічується більше двадцяти компаній, які займаються розробкою та реалізацією проєктів домашніх електростанцій «під ключ». Серед них SunsayNRG, Tolk, Unisolar, Ecosphera, OngSolar, Campus-bild, Megawatt, Xolar, Gener, Sunlarix, Solarsystem. Деякі стартапи, такі як Joule, допомагають потенційним прос'юмерам знайти відповідних субпідрядників і експертів у певному регіоні, проводять порівняльну характеристику наявного обладнання та технологій. Незважаючи на розвиток інституцій, пов'язаних із прос'юмерами, що є певною еволюцією до «зеленого» переходу та децентралізації енергосистеми, прос'юмеризм може суттєво вплинути не лише на збільшення їхньої частки, але й на умови інтеграції на ринку електроенергії.

6.3.2 Управління кон'юнктурою електроенергетичного ринку

Згідно з дослідженням [289] мала «зелена» енергогенерація в Україні має потужність 185 МВт, що є меншим, аніж 2,5% від встановлених в Україні потужностей ВЕ, та втричі меншим, ніж встановлена потужність генеруючих одиниць, які належать домогосподарствам (615 МВт). Стосовно прос'юмерів, прогнозована встановлена потужність сонячних установок в Україні в домогосподарствах та енергетичних кооперативах складає 1150 МВт та згідно з проєктом Національного плану розвитку ВЕ до 2030 р. має зрости до 2947 МВт до 2030 р. [290]. У праці [289] наголошується, що через адміністративні бар'єри та недосконалу регуляторну політику електростанції потужністю до 1

МВт займають найменшу частку ринку, а у самому сегменті до 1 МВт найменші електростанції також займають найменшу частину ринку. Водночас, саме найменш потужні (до 150 МВт) енергогенеруючі джерела якраз і складають найбільший потенціал децентралізованих енергетичних систем і систем самозабезпечення енергією у світі [289].

Цінова кон'юнктура ринку електроенергії України визначається, переважно, трьома факторами:

- достатністю енергогенеруючих потужностей для забезпечення попиту на електроенергію (що є значно обмеженим на сьогодні через окупацію Запорізької атомної електростанції та пошкодження електроенергетичної інфраструктури внаслідок ворожих обстрілів, а також визначається достатністю запасів органічного палива);

- ефективністю ринкового моніторингу з боку національного регулятора в енергетиці (НКРЕКП) для запобігання ринковим змовам і маніпуляціям;

- застосуванням верхніх і нижніх цінових обмежень (прайскепів) на різних сегментах ринку, а особливо на ринку «на добу наперед» [282].

Третій фактор є найбільш керованим у короткостроковій перспективі. Так, підвищення на українському ринку електроенергії прайскепів із 30 червня 2023 р. [291] майже одразу позначилось на середньодобовому рівні цін на ринку «на добу наперед» та наблизило паритет із цінами цього ринку сусідніх держав ЄС (рис. 6.1). У червні 2023 року рівень середньодобових цін ринку «на добу наперед» зріс з 0,070 євро/кВт·год, після підвищення прайскепів досяг 0,100 євро/кВт·год і має передумови до подальшого зростання [292].

Глибина коливань цін на ринку «на добу наперед» для українського ринку електроенергії характеризується співвідношенням цін у пікові та базові години доби. Підняття майже вдвічі верхнього прайскепу позначилось на значеннях ціни ринку «на добу наперед» у години максимального навантаження (вечірнього піку): вона сягнула значення прайскепу, 7200 грн/МВт·год (рис. 6.2).

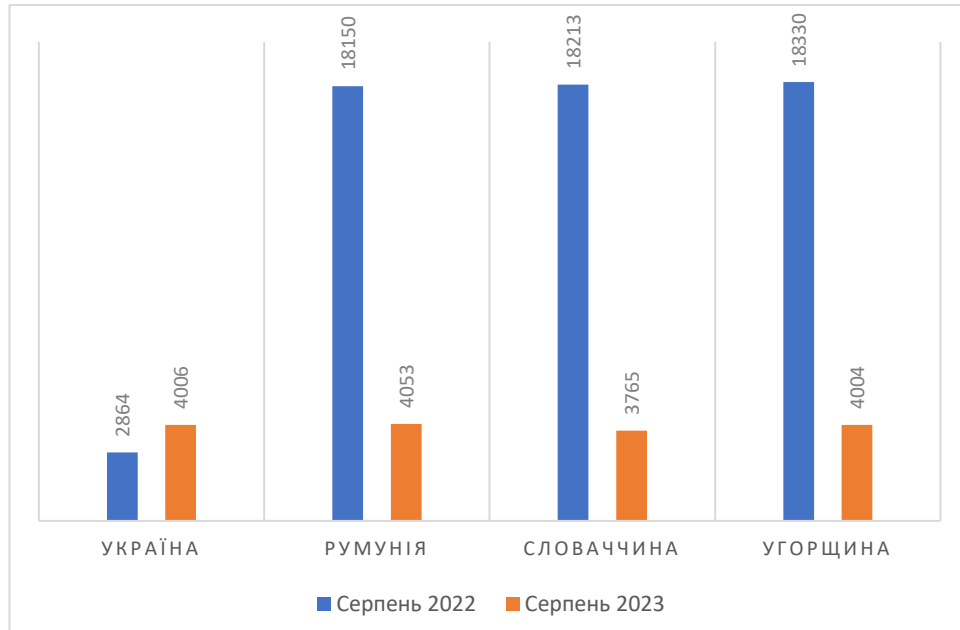


Рисунок 6.1 – Ціни на ринку «на добу наперед» України та деяких країн ЄС у 2022-2023 рр., грн/МВт·год [293]

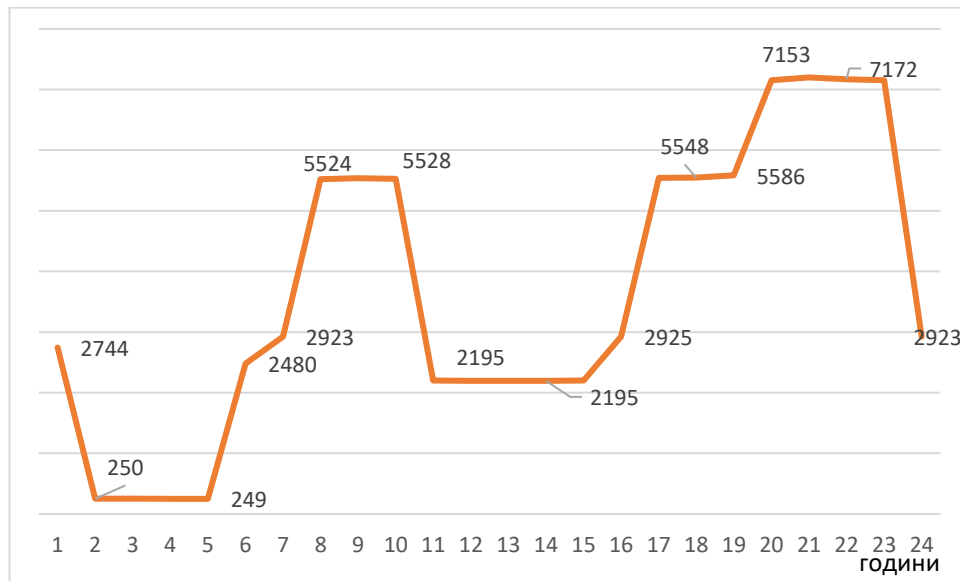


Рисунок 6.2 – Динаміка погодинних цін на ринку «на добу наперед» в Україні за добу 05.09.2023 р., грн/МВт·год [293]

Як зазначалося у розділі 4, ЗТ запроваджено в Україні до кінця 2029 року у розмірі 0,163 євро/кВт·год (6683 грн/МВт·год) до 2025 року та 0,146 грн євро/кВт·год (5986 грн/МВт·год) з 2025 року [294]. Визнаючи систему ЗТ застарілою для подальшої підтримки ВЕ, уряд України перебуває в процесі впровадження системи net-billing, пов'язаної з ціною на електроенергію на ринку «на добу наперед».

Крім того, домогосподарства-прос'юмери зобов'язані встановлювати накопичувачі для акумулювання електроенергії щонайменше на чотири години споживання. Надлишки електроенергії, що видаються в мережу, відповідають денному періоду максимальної інтенсивності сонячного випромінювання, а у випадку вітрових турбін – переважно нічним годинам. Використання акумуляторів дозволяє накопичувати надлишки та виводити їх за системою net-billing за максимальними цінами, що відповідають піковим значенням. Чим більша різниця між цінами ринку «на добу наперед» у пікові та непікові години доби, тим більше стимулів у споживачів використовувати свої генеруючі установки разом із накопичувачами електроенергії, навіть без відповідних законодавчо закріплених зобов'язань.

Бар'єри входу для споживачів на ринок, а саме плата агрегатору або плата за участь у ринку «на добу наперед», якщо вони необґрунтовано високі для малих виробників (запроваджена для учасників фіксована ставка за участь у ринку на рівні 100 євро/місяць може бути значною для невеликих прос'юмерів, але прийнятною для агрегатора), здатні зменшити стимули брати безпосередню участь у оптовому сегменті ринку. Отже, ставка плати за прийнятий обсяг проданої електроенергії, у разі запровадження для малих учасників, не має створювати додаткових перешкод для їх участі у ринку [282].

6.3.3 Прос'юмери: подолання технічних обмежень

Домогосподарство-прос'юмер виробляє та споживає енергію в різних співвідношеннях. Це може стосуватися домогосподарств із сонячними фотоелектричними панелями на даху, вітровими турбінами, які виробляють електроенергію, і даховими сонячними колекторами, які нагрівають воду. Діапазон технологій мікрогенерації, які використовуються прос'юмерами, варіює: сонячні фотоелектричні, вітрові турбіни, геотермальні, маломасштабні гідрогенератори та мікротеплоелектроцентралі (комбіноване виробництво тепла та електроенергії) [295]. У [268] показано, що ключовою особливістю геосоціо-технічних взаємозв'язків і впливів на прос'юмерів є те, що ані самі вони, ані

інші стейкхолдери, які впливають на політичні рішення, не перебувають в центрі уваги, натомість оцінюється ефективність технологій прос'юмерів.

Установки прос'юмерів є низьковольтними та можуть активно взаємодіяти з мережею. Вони можуть працювати з локальними генераторами електроенергії (наприклад, фотоелектричними панелями або вітровими турбінами), локальними накопичувачами, системами моніторингу, а також мережею, керованою ОСР [296]. Аналіз вигід від гнучкості прос'юмера та питання, пов'язані з роботою й оптимізацією мережі, представлено в [278]. Отримані результати показують, що коли всі споживачі є прос'юмерами, загальні витрати мережі зменшуються на 16,45%, а її гнучкість значно зростає за рахунок оптимізації завантаження і споживання. Також досягається 27,5%-е зниження втрат енергії за рахунок локальної генерації [297].

Невідповідність між виробництвом та споживанням електроенергії є проблемою як для ОСР, так і для споживачів. Останні мають усвідомлювати, що деяка частина виробленої потужності може бути обмежена, якщо її не споживати негайно без достатньої ємності накопичувача [276]. На пізніх етапах децентралізації ринку електроенергії в рамках розвитку інтелектуальної мережі одним із ключових її компонентів стає система управління електроенергією (EEMS). Її завдання полягає в тому, щоб контролювати підключення установки споживачів до мережі та здійснювати локальну диспетчеризацію балансу виробництва і споживання електроенергії за допомогою інтелектуального обліку й агрегації потоків електроенергії [298].

У праці [281] оцінено вплив «розумних» стратегій заряджання та обмежень щодо заряджання електромобілів на самозабезпеченість домогосподарств-прос'юмерів. Було змодельовано три різних типових сценарії профілю мобільності, що відрізняються розподілом часу відправлення та прибуття. Було показано, що «розумні» стратегії заряджання, використання двонаправленого зарядного пристрою, пом'якшення обмежень зарядної потужності та використання алгоритмів прогнозування підвищують

самозабезпеченість домогосподарства-прос'юмера із фотоелектричною системою та електричним транспортним засобом.

Прос'юмерам із тепловими колекторами приділяють менше уваги в дослідженнях, однак їхнє значення в енергетичному та електричному балансах може бути значним за рахунок зменшення споживання електроенергії за рахунок самозабезпечення гарячою водою. У [299] розглядаються усладнення, що можуть супроводжувати технічну реалізацію торгівлі тепловою енергією. Технічні процедури і бізнес-процеси, які використовувалися раніше для проєктування мереж централізованого тепlopостачання, не можуть бути застосовані для такої торгівлі [260].

6.3.4 Прос'юмери: усунення нормативних обмежень

Довгострокове застосування ЗТ для підтримки ВЕ в Україні, безумовно, зіграло достатню роль у стрімкому зростанні встановленої потужності вітчизняних СЕС та ВЕС, проте недоліки цієї системи обумовили необхідність переходу на альтернативні системи ціноутворення і фінансової підтримки, які досліджено у [274; 300; 301; 302]. Разом із загальними регуляторними перешкодами для виробників ВЕ в Україні, такими як можливість самостійної участі на ринку двосторонніх договорів, поза межами балансуєчої групи ДП «Гарантований покупець», запровадження договорів на різницю, ринкові бар'єри участі в будь-якому сегменті ринку електроенергії, відповідальності за дисбаланси тощо, існують перешкоди саме для малих, побутових об'єктів ВЕ та прос'юмерів.

Для подолання зазначених перешкод та реалізації відповідних положень Зимового енергетичного пакету ЄС започатковано певні законодавчі новації з нещодавнім прийняттям Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та зеленої трансформації Енергетичної системи України» (реєстр. №9011-д). Він імплементує положення європейського законодавства, що є надзвичайно важливим для євроінтеграції України [303; 304]. Закон запроваджує механізм видачі, використання та припинення дії

гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Це дозволить розширити можливості виробників щодо продажу такої електроенергії, а також підвищити економічну привабливість нових проєктів ВЕ. Для запровадження нових механізмів підтримки ціноутворення вдосконалюється аукціонна модель розподілу квот підтримки для виробників ВЕ за моделлю контрактів на різницю [201]. Серед інших загальних питань для виробників ВЕ є можливість експорту надлишків електроенергії в непіковий час. Для цього виробникам буде надано право виходити з балансуєчої групи ДП «Гарантований покупець» і продавати електроенергію на ринку, отримуючи компенсацію, за ЗТ. Право на експорт «зеленої» електроенергії отримують як виробники ВЕ, так і ДП «Гарантований покупець» загалом [297].

Що стосується ринкових альтернатив для малих побутових виробників ВЕ та прос'юмерів, як відзначалося у розділі 4, наразі введено поняття «активного споживача» (прос'юмер). Визначено нового учасника ринку – «агрегатора», а також можливість підключення сторонніх генеруючих станцій до внутрішніх мереж активного споживача. Прос'юмери отримали право встановлювати об'єкти для виробництва і накопичення енергії з відновлюваних джерел для задоволення власних потреб споживання та продавати надлишки, вироблені за моделлю net-billing. Для цього між споживачами та постачальниками електроенергії мають укладатись договори про власне виробництво, згідно з якими постачальники закуповуватимуть надлишок генерації на ринкових умовах (погодинно), зараховуватимуть кошти на особисті рахунки споживачів та автоматично оплачуватимуть електроенергію, спожиту споживачами з мережі, за роздрібною ціною постачання [260].

До моменту запуску повномасштабної конкурентної моделі ринку електроенергії в 2019 році Україні не вдалося знайти модель сталого фінансування ВЕ. Це призвело до накопичення значної заборгованості з виплатами за ЗТ [178]. Щоб перейти від схеми ЗТ і водночас не втратити стимули для ВЕ, двосторонні торгові графіки купівлі-продажу електроенергії будуть скориговані для споживачів.

6.3.5 Мінімізація впливу зовнішніх ефектів або екстерналій

Розвиток децентралізованої генерації та поява значної частки споживачів в енергетичному балансі може мати як позитивні, так і негативні зовнішні ефекти (екстерналії). Як було досліджено в [260], сталі енергетичні трансформації сповільнюються, призупиняються і навіть відкладаються через необхідність уникати негативних зовнішніх ефектів, які загрожують стабільності системи, тоді як позитивні зовнішні ефекти, навпаки, здатні прискорити енергетичні переходи та сприяти сталим зрушенням в економіці [267; 305].

Отже, позитивними зовнішніми ефектами від прос'юмерів, які мають відчутний вплив на енергосистему, енергетичну безпеку та інші основні соціально-економічні параметри, визнаються:

- сприяння сталим енергетичним трансформаціям завдяки диверсифікації власності та підходу розподіленої генерації, який навіть називають «ключем до успішного енергетичного переходу» [305];

- децентралізація енергосистем та наближення джерел енергії до місць споживання, забезпечення енергією регіонів, зменшення добової нерівномірності споживання, що підвищує енергетичну безпеку, а також зменшує втрати енергоносіїв при транспортуванні;

- розвиток горизонтальних (p2p) ринків електроенергії – численні проєкти Smart Grid і Microgrid демонструють синергетичний ефект від поєднання розподілених джерел енергії з новими підходами до проєктування мереж і технологіями самозабезпечення енергією, що створює передумови для більш конкурентних ринків.

Негативні зовнішні ефекти, які супроводжують появу великої кількості прос'юмерів на енергетичних ринках і гальмують еволюцію децентралізованих енергетичних систем на шляху до зеленого переходу, мають системний характер і здебільшого присутні, коли розвиток енергетичних технологій неоднорідний і регулювання спорадичне. Серед зовнішніх ефектів, пов'язаних із технологічною стороною, є певний вплив на режими роботи ОСР, а також потреба в нестандартних підключеннях у деяких місцях у разі

взаємодії з мережею загального користування, накопичення енергії, проєктування для забезпечення гнучкості навантаження та генерації, а також систем заряджання електромобілів. Деякі ОСР та постачальники скептично ставляться до таких нових підключень через технічні і нормативні ускладнення, пов'язані з прийомом надлишкової генерації споживачів в мережу в години надлишку, що збільшує небаланси. У той же час, зовнішні ефекти у вигляді збільшення щоденної нерівномірності та зростання потреби в резервних потужностях та/або обмеження потужності не виражені настільки сильно, як у великомасштабній генерації ВЕ. У [42] наголошується, що нестабільна робота ВЕ здатна погіршити рівень енергетичної безпеки, тому при оцінці інтегрального показника енергетичної безпеки слід враховувати показник оснащення ВЕ резервними потужностями (гнучкі генеруючі потужності та потужності накопичення енергії) [260; 297].

Серед негативних зовнішніх ефектів, пов'язаних з економічною стороною, є труднощі закупівлі надлишку електроенергії ОСР: особливості щодо зобов'язань по ЗТ. Ситуація із заборною встановлення наземних побутових СЕС є «лазіркою» для підприємців, щоб уникнути такої заборони: встановлення «гірлянд» побутових СЕС на закинутих будинках призвело до негативного впливу на цей сектор в цілому. Очевидно, що такий зовнішній ефект має регулюватися іншим способом, аніж заборною всім домогосподарствам встановлювати наземні сонячні панелі.

У [260] та [297] підкреслюється, що негативні зовнішні ефекти можуть бути мінімізовані за допомогою правильно розробленої регуляторної політики. У випадку малих об'єктів ВЕ та прос'юмерів, це мають бути зовнішні ринкові механізми, додаткові ринкові механізми, модернізація ринків, ширша економічна оцінка та переоцінка. Зокрема, це може бути оцінка системної вартості об'єктів ВЕ, яка охоплює екологічну, соціальну та економічну ефективність, включає вплив на гнучкість енергосистеми, зменшення використання води, вплив на зайнятість та інші соціально-економічні параметри, яку зокрема виконано у працях [261; 306; 307].

Екстерналії неефективного застосування ЗТ можуть бути мінімізовані за рахунок застосування моделі net-billing [260].

6.4 Оцінювання ефективності стимулів для прос'юмера

Оцінювання ефективності стимулів для прос'юмерів дає змогу зрозуміти, чому при відносно високому рівні ЗТ і відкритих можливостях для участі в ринку швидкість появи нових прос'юмерів може виявитися незадовільною. Ця оцінка враховує існуючі нормативні та інституційні обмеження, які знижують привабливість прос'юмеризму. Загалом, вона може здійснюватися із застосуванням методів загальної та порівняльної ефективності.

Різниця між методами загальної та порівняльної ефективності полягає в тому, що загальна ефективність базується на оцінці прибутку, який формується як різниця між ціною реалізації та собівартістю незалежно від обсягу реалізації, тоді як порівняльна ефективність базується на досягненні зниження собівартості продукту при порівнянному обсязі та рівні ціни. Метод порівняльної ефективності сторони споживання у прос'юмера полягає у відношенні економії поточних витрат на забезпечення енергоресурсами до різниці капітальних вкладень за їх варіантами (які прирощуються та амортизуються в LCOE), або за разовою інвестицією. У загальних рисах порівняльна ефективність споживчої сторони прос'юмера подібна до оцінки ефективності енергоефективних проєктів [263; 308], а особливо тих, що реалізуються з використанням механізму перформанс-контракту. Тут фактично порівнюється вартість збереженої одиниці енергії та вартість витрат на досягнення цієї економії.

Виділення набору факторів, які в багатьох країнах на ранніх етапах децентралізації енергетичного ринку впливають на економічну доцільність проєктів прос'юмерів, окрім рентабельності використання технології, а також оцінки наявності та впливу негативних екстерналій (деякі з них впливають на вибір форми функціонування прос'юмерів, наприклад, перешкоджають

об'єднуватися в енергетичні кооперативи, а натомість залишають їхню діяльність на рівні окремих домогосподарств із автономним або частково автономним енергопостачанням) мають передувати оцінюванню економічної ефективності окремого проєкту [260; 297].

Ефективність виробничої сторони – це загальний коефіцієнт корисної дії, який зазвичай характеризує економічну ефективність будь-якої технології виробництва енергії і визначається наступним набором показників: підвищення коефіцієнта корисної дії установки, зниження питомої витрати палива, дохід і ринковий обсяг продажів електроенергії, прибуток. Відповідно, ефективність споживача – це сукупність порівняльної ефективності сторони споживання та абсолютної ефективності сторони виробництва, яка може бути виражена як сума економії витрат на спожиту енергію та прибутку, отриманого від доставки електроенергії до мережі або від продажу на організованих сегментах ринку електроенергії, для кожного варіанту капіталовкладень (технології):

$$I_{CD} = I_C \cdot R_{C/P} + I_D \cdot (1 - R_{C/P}), \quad (6.1)$$

де I_{CD} – ефективність прос'юмера (стимул) на кіловат-годину виробленої електроенергії, євро/кВт-год;

$R_{C/P}$ – середньорічний коефіцієнт споживання/виробництва (обсяги, спожиті споживачем, поділені на обсяги виробленої електроенергії за період);

I_C і I_D – стимули до споживання та відпуску в мережу, відповідно, євро/кВт-год:

$$I_C = T - LCOE, \quad (6.2)$$

де T – вартість електроенергії для власного споживання, євро/кВт-год, $T = \{T_h; T_m\}$, де T_h та T_m – відповідно регульований тариф для домогосподарств та ринкова ціна електроенергії для малих побутових споживачів, євро/кВт-год;

$LCOE$ – це нормована вартість електроенергії для малих об'єктів ВЕ (фотоелектричні, вітрові тощо), євро/кВт-год;

$$I_D = T - LCOE - C_t, \quad (6.3)$$

де C_t – трансакційні витрати (комісія агрегатора та/або комісія за участь у ринку «на добу наперед»), євро/кВт-год;

$T = \{FIT; \frac{\sum(P_{DAMh} * V_{DAMh})}{V_{DAM}}\}$, де P_{DAMh} – погодинна ціна ринку «на добу наперед», євро/кВт-год, V_{DAMh} та V_{DAM} – погодинні та добові обсяги електроенергії, що надходять до мережі, кВт-год [297].

На основі поданої методології оцінимо ефективність прос'юмерів за трьох сценаріїв співвідношення «власне споживання/виробництво»: 0,4 (40% електроенергії йде на власне споживання за рік у цілому), 0,2 (споживається 20% електроенергії) та 1 (уся вироблена електроенергія витрачається на власні потреби домогосподарства). При оцінці порівняльної ефективності виробництва враховується такий фактор як паритет або непаритет між ставкою ЗТ (ціною продажу до мережі) та середньозваженою добовою ціною ринку «на добу наперед». Значення інших факторів, актуальних для українського ринку електроенергії, які впливають на ефективність споживачів (обладнаних фотовольтаїчними панелями), представлені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Значення факторів, що впливають на загальну ефективність прос'юмерів в Україні (оцінено авторами на основі [209; 309; 310; 311])

Фактор	Од.виміру	Значення		
Тариф на електроенергію для населення	євро/кВт-год	0,042	0,066	0,160
Ставка ЗТ	євро/кВт-год	0,163	0,146	0,146
Базова ціна ринку «на добу наперед»	євро/кВт-год	0,070	0,088	0,140
Непікова/базова ринку «на добу наперед»		0,930	0,800	0,800
Плата за вхід в ринок «на добу наперед»	євро/місяць	100	100	100
Комісія агрегатора ринку «на добу наперед»	євро/кВт-год	0,0100	0,0100	0,0100
LCOE (фотовольтаїка)	євро/кВт-год	0,050	0,040	0,030
Норма власного споживання/виробництва		1	0,4	0,2

Наразі тариф для побутових споживачів компенсує лише менше половини реальної вартості виробництва, передачі, розподілу та постачання електроенергії. Ця недоплата є причиною перехресного субсидування і цінових перекосів на ринку. За попередньої ринкової моделі («єдиного покупця») це навантаження розподілялося між усіма іншими категоріями споживачів, і, як наслідок, вартість електроенергії для економіки країни ставала дорожчою. За існуючої ринкової моделі (повномасштабного конкурентного ринку) цінові викривлення компенсуються за рахунок найважливіших виробників електроенергії та суб'єктів ринку, які визначені учасниками механізму зобов'язань щодо надання публічних послуг (PCO) (покладання спеціальних зобов'язань щодо захисту суспільних інтересів). З 1 червня 2023 року Уряд України вкотре підвищив фіксований тариф на електрику, але він досі не компенсує навіть половини ринкової вартості електроенергії [209]. Глибина коливань цін на ринку «на добу наперед» для українського ринку електроенергії оцінюється співвідношенням базова/позапікова ціна або пік/базова ціна [260; 297].

Результати оцінки ефективності споживачів (оснащених фотовольтаїкою) як інтегрального стимулу споживання та доставки наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Ефективність прос'юмера (споживання (С) + стимули до відпуску електрики в мережу (D)) за трьома сценаріями «співвідношення: власне споживання (С) / виробництво (Р)» (оцінено авторами)

Параметр	Одиниці виміру	Тариф для населення, євро/кВт·год		
		0,042	0,066	0,160
1	2	3	4	5
<i>Коефіцієнт C/P 0,4</i>				
Стимул С+D ЗТ	євро/кВт·год	0,0586	0,0682	0,1058
Стимул С+D NB * низькі обмеження цін	євро/кВт·год	0,0028	0,0124	0,0500
Стимул С+D NB середні цінові обмеження	євро/кВт·год	0,0136	0,0232	0,0608
Стимулювання С+D NB високі цінові обмеження	євро/кВт·год	0,0448	0,0544	0,0920

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
<i>Коефіцієнт C/P 0,2</i>				
Стимул C+D ЗТ	євро/кВт·год	0,0808	0,0856	0,1044
Стимулювання C+D NB низькі цінові обмеження	євро/кВт·год	0,0064	0,0112	0,0300
Стимулювання C+D NB середні цінові обмеження	євро/кВт·год	0,0208	0,0256	0,0444
Стимулювання C+D NB високі цінові обмеження	євро/кВт·год	0,0624	0,0672	0,0860
<i>Коефіцієнт C/P 1</i>				
C+D стимул	євро/кВт·год	-0,008	0,016	0,1058

Примітка. * NB – net-billing.

Табл. 6.2 приводить нас до таких результатів:

- участь у ринку актуальна лише за цінами ринку «на добу наперед» вище 5400 грн за будь-якого тарифу для населення;
- стимул до прос'юмеризму подвоюється при тарифі для домогосподарств, близькому до ринкового (більш ніж удвічі вищому за фіксоване на сьогодні значення);
- стимул постачати до мережі більшу частку, ніж споживати (0,2 проти 0,4), зростає з високими граничними цінами на ринку «на добу наперед» і зменшується, коли ставки тарифів для домогосподарств підвищуються до ринкового рівня.

6.5 Рекомендації для стимулювання регіональних «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів

Підсумовуючи результати виконаних розрахунків, зауважимо, що на ранніх етапах децентралізації ринку електроенергії, які накладаються на технологічний розвиток електричних мереж у бік «розумних» мереж і співвідносяться з початковими етапами відкриття ринку, розвиток прос'юмеризму базується на стимулах до реалізації окремих проєктів. Роль державного регулювання полягає у посиленні таких стимулів та у зменшенні обмежень –

ринкових бар'єрів, інституційних витрат, бар'єрів для передачі технологій. Оцінка достатності стимулів є комплексною: порівняльна ефективність з боку споживання та абсолютна ефективність з боку виробництва. Вона оцінена як сума економії витрат на енергію на стороні споживання та прибутку від продажу електрики в мережу або безпосередньо на ринку «на добу наперед» [260; 297].

Мінімальне значення ефективності прос'юмерів для українського ринку електроенергії на ранніх етапах його децентралізації та розвитку смарт-мережі становить (-0,008) євро/кВт·год для коефіцієнта «споживання/виробництво», що дорівнює 1, і низького фіксованого тарифу для домогосподарств, отже, це найменш сприятливі умови для розвитку прос'юмерів. Максимальний рівень показника ефективності дорівнює 0,1058 євро/кВт·год, що відповідає ринковим тарифам для домогосподарств, незалежно від кількості електроенергії, яку прос'юмер може постачати в мережу. Це свідчить про те, що можливість зниження вартості власного споживання електроенергії має першорядне значення для сприяння розвитку прос'юмеризму. Поступовий рух від фіксованих тарифів для домогосподарств до ринкових цін стимулює як появу нових прос'юмерів, так і їхню консолідацію на ринку як нового стейкхолдера. Можливо подвоїти стимули для споживачів, піднявши тариф для домогосподарств у два рази вище поточної фіксованої ставки, щоб наблизити його до ринкової вартості. Стимули віддавати більшу частку в мережу, ніж споживати (0,2 проти 0,4) збільшуються із високими граничними цінами на ринку «на добу наперед», але дещо зменшуються в разі підвищення тарифу для домогосподарств до ринкового рівня.

Участь в організованих сегментах ринку електроенергії актуальна для цін на ринку «на добу наперед», вищих 130 євро/МВт·год без урахування величини тарифу для домогосподарств. Низькі цінові обмеження перешкоджають організованій участі прос'юмерів в оптовому ринку. Тому перехід від 3T до net-billing, хоч і визнається прогресивним з огляду на більшу конкурентоспроможність і ринкову орієнтованість, гнучкість і відповідність щоденній

динаміці ринкових цін, однак, як і ЗТ, здатний суттєво стимулювати розвиток прос'юмерів лише за умови високих верхніх цінових стель або їх відсутності, як у години пік, так і поза піком [260; 297].

З метою подолання технологічних, економічних та фінансових перешкод має бути впроваджена відповідно адаптована політика підтримки: здешевлення вартості обладнання для об'єктів ВЕ, спрощення ліцензійних вимог, механізми фінансової підтримки. Регуляторна політика, найефективнішим інструментом якої є для сприяння прос'юмерам через ЗТ, тепер має зосередитися на сприянні створенню нових агентів ринку – агрегаторів і розробників, які також супроводжують розвиток прос'юмерів. Крім того, інвестиційні гранти як для індивідуальних виробників, так і для енергетичних кооперативів необхідні для подолання бар'єрів капітальних витрат і сприяння виробникам. Важливою умовою становлення і розвитку гнучких децентралізованих систем енергозабезпечення є суттєве розширення можливостей участі малих виробників електроенергії у ринку електроенергії, а особливо в організованих його сегментах. Для цього необхідне становлення інституту агрегаторів малих виробників та формування сприятливої ринкової кон'юнктури для їхнього виходу на організовані сегменти ринку електроенергії.

Регіональні відмінності у темпах становлення прос'юмерів виникають не через міжрегіональні відмінності у розподілі кліматичних ресурсів (інтенсивність інсоляції, вітрова інтенсивність), як це спостерігається щодо локалізації розвитку великої відновлювальної енергетики, а через відмінні рівні соціально-економічного розвитку регіонів, а також через різний технічний стан і особливості географічного розміщення енергетичної інфраструктури.

Щодо соціально-економічного розвитку, достатній рівень доходів місцевих бюджетів дозволяє здійснювати інвестиційну підтримку прос'юмерів та енергоефективних проектів у житловому секторі, а порівняно більший розмір душевого доходу мешканців регіону безпосередньо визначає можливості домогосподарства щодо здійснення капітальних витрат на закупівлю енергетичного обладнання. Регіони, що відзначаються значним рівнем

енергетичної бідності населення, тобто їхньої нездатності забезпечити свої основні потреби в енергетичних ресурсах (Чернігівська, Сумська, Черкаська області), мають також і порівняно невелику кількість побутових прос'юмерів.

Щодо стану регіональної енергетичної інфраструктури, недостатня її доступність (віддаленість, потреба у додаткових лініях і трансформаторних підстанціях, часті перерви в електропостачанні через пошкодження і перевантаження, негазифікованість певних ділянок) робить більш технічно та економічно доцільною децентралізацію енергопостачання в регіонах і стимулює його автономізацію, а отже і появу нових прос'юмерів. Так, Закарпатська та Івано-Франківська області, що також є серед найбільш енергетично бідних областей країни (до повномасштабного вторгнення), досягли високої порівняно з іншими регіонами кількості прос'юмерів. При цьому слід враховувати задекларовані та незадекларовані доходи трудових мігрантів, які мають в розпорядженні домогосподарства зазначених регіонів. Отже, високий рівень енергетичної бідності має зворотній вплив на розвиток прос'юмерів, а низький рівень енергетичної доступності – прямий.

Тому рекомендації для стимулювання регіональних «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів полягають у застосуванні регуляторної політики диференційовано з урахуванням саме цих двох факторів: енергетична бідність та енергетична доступність. У регіонах, що відзначаються порівняно низьким рівнем душевого доходу, а особливо домогосподарств у сільській місцевості, необхідне впровадження програм підтримки сталого енергозабезпечення на регіональному рівні із залученням місцевих бюджетів, фондів розвитку та, за можливості, міжнародних фінансових установ. За допомогою таких програм майбутній прос'юмер має подолати нестачу коштів для оснащення домогосподарства енергогенеруючими та енергоакumuлюючими пристроями. У регіонах, що мають складнощі з енергетичною доступністю, варто здійснювати планування розбудови децентралізованої енергетики під час оптимізації схем електропостачання

та/або нового будівництва із максимізацією використання місцевих енергетичних ресурсів.

РОЗДІЛ 7

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО РІВНЯ ЗТ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ВЕ В СЕКТОРІ ДОМОГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ

На сьогодні державна політика стимулювання розбудови ВЕ в домогосподарствах України базується на фіксованому ЗТ, який застосовується для СЕС та ВЕС. Однак, використання різних ставок ЗТ для зазначених технологій ВЕ мало абсолютно різний вплив на темпи їх розвитку. Надвисокі ставки ЗТ для СЕС стимулювали надшвидке розгортання сонячних фотоелектричних установок у побутовому секторі. Такий підхід до регулювання розвитку сонячної енергетики обумовив появу низки зловживань з боку домогосподарств та фінансових викликів, пов'язаних з фінансуванням виплат за ЗТ. Водночас через нижчі ставки ЗТ для ВЕС, цей сегмент ВЕ практично не розвивається, оскільки власники домогосподарства надають перевагу інсталяції СЕС через їх вищу рентабельність.

Вищезазначене засвідчує неефективність цінової політики у сфері ВЕ в побутовому секторі та обумовлює необхідність перегляду методичного підходу до визначення ставок ЗТ для електроенергії, згенерованої мікроенерго-виробниками. З огляду на це, у даному розділі буде проведена оцінка собівартості генерації електроенергії СЕС та ВЕС приватних домогосподарств з різної встановленою потужністю з урахуванням різного співвідношення власного та позикового капіталів, залучених для реалізації таких інвестиційних проєктів. Розрахунки будуть покладені в основу удосконалення методичного підходу до визначення оптимального рівня ЗТ поряд з урахуванням інших факторів впливу, які визначають економічні, соціальні, екологічні ефекти розвитку відповідної технології ВЕ. Крім того, будуть обґрунтовані ефективні строки запровадження ЗТ для домашніх СЕС та ВЕС, які забезпечать оптимальні терміни державної підтримки сонячної та вітрової генерації в приватних домогосподарствах у вигляді ЗТ.

7.1 Оцінювання вартості електроенергії, згенерованої об'єктами ВЕ в секторі приватних домогосподарств

Для збалансування інтересів домогосподарств та держави, ставки ЗТ для СЕС та ВЕС повинні ґрунтуватися на оцінці економічної ефективності реалізації відповідних проєктів, щоб забезпечити, з одного боку, компенсацію та нормальний прибуток для власників енергооб'єктів, з одного боку, та мінімізацію державних витрат на стимулювання розвитку сектору, з іншого боку. З метою обґрунтування необхідності й визначення величини державної підтримки оцінимо собівартість генерації «зеленої» електроенергії, поточні рівні ЗТ та терміни окупності інвестиційних проєктів.

Оцінювання собівартості генерації електроенергії СЕС і ВЕС домогосподарств буде проводитися на основі методики Levelized Cost of Electricity (LCOE). LCOE відображає фіксовану собівартість електроенергії упродовж всього життєвого циклу генеруючого об'єкта, яка прирівнює сукупні дисконтовані витрати на його будівництво та експлуатацію до сукупної дисконтованої виручки від реалізації електроенергії [312]. Розрахунок LCOE буде базуватися на таких показниках: інвестиційні витрати, експлуатаційні витрати, обсяг згенерованої електроенергії, витрати на виведення генеруючого об'єкта з експлуатації та ставка дисконтування, що відображає співвідношення власного та залученого капіталу для реалізації інвестиційного проєкту, тобто структуру інвестиційних витрат [313]. Враховуючи вищезазначені показники, формула для розрахунку LCOE набуде вигляду:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n ((I_t + Q_t + D_t) \cdot (1 + r)^{-t})}{\sum_{t=0}^n (E_t \cdot (1 + r)^{-t})}, \quad (7.1)$$

де $LCOE$ – фіксована собівартість генерації електроенергії упродовж всього терміну служби генеруючого об'єкта, грн/кВт·год;

E_t – обсяг згенерованої електроенергії у t -му році, кВт·год;

I_t – інвестиційні витрати у t -му році, грн;

Q_t – експлуатаційні витрати у t -му році, грн;

D_t – витрати на виведення генеруючого об'єкта з експлуатації у t -му році, грн;

n – термін служби генеруючого об'єкта, років;

r – ставка дисконтування;

t – рік реалізації інвестиційного проєкту.

Для розрахунку ставки дисконтування скористаємося формулою Weight Average Cost of Capital ($WACC$) [314]:

$$WACC = K_s \cdot W_s + K_d \cdot W_d, \quad (7.2)$$

де K_s – вартість власного капіталу для реалізації інвестиційного проєкту, частка одиниці;

W_s – частка власного капіталу за балансом, частка одиниці;

K_d – вартість позикового капіталу для реалізації проєкту, частка одиниці;

W_d – частка позикового капіталу за балансом, частка одиниці.

Далі, щоб оцінити економічну обґрунтованість чинних ЗТ, розрахуємо їх ставки та визначимо термін окупності інвестиційних проєктів на їх основі.

Мінімальна ставка ЗТ розраховується відповідно до постанови НКРЕКП № 1817 від 30.08.2019 р. [140]. Так, відповідно до [140] фіксований мінімальний розмір ЗТ (FIT_{min} , грн за 1 кВт·год без ПДВ) розраховується за формулою:

$$FIT_{min} = \frac{T_{2009} \cdot k_{FT}}{E_{2009}}, \quad (7.3)$$

де T_{2009} – роздрібний тариф для споживачів другого класу напруги станом на січень 2009 року (58,46 коп. за 1 кВт·год без ПДВ);

k_{FT} – коефіцієнт ЗТ, визначений Законом України «Про ринок електроенергії»;

E_{2009} – курс гривні до євро, офіційно встановлений НБУ на 1 січня 2009 року (1085,55 грн за 100 євро).

Щокварталу мінімальні розміри ЗТ переглядаються НКРЕКП шляхом їх перерахунку відносно курсу євро станом на 01.01.2009 року за наступним алгоритмом:

$$FIT = FIT_{min} \cdot E_{30}, \quad (7.4)$$

де FIT – ЗТ, за яким реалізується надлишок електроенергії (грн/кВт·год без ПДВ);

E_{30} – середній курс гривні до євро за останні 30 календарних днів, що передують даті перегляду ЗТ, грн за 100 євро.

Дисконтовані доходи за проектом будуть розраховуватися, виходячи з терміну дії ЗТ, середніх обсягів енергоспоживання домогосподарством та ринкової ціни на електроенергію, за методикою, поданою в [4]. У подальшому вони будуть використані для розрахунку дисконтованого терміну окупності інвестиційних проектів за формулою [315]:

$$DPP = m + \frac{I_{\Sigma} - S_m}{Inc_{m+1}} \cdot (1 + r)^{m+1}, \quad (7.5)$$

де I_{Σ} – загальна сума дисконтованих інвестиційних витрат за проектом, приведена до моменту початку інвестування, грн;

S_m – сумарні дисконтовані доходи (грн), обчислені наростаючим підсумком до тих пір, поки не виконається нерівність: $S_m < I_{\Sigma} < S_{m+1}$;

m – кількість повних років, у яких сума дисконтованих доходів, розрахованих наростаючим підсумком, менша за суму дисконтованих інвестиційних витрат;

$(m+1)$ – рік, в якому сума дисконтованих доходів, розрахованих наростаючим підсумком, перевищить суму дисконтованих інвестиційних витрат;

Inc_{m+1} – доходи за проектом в $(m+1)$ -му році, грн.

У цьому дослідженні розрахунок $LCOE$ буде проводитися для СЕС домогосподарств встановленою потужністю 5, 10, 20, 30, 40 та 50 кВт та ВЕС

встановленою потужністю 5, 10, 20 та 30 кВт. Зазначений діапазон потужності відповідає найпоширенішим потужностям, що використовуються домогосподарствами, а також визначається діючими (0-30 кВт) чи колишніми (0-50 кВт) законодавчими обмеженнями. Різниця в обраній встановленій потужності генеруючих об'єктів обумовлена коефіцієнтом продуктивності ВЕС, який у 2-3 рази перевищує аналогічний показник СЕС [316].

Варто зазначити, що сьогодні основний акцент державної підтримки має бути спрямований на забезпечення домогосподарств власною електроенергією, а не отримання прибутків від продажу її надлишків за ЗТ. З огляду на це, недоцільно поширювати механізми державної підтримки в секторі домогосподарств на ВЕС встановленою потужністю більше 30 кВт. Водночас як зазначалося вище, починаючи з 2019 року, ЗТ поширювався на СЕС встановленою потужністю до 50 кВт, за умови розташування сонячних панелей на дахах та/або фасадах будівель без використання земель сільськогосподарського призначення. Однак, наприкінці 2019 року ЗТ для СЕС, встановлена потужність яких перебуває в діапазоні більше 30, але не перевищує 50 кВт, був анульований. У цьому дослідженні ми проведемо оцінку економічної ефективності реалізації таких проєктів, щоб зробити висновок щодо доцільності скасування цієї законодавчої норми.

Варто зазначити, що техніко-економічні дані інвестиційних проєктів СЕС та ВЕС дещо різняться, оскільки залежать від низки факторів (потенціал сонячної та вітрової енергії в регіоні інсталяції генеруючого об'єкта, технічні характеристики сонячних панелей і вітрогенераторів тощо), тому для розрахунків у цьому дослідженні були взяті їх усереднені дані, наведені в табл. 7.1. Для їх збору були використані дані компаній, що реалізують такі проєкти в Україні, та рекомендації міжнародних організацій у сфері енергетики.

Таблиця 7.1 – Техніко-економічні дані типових проєктів СЕС та ВЕС домогосподарств (складено авторами за даними [317; 318; 319; 320; 321; 322; 323; 324])

Показник	Встановлена потужність, кВт					
	5	10	20	30	40	50
<i>СЕС</i>						
Річне виробництво електроенергії, кВт·год/рік	4947	10520	21836	33153	46206	57791
Інвестиційні витрати, грн	146229	260802	517347	763448	990478	1138253
Експлуатаційні витрати, грн/рік	1462	2608	5173	7634	9905	11383
Витрати на виведення електростанції з експлуатації, грн	7311	13040	25867	38172	49523	56913
<i>ВЕС</i>						
Річне виробництво електроенергії, кВт·год/рік	15000	30000	60000	90000	–	–
Інвестиційні витрати, грн	380948	654239	1117280	1571370	–	–
Експлуатаційні витрати, грн/рік	3809	6542	11173	15714	–	–
Витрати на виведення електростанції з експлуатації, грн	19047	32712	55864	78569	–	–

Варто зазначити, що зазначені в табл. 7.1 дані щодо річних обсягів генерації електроенергії при розрахунках коригувалися на коефіцієнт зниження генерації, який для СЕС становить 0,8% щорічно [325] для ВЕС – 0,2% щорічно [326]. Експлуатаційні витрати в дослідженні були розраховані як 1% від інвестиційних витрат, витрати на виведення з експлуатації СЕС та ВЕС – на рівні 5% від інвестиційних витрат [327], термін життєвого циклу обох видів генеруючих потужностей був визначений на рівні 25 років [328].

Враховуючи українські реалії, в рамках даного дослідження собівартість генерації електроенергії СЕС та ВЕС обчислювалася на основі застосування різних варіантів структури інвестиційних витрат:

1) за умови, що інвестиційні проєкти реалізуються повністю за власні кошти інвестора;

2) за умови залучення власних та кредитних ресурсів на п'ятирічний термін в рамках програми Укргазбанку «Еко енергія» у наступних співвідношеннях 75/25, 50/50, 25/75 відповідно, що впливало на розмір ставки дисконтування.

Для розрахунку ставки дисконтування, вартість власного капіталу була визначена як сума альтернативних вкладень на депозитні рахунки для фізичних осіб в національній валюті. З цією метою нами були проаналізовані ставки за депозитами в гривні у найбільш надійних банках України на основі рейтингу їх стійкості [329]. Станом на початок червня 2023 року такі банки пропонували наступні річні ставки за депозитами в гривні для фізичних осіб: Кредіагріколь – 12%, Райффайзен – 12,5%, Кредобанк – 14% [330]. Таким чином, найвищий відсоток за депозитами у національній валюті пропонував Кредобанк, тому саме його ставка була використана для розрахунку вартості власного капіталу.

Вартість позикового капіталу визначалася за програмою Укргазбанку «Еко енергія». Так, за умови залучення кредитних ресурсів на 5 років з оплатою першого внеску 25%, 50% та 75%, річна ставка за кредитом склала 20,99%, 19,59% та 18,69% відповідно [144].

Таким чином, розрахована за формулою (7.2) ставка дисконтування, використовувана у дослідженні, становить:

- 14% за умови, що інвестиційні проекти реалізуються повністю за власні кошти інвестора;
- 19,2% за умови залучення власних та кредитних коштів у співвідношенні 25%/75%;
- 16,8% за умови залучення власних та кредитних коштів у співвідношенні 50%/50%;
- 15,2% за умови залучення власних та кредитних коштів у співвідношенні 75%/25%.

Значення LCOE для електроенергії, згенерованої СЕС та ВЕС приватних домогосподарств з урахуванням встановлених ставок дисконтування, наведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – LCOE для електроенергії, згенерованої СЕС та ВЕС домогосподарств (розраховано авторами)

Ставка дисконтування, %	LCOE, грн/кВт·год, за встановленої потужності електростанції, кВт:					
	5	10	20	30	40	50
<i>СЕС</i>						
14	4,28	3,59	3,43	3,33	3,10	2,85
15,2	4,52	3,79	3,62	3,52	3,28	3,01
16,8	4,84	4,06	3,88	3,77	3,51	3,23
19,2	5,32	4,46	4,27	4,15	3,86	3,55
<i>ВЕС</i>						
14	3,55	3,04	2,60	2,44	–	–
15,2	3,75	3,22	2,75	2,58	–	–
16,8	4,03	3,46	2,96	2,77	–	–
19,2	4,44	3,81	3,26	3,05	–	–

Далі порівняємо отримані значення LCOE та чинні ставки ЗТ, за якими домогосподарства продають надлишок електроенергії. Для цього розрахуємо величини ЗТ за формулами (7.3) і (7.4). Як згадувалося вище, мінімальна ставка ЗТ для електроенергії, згенерованої з сонячного випромінювання та енергії вітру, відповідно до формули (7.3) встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 року (58,46 коп. за 1 кВт·год без ПДВ), помноженого на коефіцієнт ЗТ. Коефіцієнти ЗТ наведено в табл. 7.3.

Як видно з табл. 7.3, коефіцієнти ЗТ залежать від дати введення в експлуатацію генеруючого об'єкта. Вони мають тенденцію до зменшення, що обумовлено зниженням вартості обладнання, матеріалів і комплектуючих для таких електростанцій, що безпосередньо впливає на собівартість генерації електроенергії на їх основі.

Таблиця 7.3 – Коефіцієнти ЗТ для СЕС та ВЕС приватних домогосподарств, введених в експлуатацію з 2019 по 2029 роки [318]

Категорії генеруючих установок приватних домогосподарств, для яких застосовується ЗТ	Коефіцієнти ЗТ для електроенергії, виробленої генеруючими установками приватних домогосподарств, введених в експлуатацію:		
	з 01.01.2019 р. по 31.12.2019 р.	з 01.01.2020 р. по 31.12.2024 р.	з 01.01.2025 р. по 31.12.2029 р.
СЕС, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт	3,36	3,02	2,69
СЕС, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт, за умови їх розташування на дахах та/або фасадах будівель та інших капітальних споруд	3,36	–	–
ВЕС, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт	2,16	1,94	1,73

У цьому дослідженні розрахунок проводився для електростанцій, введених в експлуатацію у 2023 році, відповідно використовувався коефіцієнт для електростанцій, введених в експлуатацію в період з 01.01.2020 р. по 31.12.2024 р. Як засвідчують дані таблиці, з 2020 року ЗТ не застосовується для СЕС, встановлена потужність яких знаходиться в діапазоні більше 30 кВт, але не перевищує 50 кВт. Варто зазначити, що у 2019 році коефіцієнти ЗТ були однаковими для СЕС, встановлена потужність яких не перевищувала 30 кВт та тих, що знаходилися в діапазоні від 30 до 50 кВт. З огляду на це, щоб зробити висновок щодо доцільності скасування ЗТ для цієї категорії генеруючих установок, у даному дослідженні для СЕС з встановленою потужністю 40 та 50 кВт використовувався коефіцієнт 3,02.

Для проведення розрахунків за формулою (7.4) застосовувався офіційний середній курс гривні до євро за травень 2023 року – 3983 грн за 100 євро [331]. Зауважимо, що всі розрахунки в дослідженні проводилися станом на 1.06.2023 року. Проте, відповідно до зазначеної методики при обчисленні ЗТ враховувався середній курс гривні до євро за останні 30 календарних днів, що передують даті його перегляду/розрахунку; саме тому нами був використаний середній курс євро за травень 2023 року. Результати розрахунків наведено в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – ЗТ для електроенергії, згенерованої СЕС та ВЕС приватних домогосподарствами, введених в експлуатацію у 2023 році (розраховано авторами)

Категорія генеруючих установок приватних домогосподарств	ЗТ, грн/кВт·год
СЕС, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт	6,48
СЕС, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт, за умови їх розташування на дахах та/або фасадах будівель та інших капітальних споруд (за припущення щодо використання коефіцієнту ЗТ, який дорівнює 3,02)	6,48
ВЕС, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт	4,16

Отримані результати засвідчують, що чинні ставки ЗТ є вищими за вартість електроенергії, згенерованими об'єктами ВЕ домогосподарств, розрахованими за методикою LCOE (за виключенням ВЕС потужністю 5 кВт при ставці дисконтування 19,2%). Однак, для генеруючих об'єктів потужністю 5-10 кВт різниця є незначною, що може бути недостатнім для забезпечення прийняттого терміну окупності таких інвестиційних проєктів.

7.2 Оцінка термінів окупності інвестиційних проєктів ВЕ в секторі приватних домогосподарств

На основі проведених розрахунків у розділі 7.1 обчислимо терміни окупності інвестиційних проєктів за формулою (7.5), ґрунтуючись на таких фактичних даних і припущеннях:

- приватне домогосподарство, для якого здійснюється розрахунок, щомісяця споживає 168 кВт·год електроенергії (2016 кВт·год/рік), що відповідає середньомісячному споживанню електроенергії домогосподарствами України, решту продає за ЗТ. Оскільки схема підтримки розвитку ВЕ за допомогою ЗТ діє до 31 грудня 2029, після закінчення цього строку продаж електроенергії буде здійснюватися за ринковою ціною. При визначенні грошових потоків буде враховуватися економія від витрат на електроенергію, отримана домогосподарством внаслідок її власної генерації і подальшого споживання на власні потреби. Якщо генерації не вистачає на покриття

власних потреб, тоді дохід від генеруючого об'єкта розраховується як сума економії витрат на електрику за фактично виробленим обсягом;

- тариф на електроенергію для побутових споживачів станом на 01.06.2023 року становить 2,64 грн/кВт·год [209];
- дохід від продажу електроенергії за ЗТ, як зазначалось вище, підлягає оподаткуванню за кумулятивною ставкою 19,5% [141].

Результати розрахунків термінів окупності інвестиційних проєктів наведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Терміни окупності інвестиційних проєктів СЕС та ВЕС приватних домогосподарств, років (розраховано авторами)

Ставка дисконтування, %	Термін окупності інвестиційних проєктів, років, за встановленої потужності електростанції, кВт:					
	5	10	20	30	40	50
<i>СЕС</i>						
14	>25	13,73	8,53	6,98	6,09	5,30
15,2	>25	17,94	9,73	7,80	6,32	5,45
16,8	>25	>25	12,21	9,29	6,66	5,68
19,2	>25	>25	>25	13,34	7,59	6,02
<i>ВЕС</i>						
14	>25	>25	13,00	10,19	–	–
15,2	>25	>25	15,55	11,43	–	–
16,8	>25	>25	>25	14,06	–	–
19,2	>25	>25	>25	>25	–	–

Результати розрахунку термінів окупності інвестиційних проєктів СЕС та ВЕС домогосподарств засвідчили наявність економічного ефекту залежно від масштабу проєктів. Зменшення інвестиційних і операційних витрат у міру зростання потужності електростанцій обумовлює більш привабливий термін окупності для проєктів з максимально дозволеною потужністю. Попри те, що для домогосподарств, які мають можливість реалізувати більш масштабні проєкти, це є стимулом, певна категорія населення, зокрема ті, хто немає достатньо фінансових ресурсів чи можливості для розміщення таких генеруючих об'єктів відповідно до вимог законодавства, таким стимулом скористатися не можуть. Разом з тим, для українських домогосподарств з

річним обсягом споживання 2016 кВт·год/рік, СЕС потужністю 5 кВт та ВЕС потужністю до 10 кВт не окуповуються протягом їх життєвого циклу. Для СЕС потужністю 10 кВт та ВЕС потужністю 20 кВт термін окупності не є інвестиційно привабливим, а при залученні кредитного капіталу на рівні 50% і більше проекти не окуповуються. З огляду на зазначене, доцільним є градація величин ЗТ відповідно до встановленої потужності енергогенеруючого об'єкта, що дозволить забезпечити рівні можливості для інвестування в «зелені» електростанції домогосподарствам з різним рівнем доходів.

Основною метою прийняття рішень на користь інвестування в «зелені» мікроенергопроекти є саме забезпечення власної енергетичної автономії, оскільки надлишки електроенергії для електростанцій потужністю 5-10 кВт, неспожиті на власні потреби, є незначними. В умовах російської військової агресії, що триває в Україні, підтримка таких проектів має стати першочерговим завданням енергетичної політики в житловому секторі, забезпечуючи децентралізацію джерел електропостачання і тим самим знижуючи ризики руйнування енергетичної інфраструктури з важкими наслідками. У той же час, терміни окупності інвестиційних проектів СЕС, потужністю 20, 30, 40, 50 кВт та ВЕС – 30 кВт, залишаються досить привабливими. Реалізація проектів СЕС потужністю 40 і 50 кВт є найбільш рентабельною. На нашу думку, рішення щодо відміни ЗТ для таких генеруючих потужностей не було доцільним, адже вони можуть зробити значний внесок в досягнення індикативних цілей щодо збільшення частки «зеленої» електроенергії в загальному енергобалансі країни. Однак, ставки ЗТ для таких генеруючих потужностей мають бути суттєво скориговані з метою уникнення отримання надприбутків власниками таких електростанцій та зростання фінансового навантаження на кінцевих споживачів, за рахунок яких здійснюються виплати за ЗТ. Разом з тим, за аналогічних причин певного коригування потребують і ставки ЗТ для СЕС встановленою потужністю 20 та 30 кВт.

Як засвідчили розрахунки, ставка дисконтування має безпосередній вплив на термін окупності інвестиційних проєктів. Найнижча ставка дисконтування – 14%, за якої домогосподарство реалізує проєкт за власні кошти, забезпечує найбільш привабливі терміни окупності. При ставці дисконтування 19,2%, за якої залучається 75% кредитних ресурсів, майже всі проєкти, за винятком СЕС потужністю 30, 40 і 50 кВт, не окуповуються.

Враховуючи наявність низки можливих варіантів співвідношення власного і позикового капіталів при розрахунку ставки дисконтування, при коригуванні методики ЗТ доцільно орієнтуватися на показники проєктів, для яких власні й позикові кошти залучалися в рівних пропорціях. З огляду на те, що вартість кредитних ресурсів має вагомий вплив на інвестиційну привабливість проєктів ВЕ в секторі приватних домогосподарств, дії уряду мають бути спрямовані на удосконалення чинних та розвиток нових програм доступного кредитування, формування програм синдигованих кредитів, які дозволять об'єднати фінансові ресурси українських банків та Європейського Банку Реконструкції та Розвитку.

Варто зауважити, що результати розрахунків продемонстрували наявний дисбаланс у термінах окупності СЕС та ВЕС. Різниця між їх термінами окупності є досить значною, що з великою ймовірністю й надалі буде сприяти переважанню сонячної енергогенерації у житловому секторі. У цій частині, коригування механізмів державної підтримки має базуватися на пріоритетності розбудови тієї чи іншої технології ВЕ на основі оцінки економічних, екологічних та соціальних вигід від її впровадження. Оптимальним є розбудова комбінованих сонячно-вітрових електростанцій, які дозволять залучати як енергію сонця, так і енергію вітру до процесів енергогенерації, збільшуючи тривалість роботи таких установок протягом доби. З цих позицій економічне обґрунтування ЗТ для таких установок є надзвичайно актуальним.

Щодо прийнятних термінів окупності інвестиційних проєктів ВЕ в житловому секторі світовий досвід засвідчує, що зазвичай вони не

перевищують 10 років. Так, наприклад, для СЕС в США показники коливаються в межах 10-12 років [332], Великобританії – 16-22 років [333]. Водночас середній термін окупності малих ВЕС в США становить 15 років [334], в Польщі, при їх розміщенні на ділянках з найкращим вітроенергетичним потенціалом – 13 років [335]. На нашу думку, Україні варто орієнтуватися на світовий досвід, забезпечуючи за допомогою економічних стимулів термін окупності інвестиційних проєктів різної потужності на рівні 10-13 років. Такий підхід до інвестиційної політики є цілком логічним з точки зору поступової переорієнтації державної політики на енергетичну автономію домогосподарств та зменшення фінансового тиску на кінцевих споживачів електроенергії на тлі динамічно зростаючої частки «зеленої» електроенергії в загальному енергобалансі країни та викликів військового часу.

Таким чином, можна зробити висновок, що збалансований розвиток ВЕ у житловому секторі потребує удосконалення методики розрахунку ЗТ. На нашу думку, оптимальний рівень ЗТ повинен забезпечувати строки окупності інвестиційних проєктів на рівні 10-13 років. При життєвому циклі електростанцій у 25 років такий термін окупності дозволить отримувати прибутки власникам домогосподарств від продажу надлишку або ж економії згенерованої власної електроенергії ще протягом досить тривалого періоду після досягнення точки беззбитковості. Це, з одного боку, дозволить зберегти інвестиційну привабливість сектору, а з іншого, – знизить фінансовий тягар на кінцевих споживачів електроенергії.

7.3 Методичні підходи до удосконалення методики розрахунку ЗТ для генеруючих потужностей ВЕ в секторі приватних домогосподарств

Грунтуючись на даних проведених досліджень у розділах 7.1 та 7.2, для удосконалення методики розрахунку ЗТ пропонуємо застосовувати модернізовані методичні підходи до визначення оптимального варіанта ЗТ, викладені у [336] та скориговані на специфіку житлового сектору. Отже,

оптимальний рівень ЗТ для i -ої технології ВЕ у t -му році (FIT_{opt_it}) для сектору домогосподарств доцільно обчислювати за формулою:

$$FIT_{opt_it} = LCOE_{it} \times k_{opt_it}, \quad (7.6)$$

де $LCOE_{it}$ – фіксована собівартість генерації електроенергії упродовж всього терміну служби генеруючого об'єкта, який використовує i -ту технологію ВЕ та вводиться в експлуатацію у t -му році, грн/кВт·год (розраховується за формулою (7.1));

k_{opt_it} – коефіцієнт оптимальності ЗТ для сектору приватних домогосподарств за i -ою технологією ВЕ у t -му році, що розраховується за формулою:

$$k_{opt_it} = \prod_{j=1}^n (1 + k_{itj}), \quad (7.7)$$

де k_{it} – коефіцієнт, що враховує вплив j -го фактору, який визначає економічні, соціальні, екологічні ефекти розвитку i -ої технології ВЕ в t -му році для приватних домогосподарств;

n – кількість факторів, що беруться до уваги.

До складу основних факторів впливу доцільно включити прибутковість об'єкта ВЕ, потужність електростанції та пріоритетність розвитку i -ої технології ВЕ для держави. Діапазон рекомендованих значень для k_{itj} залежно від основних факторів впливу поданий в табл. 7.6. Якщо коефіцієнт дорівнює 0, це означає, що вплив чинника, який він відображає, не враховується. Чим вищий є k_{itj} , тим більший вплив чинить відповідний фактор на величину ЗТ. Крім зазначених основних факторів, додатково можуть враховуватися інші чинники, за рахунок яких держава може коригувати кінцеві ставки ЗТ за різними технологіями ВЕ, заохочуючи або стримуючи розвиток окремих із них [337]. Такі фактори можуть включати економіко-фінансові (податкове навантаження, ризик ведення бізнесу за i -ю технологією ВЕ), екологічні (екологічний ефект розвитку i -ої технології ВЕ), соціальні (створення нових робочих місць), тощо.

Таблиця 7.6 – Діапазони рекомендованих значень k_{itj} для сектору домогосподарств залежно від базових факторів впливу (розроблено авторами)

Фактор впливу j	Рекомендований діапазон значень k_{itj} за фактором j
Прибутковість об'єкта ВЕ	0,05–0,25
Потужність об'єкта ВЕ (вищі значення для менших потужностей)	0–0,5
Пріоритетність розвитку i -ої технології ВЕ для держави	0–0,3

Перевагою запропонованого підходу є гнучкість у коригуванні ЗТ для різних технологій залежно від потреб та цілей державної політики на перспективу. ЗТ, розраховані за запропонованим методичним підходом, повинні періодично переглядатися, не рідше ніж раз на 3 роки, що обумовлено світовими тенденціями щодо зниження вартості технологій ВЕ. Крім того, як і у випадку з чинною методикою, щомісяця ЗТ повинні конвертуватися в євро з метою забезпечення власників генеруючих об'єктів від можливої інфляції.

Поряд з визначенням обґрунтованого розміру ЗТ для генеруючих потужностей домогосподарств, надзвичайно важливим є питання термінів запровадження такої державної підтримки. Вони, з одного боку, повинні бути достатніми для забезпечення окупності інвестицій, з іншого боку – гарантувати уникнення перевитрат державного бюджету. На нашу думку, такі терміни повинні на 1-2 роки перевищувати термін окупності інвестиційних проєктів за кожною групою потужності та технологією ВЕ. Це дозволить повернути основну частину інвестицій власникам генеруючих потужностей, а додаткові 1-2 роки убезпечать інвесторів від ринкових ризиків та гарантуватимуть впевненість у прибутковості розпочатих проєктів. Варто зазначити, що оновлену методику розрахунку ЗТ доцільно застосовувати лише для нових проєктів «зеленої» енергетики, щоб не підірвати довіру власників вже існуючих енергетичних потужностей. Зауважимо, що вказаний вище резерв у 1-2 роки буде достатнім за умов мирного часу та більш-менш стабільного розвитку національної економіки. В умовах війни в Україні, а отже

високого рівня невизначеності, цей часовий резерв може бути збільшено, що потребуватиме додаткових досліджень.

Стимулювання розвитку ВЕ в житловому секторі за допомогою ЗТ, розрахованого за запропонованою методикою, доцільно використовувати в перехідному періоді – від чинної моделі ЗТ до нової схеми підтримки домогосподарств, яка дозволить забезпечити подальший розвиток розподіленої генерації без державної допомоги. Одним із таких механізмів може бути net metering або net billing, які орієнтовані на покриття виключно власного споживання електроенергії та не потребують додаткових фінансових витрат з боку держави та/або інших споживачів.

ВИСНОВКИ

У звіті подано результати першого етапу виконання науково-дослідної роботи щодо нового вирішення важливої науково-практичної проблеми – удосконалення існуючих та запровадження нових економічних механізмів підвищення ЕЕ і сталого розвитку ВЕ у секторі приватних домогосподарств, які забезпечують перетворення населення України зі споживачів енергії на прос'юмерів, – в частині розроблення теоретичних основ управління розвитком ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах, а також удосконалення методичних підходів до визначення драйверів розвитку ВЕ у побутовому секторі та до розрахунку оптимального рівня ЗТ для об'єктів «зеленої» енергетики домогосподарств.

За результатами дослідження зроблено такі висновки:

1. На підставі аналізу статистичних даних виявлено, що сьогодні побутовий сектор, поряд з промисловістю, транспортом, будівництвом, є одним з найбільших енергоспоживачів України. Водночас, завдяки сучасним енергоефективним технологіям та технологіям ВЕ потенційно він може перетворитися на виробника енергії, що задовольнятиме не лише власні потреби в енергії, а й живитиме нею інші галузі національного господарства. Трансформація вітчизняних домогосподарств у прос'юмерів є актуальною з багатьох причин. Зокрема, перехід на самоенергозабезпечення на засадах «зелених» енерготехнологій та підвищення ЕЕ дозволяє досягати поставлених державою цілей з декарбонізації економіки і покращення якості довкілля; неухильно зменшувати енергоємність ВВП, яка в декілька разів перевищує аналогічні показники європейських країн; покращувати якість житлового фонду, який відзначається суттєвими непродуктивними енерговтратами; скорочувати залежність країни та її регіонів від імпорту паливно-енергетичних ресурсів; здійснити децентралізацію енергозабезпечення, яка в умовах військових дій, що відбуваються на території України, набуває критичного значення для життєзабезпечення населення, державних

органів та бізнес-об'єктів. Зазначені переваги обумовлюють необхідність трансформації підходів до управління розвитком ЕЕ та ВЕ у вітчизняному побутовому секторі, який за більш ніж 30 років незалежності так і залишився тягарем радянського минулого із застарілим житловим фондом, фізично та морально зношеною комунальною інфраструктурою та неефективною системою управління без реального власника.

У зв'язку з вищевикладеним, у звіті досліджено і систематизовано сучасні світові тенденції розвитку ВЕ та ЕЕ у домогосподарствах методами бібліометричного аналізу для виявлення напрямів ключових наукових розвідок та їх еволюційних змін, провідних країн, науковців і трендів міжнародної співпраці, що можуть створити основу для реформування енергозабезпечення побутового сектору в Україні.

2. Отримані результати свідчать, що дослідження з ЕЕ та ВЕ у домогосподарствах активно розвивалися протягом останніх 20 років та супроводжувалися значним технічним прогресом у цій сфері, як і управлінськими інноваціями. Завдяки цьому, зараз Україна має унікальний шанс використати доступні «зелені» енерготехнології, вартість яких суттєво знизилася останніми роками, для відновлення і реорганізації енергозабезпечення свого житлового сектору. Міждисциплінарний характер багатьох публікацій розширює можливості для міжнародного обміну технологіями та плідної співпраці з фахівцями з інших країн (насамперед, США, Великобританії, Китаю та Німеччини) щодо створення довгострокових національних і локальних механізмів управління розвитком ВЕ та ЕЕ на взаємовигідній основі. Найбільш цитовані праці досліджують інноваційні технології «зеленої» енергетики, економічні, соціальні і політичні інструменти щодо впровадження відновлюваних джерел енергії та енергоефективних заходів у житловому секторі, механізми боротьби з енергетичною бідністю і справедливого енергетичного переходу. Це засвідчує зростаючий інтерес суспільства до соціальних та економічних аспектів цих змін і актуальність їх впровадження в Україні.

3. З метою аналізу вітчизняного досвіду у сфері управління розвитком ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах авторами досліджено нормативно-правові засади та результати реалізації відповідної державної політики в Україні. На цій підставі і з урахуванням світового досвіду, у звіті розроблені теоретико-концептуальні і методичні засади управління ЕЕ в побутовому секторі. Зокрема, визначено сутність поняття ЕЕ, що розглядається як «efficiency» – ефективність додаткової одиниці ресурсу на отримання додаткової одиниці натурально-речового результату. У цьому контексті розроблені науково-методичні підходи до оцінювання ЕЕ домогосподарств, що охоплюють термодинамічні (технічні), фізичні та фізико-термодинамічні показники енергозбереження/енерговикористання, які ґрунтуються на уніфікованому і загальноприйнятому методі оцінки економічної ефективності за принципом «результат/витрати». Такий підхід усуває існуючі протиріччя визначення показників ЕЕ на всіх рівнях соціально-економічних систем, тому пропонується нормативно закріпити трактування ЕЕ (ефективність додаткової одиниці ресурсу на отримання додаткової одиниці натурально-речового результату) як окрему дефініцію в Законі України «Про енергоефективність будівель».

4. Встановлено, що дотепер в Україні не існує єдиного нормативного документа, який би прямо визначав принципи державної політики стосовно розвитку ЕЕ в житловому секторі. У зв'язку з цим у звіті розроблено підходи до систематизації принципів та інструментів реалізації політики ЕЕ («ЕЕ насамперед» (EE1st), декарбонізації, комфортності та безпеки, фінансової доступності, врахування життєвого циклу будівель, цифрової трансформації, врахування історичної цінності та архітектурної естетики), що враховують специфіку енергоспоживання у домогосподарствах, напрямки просторового розвитку населених пунктів та умови їх енергопостачання, структуру енергогенерації. Обґрунтовано доцільність формулювання таких принципів як окремої статті Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». Крім того, пропонується доповнити Енергетичну стратегію України на період до

2050 року розділом про принципи розвитку централізованого теплопостачання населених пунктів на засадах створення локальних енергетичних агрегаторів.

5. На підставі сформованих теоретичних засад управління ЕЕ та вивчення результатів реалізації державних програм з підвищення ЕЕ в домогосподарствах України («теплих» кредитів, «Віднови дім», «Енергодім») розроблено такі напрями вдосконалення державної політики в побутовому секторі: надання інформаційної підтримки населенню щодо доступних технологій, фінансових пільг, кредитних програм, дотацій або субсидій для застосування інноваційних енергоефективних технологій та матеріалів; зменшення частки енергомістких приладів, підключених до домашніх мереж, шляхом проведення освітніх кампаній; розширення спектру заходів з економічного стимулювання ЕЕ (запровадження системи компенсацій за встановлення таймерів на електробойлери, сонячних панелей з гібридним інвертором для власного споживання, теплових насосів на потреби опалення та гарячого водопостачання, утеплення будинків з електроопаленням, встановлення систем погодного регулювання роботи систем опалення).

6. Проведений у звіті аналіз державної політики у сфері ВЕ українських домогосподарств виявив, що запровадження ЗТ сприяло розбудові «зелених» мікрогенеруючих енергопотужностей. Однак, така політика мала негативні побічні ефекти. Високі ставки ЗТ, застосовані для СЕС домогосподарств, спонукають останніх до максимізації відпуску в мережу дорогої електроенергії, згенерованої фотоелектричними установками, з метою отримання прибутку, у той час, як основна мета державної політики – забезпечення енергетичної автономії населення – набула другорядного значення. Разом з тим, через різницю ЗТ для СЕС і ВЕС домогосподарства надають перевагу реалізації інвестиційних проєктів СЕС, тому вітроенергетика в побутовому секторі практично не розвивається.

Подальший збалансований розвиток ВЕ в побутовому секторі вимагає суттєвого удосконалення енергетичної політики. Вагомими напрямами в короткостроковій перспективі є економічне обґрунтування ставок ЗТ для різ-

них технологій ВЕ та розробка програм доступного кредитування проєктів ВЕ в житловому секторі. У середньостроковій та довгостроковій перспективах – стимулювання розвитку вітчизняного виробництва обладнання та комплектуючих для сектору ВЕ, запровадження гарантій походження електроенергії з ВДЕ та розробки концептуальних основ для ефективного функціонування net metering/net billing scheme в Україні.

7. Оскільки енергетика України зазнала значних втрат у сферах енергогенерації і передачі електроенергії внаслідок повномасштабного вторгнення Російської Федерації у 2022 році та військових дій, що тривають дотепер, децентралізація виробництва електроенергії у житловому секторі з використанням сучасних технологій, як відзначалося вище, стає нагальною необхідністю, яка відповідає європейському енергетичному та кліматичному законодавству. У зв'язку з цим, у звіті оцінено роль домогосподарств у Четвертому енергетичному пакеті ЄС, який надає нові можливості різним видам енерговиробників малої потужності, включаючи відновлювані джерела, та підтримує участь громадян як співвласників у процесі енергетичної трансформації і залучення приватного капіталу.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовано, що Україна, маючи можливість стати кандидатом на вступ до ЄС, повинна активно впроваджувати його енергетичне законодавство. Четвертий енергетичний пакет визначає концепції активного споживача, споживача відновлювальної енергії для власного споживання, громадянських та енергетичних спільнот з відновлювальних джерел енергії, а також незалежних агрегаторів. Хоча Україна має досвід у розвитку ВЕ, наразі в її законодавстві відсутнє поняття енергетичних спільнот з відновлюваних джерел енергії. Для вирішення цієї проблеми у звіті удосконалено підходи до визначення організаційно-правових форм залучення домогосподарств до електрогенерації та самоспоживання в рамках Четвертого енергетичного пакету ЄС, що дозволило сформулювати рекомендації з вдосконалення вітчизняного законодавства. Крім того, запропоновано підходи до обґрунтування економічної доцільності переходу на нову схему державної

підтримки (net-billing) для домогосподарств, які виробляють «зелену» електроенергію за ЗТ, при цьому враховано вимогу щодо встановлення батарей для підтримання безперебійного електроживлення протягом щонайменше 4 годин, що є надзвичайно актуальним під час воєнного стану.

8. З метою оцінювання впливу «зелених» енерготрансформацій побутового сектору на показники декарбонізації країни та регіонального розвитку, а також стимулювання енергетичного переходу, у звіті удосконалено методичні підходи до визначення факторів-стимуляторів і дестимуляторів підвищення ЕЕ та ключових драйверів ВЕ в домогосподарствах методами економіко-математичного моделювання, а саме використано економетричні підходи оцінювання випадкових ефектів узагальненого методу найменших квадратів для панельної вибірки. Для обґрунтування специфікаційної форми регресії було використано тест множника Брейша та Лагранжа для вибору між методом випадкових ефектів і регресією OLS (результати були на користь методу випадкових ефектів), а також тест Хаусмана для вибору між методом випадкових ефектів і методом випадкових ефектів (результати були на користь методу випадкових ефектів), що дозволило врахувати регіональні ефекти у вигляді фіктивних (бінарних) змінних для оцінки географічних чи специфічних соціально-економічних ефектів.

Для оцінювання екологічної ефективності домогосподарств з подальшим формуванням рекомендацій на регіональному рівні зі стимулювання «зелених» енерготрансформацій було проведено економіко-математичне моделювання щодо оцінювання ефекту бумерангу від кліматичної/екологічної ефективності відновлюваних джерел енергії. За результатами моделювання встановлено, що ВЕ є драйвером зростання ЕЕ із покращенням екологічної ситуації у регіонах, де відповідні технології запроваджуються. Доведено, що ВЕ не несе у собі довгострокових викликів для якості довкілля, а просування «зеленої» енергії односпрямовано впливає на парникові гази, знижуючи їх загальні показники як на душу населення, та і на одиницю ВВП.

На основі стохастичного моделювання панельних даних (головною залежною змінною було прийнято обсяг «зеленої» енергогенерації в домогосподарствах) авторами визначено ключові драйвери розвитку ВЕ в побутовому секторі, до яких належать: енергоспоживання та дохід домогосподарства (прийнято як апроксимовану змінну ВВП на душу населення за відсутності даних щодо розміру доходів кожного окремого домогосподарства), розмір ЗТ, ставка за банківським кредитом для домогосподарства, освіта голови домогосподарства, валове накопичення капіталу, підписка на мобільний стільниковий зв'язок, регіональні фактори. Обґрунтовано, що зростання технологічної ефективності ВЕ у поєднанні із зниженням вартості генерування одиниці енергії є очікуваним драйвером просування даних технологій у побутовому секторі. Цифрові трансформації також мають позитивний вплив на просування ВЕ серед населення, тоді як апроксимований показник доходів домогосподарств виявився статистично значущим для моделі ЕЕ (забруднювачів повітря і парникових газів).

9. У звіті обґрунтовано, що на ранніх етапах децентралізації ринку електроенергії, які накладаються на технологічний розвиток електричних мереж у бік «розумних» мереж і співвідносяться з початковими етапами відкриття ринку, як це має місце в Україні, розвиток прос'юмеризму базується на стимулах до реалізації окремих проєктів. З цих позицій авторами удосконалено методичні підходи до визначення економічних драйверів перетворення домогосподарств на прос'юмерів з урахуванням впливу негативних екстерналій розширення частки прос'юмерів в електробалансі. Визначено, що роль державного регулювання полягає у посиленні таких стимулів і зменшенні обмежень: ринкових бар'єрів, інституційних витрат, бар'єрів для трансферу технологій. Оцінку достатності стимулів (сукупна ефективність прос'юмера) запропоновано здійснювати комплексно із визначенням порівняльної ефективності з боку споживання та абсолютної ефективності з боку виробництва з урахуванням інституційних, технологічних та фінансових бар'єрів.

10. Встановлено, що можливість зниження вартості власного споживання електроенергії має першорядне значення для сприяння розвитку прос'юмеризму. Поступовий рух від фіксованих тарифів для домогосподарств до ринкових цін стимулює як появу нових прос'юмерів, так і їхню консолідацію на ринку як нового стейкхолдера. Виявлено, що стимули віддавати більшу частку в мережу, ніж споживати, збільшуються із високими граничними цінами на ринку «на добу наперед», але дещо зменшуються в разі підвищення тарифу для домогосподарств до ринкового рівня. Тому перехід від ЗТ до net-billing здатний суттєво стимулювати розвиток прос'юмерів лише за умови високих верхніх цінових стель або їх відсутності.

У звіті обґрунтовано, що для подолання технологічних, економічних та фінансових перешкод має бути впроваджена відповідно адаптована політика державної підтримки: здешевлення вартості обладнання для об'єктів ВЕ, спрощення ліцензійних вимог, механізми пільгового фінансування. Регуляторна політика, найефективнішим інструментом якої є ЗТ, для сприяння прос'юмерам має зосередитися на підтримці створення нових агентів ринку – агрегаторів і розробників, які також супроводжують розвиток прос'юмерів.

11. Авторами доведено, що регіональні відмінності у темпах становлення прос'юмерів виникають не через міжрегіональні відмінності у розподілі кліматичних ресурсів (як щодо локалізації великої енергетики з відновлюваних енергоджерел), а через відмінні рівні соціально-економічного розвитку регіонів, а також через різний технічний стан і особливості географічного розміщення об'єктів енергетичної інфраструктури. У зв'язку з цим у звіті розроблені рекомендації для стимулювання регіональних «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів, що полягають у застосуванні регуляторної політики диференційовано з урахуванням двох факторів: енергетичної бідності та енергетичної доступності.

12. Як відзначалося вище, прорахунки державної політики у сфері ВЕ обумовлюють необхідність коригування чинних ставок ЗТ, оскільки вони не здатні забезпечити збалансований розвиток технологій «зеленої» енергетики в

житловому секторі. На підставі проведеного аналізу авторами встановлено, що у той час, як ЗТ не забезпечує окупність домашніх СЕС потужністю 5 кВт та ВЕС потужністю включно до 10 кВт, він гарантує досить швидку окупність проектам сонячної енергетики потужністю 30-50 кВт. Враховуючи, що 5-10-кВт-ні електростанції найкраще відповідають енергетичним потребам домогосподарств, чинні ЗТ продовжують стимулювати отримання прибутків їх власниками від реалізації надлишків електроенергії в мережу.

З метою вирішення зазначеної проблеми у звіті запропонований методичний підхід до удосконалення розрахунку ставок ЗТ для домашніх СЕС та ВЕС, що ґрунтується на оцінюванні фіксованої собівартості генерації «зеленої» електроенергії та факторів впливу, які визначають економічні, соціальні, екологічні ефекти розвитку відповідної технології ВЕ. Базові чинники включають прибутковість об'єкта ВЕ, його встановлену потужність, структуру інвестиційних витрат за проектом та пріоритетність розвитку відповідної технології ВЕ для держави. Ці чинники за потреби можуть бути доповнені додатковими (рівень податкового навантаження, екологічний ефект тощо) залежно від цілей державної політики. Крім того, обґрунтовано терміни державної підтримки проектів ВЕ за ЗТ у домогосподарствах, що дозволяє оптимізувати тривалість використання даного інструменту та запобігти перевитратам державного бюджету.

Підсумовуючи, зазначимо, що у даному звіті подані результати досліджень щодо розроблення теоретико-концептуальних та методичних засад управління розвитком ЕЕ та ВЕ у побутовому секторі, удосконалення підходів до визначення детермінант розбудови ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах, а також методичних підходів до розрахунку оптимального рівня ЗТ та термінів його державної підтримки для об'єктів «зеленої» енергетики населення. Представлені авторські напрацювання є основою для подальшого розроблення схем підтримки розвитку гібридних та автономних генеруючих потужностей ВЕ в житловому секторі, формування методичних підходів до вибору енергостратегій домогосподарств та до інвестування ними в

енергоефективні та «зелені» енерготехнології у побутовому секторі з метою розвитку прос'юмеризму, що будуть виконані в рамках наступного етапу науково-дослідної роботи «Розроблення економічних механізмів підвищення енергоефективності та сталого розвитку відновлюваної енергетики у домогосподарствах України».

Отримані результати поточного етапу роботи мають теоретичну і практичну цінність в умовах сучасних технічних, економічних та військових викликів для енергосистеми України. Результати звіту використовуються у навчальному процесі закладу вищої освіти та можуть бути застосовані органами державної влади для удосконалення чинного законодавства у сфері управління ЕЕ і розвитком ВЕ в побутовому секторі, а також громадськими організаціями, що опікуються питаннями ЕЕ та ВЕ. Основні результати досліджень за першим етапом науково-дослідної роботи опубліковані у працях [7; 39; 54; 58; 107; 126; 127; 128; 135; 169; 191; 208; 227; 236; 239; 282; 292; 297; 313; 337].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (дата звернення: 18.10.2023).
2. Державна підтримка енергозбереження - програма "теплих кредитів". ДАЕЕ, 2023. URL: <https://saee.gov.ua/uk/consumers/tepli-kredyty> (дата звернення: 18.10.2023).
3. Програма «Віднови дім». Фонд енергоефективності, 2023. URL: <https://sites.google.com/view/programa-vidnovidim-ukr> (дата звернення: 28.10.2023).
4. Sotnyk I., Kurbatova T., Blumberga A., Kubatko O., Prokopenko O. Solar business prosumers in Ukraine: Should we wait for them to appear? Energy Policy. 2023. No. 178. P. 113585. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113585>
5. The SciVal database, 2023. URL: www.scival.com (accessed: 12.06.2023).
6. The Scopus database, 2023. URL: www.scopus.com (accessed: 12.06.2023).
7. Sotnyk I., Kurbatova T., Trypolska G., Sokhan I., Koshel V. Research trends on development of energy efficiency and renewable energy in households: A bibliometric analysis. Environmental Economics. 2023. Vol. 14(2). P. 13-27. doi:10.21511/ee.14(2).2023.02.
8. Sovacool B.K., Furszyfer Del Rio D.D. Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020. No. 148. P. 111277. DOI 10.1016/j.rser.2019.109663.
9. Wilson C., Hargreaves T., Hauxwell-Baldwin R. Benefits and risks of smart home technologies. Energy Policy. 2017. No. 103. P. 72-83. DOI 10.1016/j.enpol.2016.12.047.

10. Trotta, G. Factors affecting energy-saving behaviours and energy efficiency investments in British households. *Energy Policy*. 2018. No. 114. P. 529-539. DOI 10.1016/j.enpol.2017.12.042.
11. Chen C.-F., Xu X., Arpan L. Between the technology acceptance model and sustainable energy technology acceptance model: Investigating smart meter acceptance in the United States. *Energy Research and Social Science*. 2017. No. 25. P. 93-104. DOI 10.1016/j.erss.2016.12.011.
12. Andor M.A., Fels K.M. Behavioral economics and energy conservation – a systematic review of non-rice interventions and their causal effects. *Ecological Economics*. 2018. No. 148. P. 178-210. DOI 10.1016/j.ecolecon.2018.01.018.
13. Bastida L., Cohen J.J., Kollmann A., Moya A., Reichl J. Exploring the role of ICT on household behavioural energy efficiency to mitigate global warming. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. No. 103. P. 455-462. DOI 10.1016/j.rser.2019.01.004.
14. Paone A., Bacher J.-P. The impact of building occupant behavior on energy efficiency and methods to influence it: A review of the state of the art. *Energies*. 2018. No. 4. P. 953. DOI 10.3390/en11040953.
15. Sardianos C., Varlamis I., Chronis C., Dimitrakopoulos G., Alsalemi A., Himeur Y., Bensaali F., Amira A. The emergence of explainability of intelligent systems: Delivering explainable and personalized recommendations for energy efficiency. *International Journal of Intelligent Systems*, 2021. No. 36 (2). P. 656–680. DOI 10.1002/int.22314.
16. Casado-Mansilla D., Moschos I., Kamara-Esteban O., Tsolakis Apostolos C., Borges Cruz E., Krinidis S., Irizar-Arrieta A., Konstantinos K., Pijoan A., Tzovaras D., Lopez-De-Ipina D. A human-centric context-aware IOT framework for enhancing energy efficiency in buildings of public use. *IEEE Access*. 2018. No. 6. P. 31444-31456. DOI 10.1109/ACCESS.2018.2837141.
17. Eon C., Morrison G.M., Byrne J. The influence of design and everyday practices on individual heating and cooling behaviour in residential homes. *Energy Efficiency*. 2018. No. 11(2). P. 273-293. DOI 10.1007/s12053-017-9563-y.

18. Daniel M., Rivière G., Couture N. Cairnform: A shape-changing ring chart notifying renewable energy availability in peripheral locations. *TEI 2019 - Proceedings of the 13th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*. 2019. No. 146090. P. 275–286. DOI 10.1145/3294109.3295634.
19. Jensen C.L., Goggins G., Fahy F., Grealis E., Vadovics E., Genus A., Rau H. Towards a practice-theoretical classification of sustainable energy consumption initiatives: Insights from social scientific energy research in 30 European countries. *Energy Research and Social Science*. 2018. No. 45. P. 297-306. DOI 10.1016/j.erss.2018.06.025.
20. Milchram C., Hillerbrand R., van de Kaa G., Doorn N., Künneke R. Energy justice and smart grid systems: evidence from the Netherlands and the United Kingdom. *Applied Energy*. 2018. No. 229. P. 1244–1259. DOI 10.1016/j.apenergy.2018.08.053.
21. Mills B., Schleich J. Residential energy-efficient technology adoption, energy conservation, knowledge, and attitudes: An analysis of European countries. *Energy Policy*. 2012. No. 49. P. 616–628. DOI 10.1016/j.enpol.2012.07.008.
22. Mills B., Schleich J. What's driving energy efficient appliance label awareness and purchase propensity? *Energy Policy*. 2010. No. 38(2). P. 814–825. DOI 10.1016/j.enpol.2009.10.028.
23. Hong S.H., Gilbertson J., Oreszczyn T., Green G., Ridley I. A field study of thermal comfort in low-income dwellings in England before and after energy efficient refurbishment. *Building and Environment*. 2009. No. 44(6). P. 1228–1236. DOI 10.1016/j.buildenv.2008.09.003.
24. Hong S.H., Oreszczyn T., Ridley I. The impact of energy efficient refurbishment on the space heating fuel consumption in English dwellings. *Energy and Buildings*. 2006. No. 38(10). P. 1171–1181. DOI 10.1016/j.enbuild.2006.01.007.

25. Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., Choudhury I.A. Theory of energy efficiency standards and labels. *Energy Conversion and Management*. 2002. No. 43(6). P. 743–761. DOI 10.1016/S0196-8904(01)00073-5.
26. Hassan Q. Evaluation and optimization of off-grid and on-grid photovoltaic power system for typical household electrification. *Renewable Energy*. 2021. No. 164. P. 375–390. DOI 10.1016/j.renene.2020.09.008.
27. Strielkowski W., Volkova E., Pushkareva L., Streimikiene D. Innovative policies for energy efficiency and the use of renewables in households. *Energies*. 2019. No. 12(7). P. 1392. DOI 10.3390/en12071392.
28. Kim J.-H., Kim S.-Y., Yoo S.-H. Public acceptance of the renewable energy 3020 plan: Evidence from a contingent valuation study in South Korea. *Sustainability (Switzerland)*. 2020. No. 12(8). P. 3151. DOI 10.3390/SU12083151.
29. Streimikiene D., Kyriakopoulos G.L., Lekavicius V., Siksnylyte-Butkiene I. Energy poverty and low carbon just energy transition: Comparative study in Lithuania and Greece. *Social Indicators Research*. 2021. No. 158(1). P. 319–371. DOI 10.1007/s11205-021-02685-9.
30. Babatunde O.M., Munda J.L., Hamam Y. Selection of a hybrid renewable energy systems for a low-income household. *Sustainability (Switzerland)*. 2019. No. 11(16). P. 4282. DOI 10.3390/su11164282.
31. The Web of Science Core Collection database, 2023. URL: www.webofscience.com (accessed: 19.09.2023).
32. Chen S. Q., Chen B. Energy efficiency and sustainability of complex biogas systems: A 3-level energetic evaluation. *Applied Energy*. 2014. No. 115. P. 151-163. DOI 10.1016/j.apenergy.2013.10.053.
33. Schmitz A., Stamminger R. Usage behaviour and related energy consumption of European consumers for washing and drying. *Energy Efficiency*. 2014. No. 7 (6). P. 937-954. DOI 10.1007/s12053-014-9268-4.
34. Yilmaz S., Chambers J., Patel M. K. Comparison of clustering approaches for domestic electricity load profile characterisation - Implications for demand side

management. *Energy*. 2019. No. 180. P. 665-677. DOI 10.1016/j.energy.2019.05.124.

35. Laicane I., Blumberga D., Blumberga A., Rosa M. Evaluation of household electricity savings. Analysis of household electricity demand profile and user activities. *International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies (CONNECT 2014)*. 2015. No. 72. P. 285-292. DOI 10.1016/j.egypro.2015.06.041.

36. Erdinc O., Paterakis N. G., Mendes T. D. P., Bakirtzis A. G., Catalao J. P. S. Smart household operation considering bi-directional EV and ESS utilization by real-time pricing-based DR. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2015. No. 6 (3). P. 1281-1291. DOI 10.1109/TSG.2014.2352650.

37. Luo F. J., Dong Z. Y., Xu Z., Kong, W. C., Wang F. Distributed residential energy resource scheduling with renewable uncertainties. *IET Generation Transmission & Distribution*. 2018. No. 12 (11). P. 2770-2777. DOI 10.1049/iet-gtd.2017.1136.

38. Roberts M. B., Bruce A., MacGill I. A comparison of arrangements for increasing self-consumption and maximising the value of distributed photovoltaics on apartment buildings. *Solar Energy*. 2019. No. 193. P. 372-386. DOI 10.1016/j.solener.2019.09.067.

39. Sotnyk I., Kurbatova T., Kubatko O., Prokopenko O., Jarvis M. Managing energy efficiency and renewable energy in the residential sector: A bibliometric study. *Problems and Perspectives in Management*. 2023. No. 21(3). P. 511-527. doi:10.21511/ppm.21(3).2023.41.

40. Onyshchenko V.O., Zavora T.M., Filonych O.M. The sociological measuring in the implementation of measures of energy efficiency and energy conservation of housing facilities. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. No. 6. P. 131–138. DOI 10.29202/nvngu/2018/18.

41. Li Rui, Xin Ying, Sotnyk I., Kubatko O., Almashaqbeh I., Fedyna S., Prokopenko O. Energy poverty and energy efficiency in emerging economies.

International Journal of Environment and Pollution (IJEP). 2022. No. 69. P. 1/2.
<https://doi.org/10.1504/IJEP.2021.125188>.

42. Sotnyk I., Kurbatova T., Kubatko O., Prokopenko O., Prause G., Kovalenko Y., Trypolska G., Pysmenna U. Energy security assessment of emerging economies under global and local challenges. *Energies*. 2021. No. 14(18). P. 5860.
<https://doi.org/10.3390/en14185860>.

43. Kurbatova T., Sotnyk I., Kubatko O., Baranchenko Ye., Arakpogun E., Roubik H. State support policy for renewable energy development in emerging economies: the case of Ukraine. *International Journal of Global Energy Issues (IJGENVI)*. 2020. No. 19 (1/2/3). DOI: 10.1504.

44. Kostyrko R., Kosova T., Kostyrko L., Zaitseva L., Melnychenko O. Ukrainian market of electrical energy: Reforming, financing, innovative investment, efficiency analysis, and audit. *Energies*. 2021. No. 14(16). P. 5080. DOI 10.3390/en14165080.

45. Sotnyk I., Kurbatova T., Romaniuk Y., Prokopenko O., Gonchar V., Sayenko Y., Prause G., Sapiński A. Determining the optimal directions of investment in regional renewable energy development. *Energies*. 2022. No. 15. P. 3646. <https://doi.org/10.3390/en15103646>.

46. Sala D., Bashynska I., Pavlova O., Pavlov K., Chorna N., Chorny R. Investment and innovation activity of renewable energy sources in the electric power industry in the south-eastern region of Ukraine. *Energies*. 2023. No. 16(5). P. 2363. DOI 10.3390/en16052363.

47. Kulapin O., Ivakhnov A., Danylchenko D., Fedorchuk S., Hrytsenko V., Stanislav D. Prospects of using prosumers to analyze the potential of demand management. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 - Conference Proceedings, 2022. P. 183771. DOI 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916321.

48. Муніципальна енергетична реформа в Україні: Моделювання та стратегічне планування низьковуглецевого розвитку: звіт з науково-дослідної роботи. НАН України, ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН

України». Київ, 2015. 45 с. URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD9R.pdf (дата звернення: 12.09.2023).

49. Про впровадження систем енергетичного менеджменту: постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2021 р. № 1460. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1460-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

50. Кочешкова І.М. Енергетична бідність в країнах ЄС та Україні. Вісник економічної науки України. 2019. №2 (37). С. 48-55. URL: <http://www.venu-journal.org/download/2019/2/08-Kocheshkova.pdf> (дата звернення: 12.09.2023).

51. Актуалізація факторів енергетичної бідності, що зумовлені наслідками збройної агресії проти України. Національний інститут стратегічних досліджень, 2023. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/aktualizatsiya-faktoriv-enerhetychnoyi-bidnosti-shcho-zumovleni-naslidkamy> (дата звернення: 12.09.2023).

52. Показники енергоефективності. Статистичні дані. Держенергоефективності, 2020. URL: https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency-indicators?fbclid=IwAR0N5AC2mFZQSZWdUX9omVMOh8tKma4UoxBifAkeU2SG_HYLEqnYtMUOt5A (дата звернення: 12.09.2023).

53. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства: закон України № 2787-VI від 15.12.2010 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2787-17#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

54. Сотник М.І., Теліженко О.М. Порівняльний техніко-економічний аналіз комбінованого децентралізованого теплозабезпечення домогосподарств. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки» (за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «Science in motion: classic and modern tools and methods in scientific investigations», 9 червня 2023 року, ГО «Європейська наукова платформа» (Вінниця, Україна) та ТОВ «International Centre Corporate Management» (Відень, Австрія)). 2023.

№ 28. С. 38-41. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/09.06.2023/16> (дата звернення: 20.10.2023).

55. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions REPowerEU Plan. Document 52022DC0230. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483> (accessed: 23.09.2023).

56. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions «EU Save Energy». Document 52022DC0240. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A240%3AFIN&qid=1653033053936> (accessed: 23.09.2023).

57. Бізониц Д.В. Європейський досвід державного управління енергоефективністю та енергозбереженням у житлово-комунальному господарстві: уроки для сучасної України. Економіка, управління та адміністрування. 2021. № 1(95). С. 53-61. URL: <http://ema.ztu.edu.ua/article/view/228938> (дата звернення: 12.09.2023).

58. Теліженко О.М., Курбатова Т.О., Прокопенко О.В. Управління енергоефективністю домогосподарств: проблеми і принципи оцінювання. Ефективна економіка. 2023. № 9. <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.9.6>.

59. Аристотель. Метафізика. Київ: Вид-во «Темпора», 2022. 848 с.

60. Основні формально-логічні закони та метод формалізації. URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=397131&chapterid=141692> (дата звернення: 12.09.2023).

61. Класифікація законів, використання в економічних дослідженнях. URL: <https://referatss.com.ua/work/klasifikacija-zakoniv-vikoristannja-v-ekonomichnih-doslidzhennjah/> (дата звернення: 12.09.2023).

62. Бицюра Л.О. Формування стратегії енергоефективності на підприємстві: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. Тернопіль, 2021. 20 с.

63. Зябіна Є.А. Детермінанти підвищення енергетичної ефективності: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03. Суми, 2021. 21 с.
64. Щербініна С.А. Організаційно-економічні засади забезпечення енергоефективності житлового сектора України: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03. Полтава, 2020. 22 с.
65. Дегтярьова О.О. Енергетичний контролінг в обґрунтуванні енергоефективних управлінських рішень: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. Одеса, 2021. 37 с.
66. Бондар-Підгурська О.В. Науково-методичні підходи до оцінки енергоефективності як фактора конкурентоспроможності промислової продукції в інноваційній моделі розвитку України. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. 2012. Вип. 22, ч. II. С. 75-83.
67. Джеджула В.В. Методичні підходи до оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Економічні науки». 2013. №2. С. 11-15.
68. Яровенко Т.С., Шевцова О.Й. Економічні проблеми енергозбереження та енергоефективності на підприємствах. Ефективна економіка. 2018. № 7. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=7237> (дата звернення: 12.09.2023).
69. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Кузьміна Ю.С., Оцінювання енергетичних показників для нових житлових будівель в Україні з урахуванням соціальних аспектів. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. №1. С. 29-37.
70. Дашко І.М., Крилов Д.В. Енергоефективність: проблеми оцінки та наявний стан. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2021. №3. С. 108-112.
71. Busaeri N., Giriantari I.A.D., Ariastina W.G., Swamardika I.B.A. Energy management strategy in campus towards a green campus through promoting carbon

footprint and energy efficiency index improving. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2021. Vol. 11, Is. 4. P. 374-382.

72. Definition of data and energy efficiency indicators in ODYSSEE database: Energy efficiency indicators definition. ODYSSEE-MURE. 2020. 46 p. URL: <https://www.odyssee-mure.eu/private/definition-indicators.pdf> (accessed: 23.09.2023).

73. Energy efficiency indicators: fundamentals on statistics. OECD/IEA, 2014. 385 p. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/6862080c-8614-494e-a8aa-52c3c0d4291b/IEA_EnergyEfficiencyIndicatorsFundamentalsonStatistics.pdf (accessed: 23.09.2023).

74. Vijayamohanan Pillai N., Narayanan A.M. Energy efficiency indicators: estimation methods. MPRA, 2019. Paper № 97744. URL: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/97744/> (accessed: 23.09.2023).

75. Klemm Ch., Wiese F. Indicators for the optimization of sustainable urban energy systems based on energy system modeling. *Energy, Sustainability and Society*. 2022. Vol. 12, Is. 1. URL: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-021-00323-3> (accessed: 23.09.2023).

76. Energy efficiency indicators database. IEA, 2023. 125 p. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-efficiency-indicators#complete-database> (accessed: 23.09.2023).

77. Chen K.-H., Cheng J.-C., Lee J.-M., Li L.-Y., Peng S.-Y. Energy efficiency: indicator, estimation, and a new idea. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(12). P. 4944. <https://doi.org/10.3390/su12124944>.

78. Mandel T., Pató Z., Broc J.-S., Eichhammer W. Conceptualising the energy efficiency first principle: insights from theory and practice. *Energy Efficiency*. 2022. Vol. 15, Is. 6. DOI:10.1007/s12053-022-10053-w.

79. Kuhne S., Scheller F., Kondziella H., Reichelt D.-G., Bruckner T. Decision support system for municipal energy utilities: approach, architecture, and implementation. *Chemical Engineering & Technology*. 2019. Vol. 42. Is. 9. P. 1914-1922. <https://doi.org/10.1002/ceat.201800665>.

80. Moret S., Babonneau F., Bierlaire M., Marechal F. Decision support for strategic energy planning: A robust optimization framework. *European Journal of Operational Research*. 2020. Vol. 280. Is. 2. P. 539-554. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.06.015>.

81. Poggi F., Firmino A., Amado M. Assessing energy performances: A step toward energy efficiency at the municipal level. *Sustainable Cities and Society*. 2017. Vol. 33. P. 57-69. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.014>.

82. Thejan Rangathan. Decision support systems for energy efficiency in buildings: a review of existing models and its potentials. Stockholm, 2020. 31 p. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1415051/FULLTEXT01.pdf> (accessed: 23.09.2023).

83. Про енергетичну ефективність: закон України № 3220-IX від 30.06.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

84. Про енергетичну ефективність будівель: закон України № 2118-VIII від 03.08.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-viii#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

85. Методика визначення енергетичної ефективності будівель: затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 169. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#n14> (дата звернення: 12.09.2023).

86. Директива 2012/27/EU Європейського парламенту та Ради від 25.10.2012 р. про енергоефективність, яка змінює Директиви 2009/125/EC та 2010/30/EU і скасовує Директиви 2004/8/EC та 2006/32/EC. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=69761. (дата звернення: 12.09.2023).

87. Директива Європейського парламенту і Ради 2010/31/EC від 19.05.2010 р. про енергетичні характеристики будівель (нов. ред.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text (дата звернення: 12.09.2023).

88. Директива Європейського парламенту і Ради 2006/32/ЄС від 5.04.2006 р. про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги, а також про скасування Директиви Ради 93/76/ЄЕС. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54005 (дата звернення: 12.09.2023).

89. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf. (дата звернення: 12.09.2023).

90. Schwarz L. Efficiency vs. effectiveness: what's the difference? URL: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/financial-management/business-efficiency-vs-effectiveness.shtml#:~:text=Efficiency%20is%20all%20about%20reducing,to%20an%20increase%20in%20efficiency> (accessed: 23.09.2023).

91. Zane M. Efficiency vs. effectiveness: what's the difference? (with examples). URL: <https://www.zippia.com/advice/efficiency-vs-effectiveness/> (accessed: 23.09.2023).

92. Літвінова В.О. Економічна ефективність: сутність та форми. Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. 2014. № 2. С. 43-45.

93. Drucker P.F. The effective executive: the definitive guide to getting the right things done. Harper Business. 2006. 208 p.

94. Перерва П.Г., Кравчук А.В. Ефективність як економічна категорія. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (економічні науки). 2018. № 15 (1291). С. 137-143.

95. Murray G. Patterson. What is energy efficiency? Energy Policy. 1996. Vol. 24. Is. 5. P. 377-390.

96. Sathaye J., Price L., McNeil M. Energy efficiency indicators. Methodology booklet. Ernest Orlando Lawrence. Berkeley national laboratory. 2010. 70 p. <https://doi.org/10.2172/985845>.

97. Методика для оцінки обсягів кінцевого споживання енергії домогосподарствами за цілями призначення методами математичного моделювання: затверджена наказом Державної служби статистики України від

29.12.2018 р. № 29500 (зі змінами, затвердженими наказом Державної служби статистики України від 30.12.2022 р. № 453). URL: https://ukrstat.gov.ua/metod_polog/metod_doc/2018/295/m_ose_dg.pdf (дата звернення: 12.09.2023).

98. ДСТУ 2155-93 «Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню». URL: <http://kk.nau.edu.ua/article/1356>. (дата звернення: 12.09.2023).

99. Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj> (accessed: 2.09.2023).

100. Commission Recommendation (EU) 2021/1749 of 28 September 2021 on Energy Efficiency First: from principles to practice - Guidelines and examples for its implementation in decision-making in the energy sector and beyond C/2021/7014. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021H1749&qid=1643799901520> (accessed: 22.09.2023).

101. Про внесення змін до деяких законів України щодо усунення бар'єрів для масштабної термомодернізації будівель: закон України № 2392-від 09.07.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2392-20#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

102. Загарбники зруйнували або пошкодили в Україні 116 тис. житлових будинків. Укрінформ, 2023. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3507870-zagarbniki-zrujnuvali-abo-poskodili-v-ukraini-116-tisac-zitlovih-budinkiv.html> (дата звернення: 12.09.2023).

103. Про Фонд енергоефективності: закон України № 2095-VIII від 03.08.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19> (дата звернення: 12.09.2023).

104. Про підписання Угоди про фінансування заходу «Програма підтримки енергоефективності в Україні – EE4U: розпорядження Кабінету Міністрів України від 04.04.2018 р. № 242-р. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/242-2018-%D1%80#Text>. (дата звернення: 12.09.2023).

105. Про підписання Угоди про фінансування заходу «Програма підтримки енергоефективності в Україні – EE4U-II: розпорядження Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 р. № 986-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/986-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 13.09.2023).

106. Зміни у Програмі «Енергодім»: авансування, зменшення власного внеску, розширений перелік заходів, спрощення умов. Фонд енергоефективності, 2023. URL: <https://eefund.org.ua/zmini-u-programi-energodim-avansuvannya-zmenschennya-vlasnogo-vnesku-rozshireniy-perelik-zakhodiv> (дата звернення: 12.09.2023).

107. Сотник М.І., Теліженко О.М. Ефективність системи моніторингу та регулювання теплопостачання групи будівель. The process and dynamics of the scientific path: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IV International Scientific and Theoretical Conference, June 16, 2023. Athens, Hellenic Republic: European Scientific Platform. ISBN 979-8-88955-775-3. С. 13-16. <https://doi.org/10.36074/scientia-16.06.2023>.

108. Про схвалення Стратегії енергетичної безпеки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 4.08.2021 р. № 907-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/907-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 22.09.2023).

109. Перелік державних цільових програм, які виконуються в межах бюджетної програми у 2023 році. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/pubFile/1473871> (дата звернення: 12.09.2023).

110. Про затвердження Державної цільової економічної програми енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2021 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 01.03.2010 р. №243. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF#Text> (дата звернення: 22.09.2023).

111. Публічний звіт Голови Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності) про підсумки діяльності у 2022 році. Держенергоефективності, 2023. URL: https://saee.gov.ua/sites/default/files/SAEE_report_2022.pdf (дата звернення: 30.10.2023).

112. Про затвердження Порядку надання інформації про сертифікацію систем енергетичного та/або екологічного менеджменту суб'єктів господарювання: постанова Кабінету Міністрів України від 4.11.2022 р. № 1238. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1238-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 30.09.2023).

113. Про затвердження Порядку обміну інформацією між Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження та кваліфікаційними організаціями: постанова Кабінету Міністрів України від 25.11.2022 р. №1315 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

114. Про затвердження Порядку формування, оприлюднення та оновлення переліку виконавців енергосервісу, потенційних об'єктів енергосервісу: наказ Міненерго від 20.10.2022 р. № 360. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1466-22#Text> (дата звернення: 21.09.2023).

115. Протокол про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства. Верховна Рада України, 2010. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a27#Text (дата звернення: 15.09.2023).

116. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: указ Президента України №722/2019 від 30.09.2019 р. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 18.09.2023).

117. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 р. № 373-р.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.10.2023).

118. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 р. № 1803-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.09.2023).

119. План заходів з реалізації у 2021-2023 роках Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 р. № 1803-р (із змінами, внесеними згідно з розпорядженням № 899-р від 06.10.2023 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 12.11.2023).

120. Програма підтримки енергомодернізації багатоквартирних будинків «Енергодім» (версія №1/2019 від 21.09.2023 року). Фонд енергоефективності, 2023. URL: <https://eefund.org.ua/dokumenti> (дата звернення: 12.11.2023).

121. Обговорення розвитку програм Фонду на XI Засіданні Координаційної ради донорів. Фонд енергоефективності, 2023. URL: <https://eefund.org.ua/obgovorennya-rozvitku-program-fondu-na-xi-zasidanni-koordinaciynoi-radi-donoriv> (дата звернення: 30.10.2023).

122. Саріогло В., Огай М., Буренко Т. Оцінка ефективності державної програми «теплі кредити». Фонд імені Фрідріха Берета, 2020. 32 с. URL: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/ukraine/16095.pdf> (дата звернення: 18.09.2023).

123. Ефективність «теплих кредитів»: результати дослідження. Держенергоефективності, 2023. URL: <https://saee.gov.ua/uk> (дата звернення: 12.10.2023).

124. Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації: закон України № 327-VIII від

01.01.2022 (ост. ред). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/327-19> (дата звернення: 18.09.2023).

125. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25.10.2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance. EUR-Lex, 2023. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0027> (accessed: 10.10.2023).

126. Прокопенко О.В., Коваленко Є.В., Литвиненко С.М., Хоменко Є.В. Управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах України: теоретичні основи та практичні аспекти. Investments: practice and experience, 2023. №15. Р. 10-16. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.10> (дата звернення: 10.11.2023).

127. Prokopenko O., Telizhenko O., Kovalenko Ye., Lytvynenko S., Nych T., Kovalsky A. Promising directions of increasing energy efficiency and development of green energy in the household sector of Ukraine. Rivista di Studi sulla Sostenibilita (Review of Studies of Sustainability). 2023. Vol. 2. (in press)

128. Prokopenko O., Kovalenko Ye., Lytvynenko S. Case studies of different countries on the development of energy efficiency and renewable energy in households: guidelines for Ukraine. Sustainable development: modern theories and best practices : Materials of the monthly International scientific and practical conference (September 29-30, 2023) / Gen. Edit. K. Goletiani, O. Prokopenko. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 29-30. URL: https://api.teadmus.org/storage/published_books/monthly_thesis_book_09_2023/book.pdf. (accessed: 20.11.2023).

129. Литвин В. Де Україні взяти гроші на зменшення залежності від імпортих енергоносіїв. Економічна правда, 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/9/700997/> (дата звернення: 23.10.2023).

130. Топалов М. Що залишилося від «зеленої» енергетики в Україні. Економічна правда, 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431/> (дата звернення: 19.09.2023).

131. Програма обміну ламп розжарювання на LED-лампи оновлює логістику. EU-UA, 2023. URL: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/novyny/programa-obminu-lamp-rozharyuvannya-na-led-lampy-onovlyuye-logistyku-0> (дата звернення: 22.19.2023).

132. Vakulenko I., Saher L., Shymoshenko A. Systematic literature review of carbon-neutral economy concept. *SocioEconomic Challenges*. 2023. Vol. 7(1). P. 139-148. [https://doi.org/10.21272/sec.7\(1\).139-148.2023](https://doi.org/10.21272/sec.7(1).139-148.2023).

133. Kurbatova T., Khlyar H. GHG emissions and economic measures for low carbon growth in Ukraine. *Carbon Management*. 2015. Vol. 6(1-2). P. 7–17. <https://doi.org/10.1080/17583004.2015.1065376>.

134. Matúš M. The EU needs to improve its external energy security. *Energy Policy*. 2022. Vol. 165. P. 112930. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112930>.

135. Трипольська Г.С. Перспективність використання енергії з відновлюваних джерел підприємствами та домогосподарствами в Україні. *Економіка підприємства: сучасні проблеми теорії та практики: Матеріали дванадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 8 вересня 2023 р. Одеса: ОНЕУ, 2023. С. 577-578. URL: <http://surl.li/mxqmg> (дата звернення: 20.10.2023).*

136. Національний план дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року (проект). Кабінет Міністрів України, 2022. URL: <http://surl.li/mxqfhx> (дата звернення: 27.06.2023).

137. Про альтернативні джерела енергії: закон України № 555-IV від 27.07.2023 р. (ост. ред.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 24.07.2023).

138. Про ринок електроенергії: закон України № 2019-VIII від 03.09.2023 р. (ост. ред.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 24.07.2023).

139. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України: закон України № 3220-IX від 30.06.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-IX#Text> (дата звернення: 22.08.2023).

140. Про затвердження Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу на електричну енергію для суб'єктів господарської діяльності, споживачів електричної енергії, у тому числі енергетичних кооперативів, та приватних домогосподарств, генеруючі установки яких виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії: постанова НКРЕКП № 1817 від 30.08.2019 р. URL: <http://surl.li/jwts> (дата звернення: 28.06.2023).

141. Податковий кодекс України. Верховна Рада України, 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 27.06.2023).

142. Митний кодекс України. Верховна Рада України, 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17#Text> (дата звернення: 27.06.2023).

143. Кредитна програма «Зелена енергія». Ощадбанк, 2023. URL: <http://surl.li/awcfb> (дата звернення: 21.07.2023).

144. Кредитна програма «Еко енергія». Укргазбанк, 2022. URL: <http://surl.li/bfnry> (дата звернення: 21.07.2023).

145. Інформаційний лист № 16-01/17/31-22 від 17.08.2022 р. щодо основних показників розвитку відновлюваної енергетики у 2015-2021 рр. ДАЕЕУ, 2023. 3 с.

146. Інформаційний лист № 33-02/17/31-23 щодо основних показників розвитку відновлюваної енергетики у 2018-2022 рр. ДАЕЕУ, 2023. 3 с.

147. Мережева сонячна електростанція MEDIUM на 20 кВт «під ключ». Sun-energy, 2023. URL: <http://surl.li/bfnstn> (дата звернення: 20.06.2023).

148. Сонячна електростанція 30 кВт для дому під «зелений» тариф. Eco-tech, 2023. URL: <http://surl.li/jwgho> (дата звернення: 20.06.2023).

149. Українські малі вітряки – автономні рятівники чи валізи без ручки? Українська енергетика, 2021. URL: <http://surl.li/adgrs> (дата звернення: 03.07.2023).

150. Про особливості визначення обсягу та проведення розрахунків за вироблену електричну енергію генеруючими установками приватних

домогосподарств під час дії в Україні воєнного стану: постанова НКРЕКП № 396 від 26.04.2022 р. URL: <http://surl.li/hhzdu> (дата звернення: 03.07.2023).

151. Про визнання такою, що втратила чинність постанови НКРЕКП від 26 квітня 2022 року № 396: постанова НКРЕКП № 153 від 30.01.2023 р. URL: <http://surl.li/hhzse> (дата звернення: 03.07.2023).

152. Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: закон України № 1678-VII від 16.09.2014 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (дата звернення: 17.07.2023).

153. Про особливості регулювання відносин на ринку природного газу та у сфері теплопостачання під час дії воєнного стану та подальшого відновлення їх функціонування: закон України № 2479-IX від 27.07.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2479-IX#Text> (дата звернення: 17.07.2023).

154. Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 23 травня 2018 р. № 420 і від 27 грудня 2019 р. № 1175: постанова Кабінету Міністрів України № 889 від 2.08.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/889-2022-п#Text> (дата звернення: 17.07.2023).

155. Загальноукраїнська інформація та статистична інформація європейських інституцій у сфері електричної енергії. НКРЕКП, 05.04.2021. URL: <http://surl.li/jwgh> (дата звернення: 20.06.2023).

156. Мережева сонячна електростанція MEDIUM на 20 кВт «під ключ». Правильне електроживлення, 2022. URL: <http://surl.li/bfnst> (дата звернення: 20.06.2023).

157. Мережева сонячна електростанція LIGHT на 20 кВт «під ключ». Правильне електроживлення, 2022. URL: <http://surl.li/bfnst> (дата звернення: 20.06.2023).

158. Сонячна електростанція 20 кВт «Premium». Правильне електроживлення, 2021. URL: <http://surl.li/bfjeh> (дата звернення: 20.06.2023).

159. Сонячна електростанція 20 кВт. Еко енергія, 2022. URL: <http://surl.li/bfjei> (дата звернення: 20.06.2023).
160. Сонячна електростанція 20 кВт «під ключ». Інтел інжинірінг, 2022. URL: <http://surl.li/bfjdt> (дата звернення: 20.06.2023).
161. Сонячна електростанція 20 кВт, клас «Оптимал». Green West, 2022. URL: <http://surl.li/bfjdv> (дата звернення: 20.06.2023).
162. Як забезпечити 25% енергії з ВДЕ без підтримки з бюджету. Українська правда, 2022. URL: <http://surl.li/jwghq> (дата звернення: 22.06.2023).
163. Kurbatova T., Sotnyk I., Kubatko O., Gorbachova L., Khrystiuk B. Small hydropower development in Ukraine under global climate change patterns: is state economic support sufficient? *International Journal of Environment and Sustainable Development*. 2022. Vol. 21(4). P. 465-473. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2021.10042076>.
164. Біометан: лише відкриття експорту здатне запустити в Україні біогазові установки. *Agroportal*, 2023. URL: <http://surl.li/mxqkc> (дата звернення: 22.08.2023).
165. Kropelnytska S., Mayorova T. The financing of renewable energy development projects in Ukraine. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2021. Vol. 24(4). P. 77-88. <https://doi.org/doi:10.33223/epj/142393>.
166. Родовід українських сонячних панелей: звідки обладнання. *Energy transition*, 2020. URL: <http://surl.li/kyokx> (дата звернення: 22.06.2023).
167. Вітроенергетичний сектор України: огляд ринку. Українська вітроенергетична асоціація, 2016. URL: <http://surl.li/myqki> (дата звернення: 22.06.2023).
168. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. European Commission, 2018. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG (accessed: 22.08.2023).

169. Sotnyk I., Kurbatova T. Prospects of feed-in tariff and prosumerism development in Ukraine's households. *Economics for Ecology : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Sumy, May 16–19, 2023* / edited by Karintseva O. and Kubatko O. Sumy : Sumy State University, 2023. P. 66-71.

170. Скільки платять за електроенергію жителі ЄС у 2023 році: порівняння тарифів з українськими. *Слово і діло*, 2023. URL: <http://surl.li/jwgjf> (дата звернення: 28.06.2023).

171. Звіт про збитки інфраструктури, спричинені війною Росії проти України через рік після початку повномасштабного вторгнення. Київська школа економіки (КШЕ), 2023. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf (дата звернення: 22.08.2023).

172. Pryshliak, N., Dankevych, V., Tikarchuk, D., Shpykuliak, O. The sowing and harvesting campaign in Ukraine in the context of hostilities: challenges to global energy and food security. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. № 26(1). P. 145–168. <https://doi.org/10.33223/epj/161794>.

173. Sowa S. The implementation of renewable energy systems, as a way to improve energy efficiency in residential buildings. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2020. № 23(2). P. 19-36. <https://doi.org/10.33223/epj/122354>.

174. Kalinina S., Lyndiuk O., Savchenko V., Podunay V., Lanska S., Savchenko E. The development of renewable energy in the world in the context of employment transformation. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2021. № 24(4). P. 89-104. <https://doi.org/10.33223/epj/143043>.

175. Antoniuk N., Kulczycka J. The management of renewable energy resources for the energy security of Ukraine and Europe. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2022. № 25(4). P. 115-134. <https://doi.org/10.33223/epj/154572>.

176. Prokopenko O., Kurbatova T., Zerkal A., Khalilova M., Prause G., Binda J., Berdiyrov T., Klapkiv Yu., Sanetra-Półgrabi S., Komarnitskyi I. Impact of investments and R&D costs in renewable energy technologies on companies'

profitability indicators: assessment and forecast. *Energies*. 2023. №16. P. 1021. <https://doi.org/10.3390/en16031021>.

177. Koval V., Ostapenko O., Halushchak O., Olczak P., Dobrovolska K., Kaptalan S. Economic and environmental dimensions of energy production with the use of renewable technologies. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. № 26(1). P. 5-22. <https://doi.org/10.33223/epj/161355>.

178. Trypolska G., Rosner A. The use of solar energy by households and energy cooperatives in post-war Ukraine: lessons learned from Austria. *Energies*. 2022. № 15(20). P. 7610. <https://doi.org/10.3390/en15207610>.

179. Kiran D.R. Machinery replacement analysis. *Principles of Economics and Management for Manufacturing Engineering*, Butterworth-Heinemann / D.R. Kiran (Ed.). 2022. P. 259-267. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323998628000029?via%3Dihub> (accessed: 22.08.2023).

180. Продаж обладнання. Utem, 2023. URL: https://utem.org.ua/ua/cats/prodazha_oborudovaniya (accessed: 22.08.2023).

181. Solar installed system cost analysis. NREL, 2022. URL: <https://www.nrel.gov/solar/market-research-analysis/solar-installed-system-cost.html> (accessed: 22.08.2023).

182. KuangW., Illankoon C., Vithanage S. Grid-connected solar photovoltaic (PV) system for covered linkways. *Buildings*. 2022. № 12. P. 2131. <https://doi.org/10.3390/buildings12122131>.

183. Solar panel cost – is solar power worth it? JustWe, 2023. URL: <https://justwe-gpi.com/solar-power/solar-panel-cost/> (accessed: 22.08.2023).

184. Sotnyk I., Kurbatova T., Blumberga A., Kubatko O., Kubatko O. Solar energy development in households: efficiency and mechanisms of improvement in Ukraine and Latvia. *International Journal of Sustainable Energy*. 2022. № 41(11). P. 1623-1649. <https://doi.org/10.1080/14786451.2022.2092106>.

185. Bošnjakovi M., Ciki A., Zlatuni B. Cost-benefit analysis of small-scale rooftop PV systems: the case of Dragotin, Croatia. *Applied Science*. 2011. № 11. P. 9318. <https://doi.org/10.3390/app11199318>.

186. Dekkiche M., Tahri T., Denai M. Techno-economic comparative study of grid-connected PV/reformer/FC hybrid systems with distinct solar tracking systems. *Energy Conversion and Management*. 2023. № 18. P. 100360. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100360>.

187. Special report on solar PV global supply chains. IEA, 2022. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d2ee601d-6b1a-4cd2-a0e8-db02dc64332c/SpecialReportonSolarPVGlobalSupplyChains.pdf> (accessed: 22.08.2023).

188. Solar battery storage systems directory. Enfsolar, 2023. URL: https://www.enfsolar.com/pv/storage-system?gad=1&gclid=Cj0KCQjwoK2mBhDzARIsADGbjepj-jtsnOuKHZOAgXv6rgPAkWPHdpw6fwknVzIm1y3d0QZ3XfzU3U4aAn7lEALw_wcB&page=1 (accessed: 22.08.2023).

189. Solar battery costs: solar battery price index. Solar Choice, 2023. URL: <https://www.solarchoice.net.au/residential/battery-storage-price/> (accessed: 22.08.2023).

190. Всеукраїнська інформація та статистична інформація європейських інституцій у сфері електроенергетики. НКРЕКП, 2021. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/energetichni-pidpriyemstva/zagalnoukrayinska-informaciya-ta-statistichna-informaciya-yevropejskih-institucij-u-sferi-elektrichnoyi-energiyi/zagalnoukrayinska-informaciya-ta-statistichna-informaciya-yevropejskih-institucij-u-sferi-elektrichnoyi-energiyi-05042021> (дата звернення: 22.08.2023).

191. Trypolska G., Pysmenna U., Sotnyk I., Kurbatova T., Kryvda O. The winter package of the EU: possibilities for Ukraine's households. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. No. 26(3). P. 149-170. <https://doi.org/10.33223/epj/170939>.

192. Clean energy for all European package. European Commission, 2019. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (accessed: 22.08.2023).

193. Krug M., Di Nucci M.R., Caldera M., De Luca E. Mainstreaming community energy: is the renewable energy directive a driver for renewable energy

communities in Germany and Italy? Sustainability. 2022. № 14(12). P. 7181. <https://doi.org/10.3390/su14127181>.

194. Directive (EU) 2019/994 of the European Parliament and Council on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. European Parliament and Council. Official Journal of the European Union. 2019. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019_.158.01.0125.01.ENG (accessed: 22.08.2023).

195. Clean energy package – legal framework for renewables self-consumption Workshop on renewables self-consumption Energy Community event, 02 June 2021. Energy Community, 2021. URL: https://www.energy-community.org/dam/jcr:79f89a2f-fe6f-4e83-bdce-a53aae3af3ce/WSRES_EC_062021.pdf (accessed: 22.08.2023).

196. Di Silvestre M.L., Ippolito M.G., Sanseverino E.R., Sciumè G., Vasile A. Energy self-consumers and renewable energy communities in Italy: new actors of the electric power systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. № 151. P. 111565. doi:10.1016/j.rser.2021.111565.

197. Kuchmacz J, Mika L. Description of development of prosumer energy sector in Poland. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2018. № 21(4). P. 5–20. doi.org/10.24425/124507.

198. Fina B., Auer H. Economic viability of renewable energy communities under the framework of the renewable energy directive transposed to Austrian law. Energies. 2020. № 13(21). P. 5743. <https://doi.org/10.3390/en13215743>.

199. Vernay A.-L., Sebi C. Energy communities and their ecosystems: a comparison of France and the Netherlands. Technological Forecasting and Social Change. 2020. Vol. 158(C). P. 120123. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120123>.

200. Zhyber T., Solopenko T. The implementation of Ukraine’s energy policy using budget programs. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 2020. № 23(4). P. 91–104. DOI: 10.33223/epj/127300.

201. Trypolska G., Riabchyn O. Experience and prospects of financing renewable energy projects in Ukraine. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2022. № 12. P. 134-143. DOI: 10.32479/ijeep.11999.

202. Моїсеєв В. Хто споживає найбільше електроенергії в Україні? 2023. URL: <https://thepage.ua/ua/economy/spozhivannya-elektroenergiyi-v-ukrayini-ta-yak-formuyutsya-grafiki-vidklyuchen> (дата звернення: 22.08.2023).

203. Досягнення цілей Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2020 року. ДАЕЕ, 2022. URL: <https://saee.gov.ua/uk/news/4043> (дата звернення: 22.08.2023).

204. Відновлювані джерела енергії тут: що українці думають про зелене майбутнє у власних домогосподарствах? Екодія, 2022 URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/sho-dumaut-ukr-pro-zelene-domohospodarstvo.pdf> (дата звернення: 22.08.2023).

205. Dillon D.J. A Global look at residential solar adoption rates. 2022. URL: <https://www.powermag.com/a-global-look-at-residential-solar-adoption-rates/> (accessed: 22.08.2023).

206. Встановлені потужності ВДЕ в домогосподарствах. ДАЕЕ, 2023. URL: <https://saee.gov.ua> (дата звернення: 22.08.2023).

207. План національного відновлення України. РНВ. Рада національного відновлення, 2022. URL: https://uploads-ssl.webflow.com/621f88db25fbf24758792dd8/62c166751fcf41105380a733_NRC%20Ukraine%27s%20Recovery%20Plan%20blueprint_ENG.pdf (дата звернення: 22.08.2023).

208. Трипольська Г.С., Письменна У.Є., Кубатко О.В. Вдосконалення організаційно-правового механізму державного регулювання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел домогосподарствами в Україні. *Economic Synergy*. 2023. № 3. С. 66–84. <https://doi.org/10.53920/ES-2023-3-5>.

209. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 р. № 483: розпорядження КМУ від 30.05.2023 р. № 544. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/544-2023-п#Text> (дата звернення: 22.08.2023).

210. Інфляційний звіт. Національний банк України 2022. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2022-Q3.pdf?v=4 (дата звернення: 22.08.2023).

211. Інфляційний звіт. Національний банк України, 2023. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2023-Q2.pdf?v=4 (дата звернення: 22.08.2023).

212. Jager W. Stimulating the diffusion of photovoltaic systems: a behavioural perspective. *Energy Policy*. 2006. № 34(14). P. 1935–1943. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.12.022>.

213. Ray of hope: EU announces donation of 5,700 solar panels to Ukraine. EU4Ukraine, 2023. URL: <https://eu4ukraine.eu/whats-happening-ua/news-ua/eu-announces-donation-of-5700-solar-panels-to-ukraine-ua.html> (accessed: 22.08.2023).

214. Квітень 2023: середня ціна електроенергії на ринку на добу наперед знизилася на 12,52%. Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг «АЦСК ринку електричної енергії», 2023. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/newsctr/n/19086> (дата звернення: 22.08.2023).

215. White book. Distributed energy resources and technologies. Creation of prerequisites for their optimal use in Ukraine. UNDP, 2020. URL: www.undp.org (accessed: 22.08.2023).

216. Топалов М. Зростання тарифів на електроенергію: які сценарії розглядає влада. 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/04/12/699025/> (дата звернення: 22.08.2023).

217. Акцент на ринку на добу наперед та внутрішньодобовому ринку. Квітень 2023. Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг «АЦСК ринку електричної енергії», 2023. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/web/10646> (дата звернення: 22.08.2023).

218. Global market outlook for solar power 2023 – 2027. Solar Power Europe, 2023. URL: <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2023-2027/detail> (accessed: 22.08.2023).
219. У яких будинках живуть українці? Українська соціологічна платформа, 2019. URL: <http://www.usp.biz.ua/?p=4691> (дата звернення: 22.08.2023).
220. Сонячні панелі та багатоповерхівка: що, як і для чого? Екодія, 2023. URL: <https://ecoaction.org.ua/paneli-ta-bahatopoverkhivka.html> (дата звернення: 22.08.2023).
221. Prokopenko O., Chechel A., Sotnyk I., Omelyanenko V., Kurbatova T., Nych T. Improving state support schemes for the sustainable development of renewable energy in Ukraine. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2021. № 24(1). P. 85–100. <https://doi.org/10.33223/epj/134144>.
222. Turning Slavutyich into solar town. UNDP, 2020. URL: <https://undpukraine.medium.com/turning-slavutyich-into-solar-town-8a5efc4c804c> (accessed: 22.08.2023).
223. Електроенергетика. Міненерго, 2023. URL: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1940-ee-consumption-12> (дата звернення: 22.08.2023).
224. Гурковська Н. Втрати електроенергії в мережах України у 2020 році перевищили 10%. 2021. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/poteri-elektroenergii-ukrainskih-setyah-2020-1627646052.html> (дата звернення: 22.08.2023).
225. Dubois G., Sovacool B., Aall C. et al. It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon future. *Energy Research & Social Science*. 2019. Vol. 52. P. 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.02.001>.
226. Hertwich E. G., Peters G.P. Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis. *Environ. Sci. Technol.* 2009. No. 43(16). P. 6414-6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>.
227. Kubatko O. The electricity development in the economic sector of households with account the principles of sustainable development. Sustainable

development: modern theories and best practices: Materials of the monthly International scientific and practical conference (September 29-30, 2023) / Gen. Eds. K. Goletiani, O. Prokopenko. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 27-28.

228. Bayramov S., Prokazov I., Kondrashev S., Kowalik J. Household electricity generation as a way of energy independence of states-social context of energy management. *Energies*. 2021. No. 14(12). P. 3407. <https://doi.org/10.3390/en14123407>.

229. European Green Deal. European Commission, 2023. URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal_en (accessed: 7.05.2023).

230. Ziembra P. Selection of photovoltaic panels based on ranges of criteria weights and balanced assessment criteria. *Energies*. 2023. No. 16(17). P. 6382. <https://doi.org/10.3390/en16176382>.

231. Xu Q., Khan S. How do R&D and renewable energy consumption lead to carbon neutrality? Evidence from G-7 economies. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2023. No. 20. P. 4604. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054604>.

232. Tsimisaraka R.S.M., Xiang L., Andrianarivo A.R.N.A., Josoa E.Z., Khan N., Hanif M.S., Khurshid A., Limongi R. Impact of financial inclusion, globalization, renewable energy, ICT, and economic growth on CO2 emission in OBOR countries. *Sustainability*. 2023. No. 15. P. 6534. <https://doi.org/10.3390/su15086534>.

233. Zhang X., Shi X., Khan Y., Khan M., Naz S., Hassan T., Wu C., Rahman T. The impact of energy intensity, energy productivity and natural resource rents on carbon emissions in Morocco. *Sustainability*. 2023. No. 15. P. 6720. <https://doi.org/10.3390/su15086720>.

234. Rogulj I., Peretto M., Oikonomou V., Ebrahimigharehbaghi S., Tourkolas C. Decarbonisation policies in the residential sector and energy poverty: mitigation strategies and impacts in Central and Southern Eastern Europe. *Energies*. 2023. No. 16(14). P. 5443. <https://doi.org/10.3390/en16145443>.

235. Surya B., Muhibuddin A., Suriani S., Rasyidi E.S., Baharuddin B., Fitriyah A.T., Abubakar H. Economic evaluation, use of renewable energy, and sustainable urban development Mamminasata Metropolitan, Indonesia. *Sustainability*. 2021. No. 13. P. 1165. <https://doi.org/10.3390/su13031165>.

236. Wang W., Melnyk L., Kubatko O., Kovalov B., Hens L. Economic and technological efficiency of renewable energy technologies implementation. *Sustainability*. 2023. No. 15. P. 8802. <https://doi.org/10.3390/su15118802>. URL: https://www.researchgate.net/publication/371203849_Economic_and_Technological_Efficiency_of_Renewable_Energy_Technologies_Implementation (accessed: 09.06.2023).

237. Myszczyzyn J., Suproń B. Relationship among economic growth, energy consumption, CO₂ emission, and urbanization: An econometric perspective analysis. *Energies*. 2022. No. 15. P. 9647. <https://doi.org/10.3390/en15249647>.

238. Odugbesan J. A., Rjoub H. Relationship among economic growth, energy consumption, CO₂ emission, and urbanization: Evidence from MINT countries. *SAGE Open*. 2020. No. 10(2). <https://doi.org/10.1177/2158244020914648>.

239. Кубатко О., Письменна У., Трипольська Г., Михайлов С., Півень В. Соціально-економічні аспекти розвитку електроенергетики в домогосподарствах України та ЄС. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-98>.

240. Patiño L.I., Padilla E., Alcántara V., Raymond J.L. The relationship of energy and CO₂ emissions with GDP per capita in Colombia. *Atmosphere*. 2020. No. 11. P. 778. <https://doi.org/10.3390/atmos11080778>.

241. Ameyaw B., Yao L. Analyzing the impact of GDP on CO₂ emissions and forecasting Africa's total CO₂ emissions with non-assumption driven bidirectional long short-term memory. *Sustainability*. 2018. No. 10. P. 3110. <https://doi.org/10.3390/su10093110>.

242. Leal P. H., Marques A. C. Rediscovering the EKC hypothesis for the 20 highest CO₂ emitters among OECD countries by level of globalization. *International Economics*. 2020. Vol. 164. P. 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2020.07.001>.

243. Halkos G. E., Paizanos E.A. The effects of fiscal policy on CO2 emissions: Evidence from the U.S.A. *Energy Policy*. 2016. No. 88. P. 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.035>.
244. Bletsas K., Oikonomou G., Panagiotidis M., Spyromitros E. Carbon dioxide and greenhouse gas emissions: the role of monetary policy, fiscal policy, and institutional quality. *Energies*. 2022. No. 15. P. 4733. <https://doi.org/10.3390/en15134733>.
245. Dokas I., Panagiotidis M., Papadamou S., Spyromitros E. The determinants of energy and electricity consumption in developed and developing countries: international evidence. *Energies*. 2022. No. 15. P. 2558. <https://doi.org/10.3390/en15072558>.
246. Robust regression. Stata data analysis examples. UCLA: Statistical Consulting Group, 2023. URL: <https://stats.oarc.ucla.edu/sas/modules/introduction-to-the-features-of-sas/> (accessed: 7.05.2023).
247. Levin A., Lin C.F., Chu C.S.J. Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*. 2002. No. 108(1). P. 1–24.
248. Guo X., Huang K., Li L., Wang X. Renewable energy for balancing carbon emissions and reducing carbon transfer under global value chains: a way forward. *Sustainability*. 2023. No. 15. P. 234. <https://doi.org/10.3390/su15010234>.
249. Voumik L.C., Islam M.A., Ray S., Mohamed Yusop N.Y., Ridzuan A.R. CO2 emissions from renewable and non-renewable electricity generation sources in the G7 countries: static and dynamic panel assessment. *Energies*. 2023. No. 16. P. 1044. <https://doi.org/10.3390/en16031044>.
250. Graczyk A.M., Kusterka-Jefmańska M., Jefmański B., Graczyk A. Pro-ecological energy attitudes towards renewable energy investments before the pandemic and european energy crisis: a segmentation-based approach. *Energies*. 2023. No. 16(2). P. 707. <https://doi.org/10.3390/en16020707>.
251. Szymańska E.J., Kubacka M., Polaszczyk J. Households' energy transformation in the face of the energy crisis. *Energies*. 2023. No. 16(1). P. 466. <https://doi.org/10.3390/en16010466>.

252. Zimmermannova J., Smilnak R., Perunova M., Ameir O. Coal or biomass? Case study of consumption behaviour of households in the Czech Republic. *Energies*. 2023. No. 16(1). P. 192. <https://doi.org/10.3390/en16010192>.

253. Bashynska I., Smokvina G., Bondarevska K., Semigina T., Tsikalo Y., Terletska V. Unleashing sustainable recovery and development: analyzing European countries' labor market experience. *Acta Innovations*. 2023. No. 49. P. 5-16. <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.49.1>.

254. Dudek M., Bashynska I., Filyppova S., Yermak S., Cichoń D. Methodology for assessment of inclusive social responsibility of the energy industry enterprises. *Journal of Cleaner Production*. 2023. 136317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136317>.

255. Зелений тариф 2023: Як працює в умовах війни бізнес на сонці. *Solar System*, 2023. URL: <https://solarsystem.com.ua/zelenyi-tarif-2023/> (дата звернення: 20.06.2023).

256. Needs and barriers of prosumerism in the energy transition era. Ruggeri L., Ed. Publisher: Dykinson S.L., Madrid, Spain, 2021. URL: <http://surl.li/foyp1> (accessed: 20.06.2023).

257. Bilan Y., Samusevych Y., Lyeonov S., Strzelec M., Tenytska I. The keys to clean energy technology: Impact of environmental taxes on biofuel production and consumption. *Energies*. 2022. № 15(24). doi:10.3390/en15249470.

258. Kuzior A., Samusevych Y., Lyeonov S., Krawczyk D., Grytsyshen D. Applying energy taxes to promote a clean, sustainable and secure energy system: Finding the preferable approaches. *Energies*. 2023. № 16(10). doi:10.3390/en16104203.

259. Vasylieva T., Pavlyk V., Bilan Y., Mentel G., Rabe M. Assessment of energy efficiency gaps: The case for Ukraine. *Energies*. 2021. № 14(5). doi:10.3390/en14051323.

260. Pysmenna U., Trypolska G. Sustainable energy transitions: overcoming negative externalities. *Energetika: Proceedings of CIS higher education institutions*

and power engineering associations. 2020. Vol. 63. P. 312-327. DOI: 10.21122/1029-7448-2020-63-4-312-327.

261. Perujo A., Kaiser R., Sauer D.U., Wenzl H., Baring-Gould I., Wilmot N., Mattera F., Tselepis S., Nieuwenhout F., Ruddell A., Rodrigues C., Lundsager P., Svoboda V. Standard evaluation of renewable energy systems 2023. 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. IEEE: Madrid, Spain, 11-18 May 2023. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/iel5/9136/28993/01306077.pdf> (accessed: 05.04.2023).

262. Kurbatova T., Sotnyk I., Prokopenko O., Sidortsov R., Tu Y. Balancing Ukraine's energy system: challenges under high renewable energy penetration and the COVID-19 pandemic. International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters, 19-20 May, 2021, Kryvyi Rih. E3S Web of Conferences. № 280. P. 05007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128005007>.

263. Sotnyk I., Kurbatova T., Dashkin V., Kovalenko Ye. Green energy projects in households and its financial support in Ukraine. International Journal of Sustainable Energy. 2020. № 39(3). P. 218-239. <https://doi.org/10.1080/14786451.2019.1671389>.

264. Tuerk M. Green bonds can solve our climate crisis. Forbes, 2019. URL: <https://www.forbes.com/sites/miriamtuerk/2019/08/28/greenbonds-can-solve-our-climate-crisis/#329216d31bc1> (accessed 11.06.2023).

265. Unruh G. Understanding carbon lock-in. Energy Policy. 2020. № 28(12). P. 817–830. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(00)00070-7).

266. Owen A. D. Renewable energy: externality costs as market barriers. Energy Policy. 2020. № 34(5). P. 632–642. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.017>.

267. Bardy R., Rubens A. Weighing externalities of economic recovery projects: an alternative to green taxonomies that is fairer and more realistic. Business Ethics and Leadership. 2022. № 6(3). P. 23-34. [https://doi.org/10.21272/bel.6\(3\).23-34.2022](https://doi.org/10.21272/bel.6(3).23-34.2022).

268. Galvin R. I'll follow the sun: geo-sociotechnical constraints on prosumer households in Germany. *Energy Research & Social Science*. 2020. № 65. P. 101455. doi:10.1016/j.erss.2020.101455.

269. Lir V. Imperatives and determinants of energy policy of sustainable development: monograph. Kyiv: Institute of Economics and Forecasting of the National Academy of Science of Ukraine, 2018.

270. Paravantis J.A., Kontoulis N. Energy security and renewable energy: a geopolitical perspective. *Renewable Energy – Resources, Challenges and Applications* / Al Qubeissi M., Ed.: London: Intech Open, 2020.

271. Grzanic M., Capuder T., Zhang N., Huang W. Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities models and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. № 154. P. 111859. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111859.

272. Gopinathan N., Shanmugam P.K. Energy anxiety in decentralized electricity markets: a critical review on EV Models. *Energies*. 2022. № 15. P. 5230. <https://doi.org/10.3390/en15145230>.

273. Energy cooperatives: energy independence for communities / Martynyuk A., Sakalyuk D., Mar'yuk O., Kholodova N. (Eds). Greece: Ecoclub, 2019. URL: https://www.ua.boell.org/sites/default/files/201911/Енергетичні_кооперативи_енргонезалежність-для-громад.pdf (accessed: 05.07.2023).

274. Курбатова Т., Трипольська Г., Письменна У., Гирченко Є., Романюк Я. Механізм «зелених» аукціонів для управління розвитком відновлюваної енергетики: передумови впровадження та особливості функціонування в Україні. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2021. № 10. <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2021.10.30>. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=2260> (дата звернення: 12.10.2023).

275. Junlakarn S., Kokchang P., Audomvongseree K. Drivers and challenges of peer-to-peer energy trading development in Thailand. *Energies*. 2022. № 15 (3). P. 1229. <https://doi.org/10.3390/en15031229>.

276. Kelm P., Mienski R., Wasiak I. Energy management in a prosumer installation using hybrid systems combining EV and stationary storages and renewable power sources. *Applied Sciences*. 2021. № 11. P. 5003. DOI: 10.3390/app11115003.

277. Fernández-Guillamón A., Gomez-Lazaro E., Muljadi E., Molina-Garcia Á. Power systems with high renewable energy sources: A review of inertia and frequency control strategies over time. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. № 115. P. 109369. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109369.

278. Gough M., Ashraf P., Santos S.F., Javadi M., Lotfi M., Osario G.J., Catalao J.P.S. Optimization of prosumer's flexibility taking network constraints into account. *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*; IEEE: Madrid, Spain, June 2020. P. 1–6.

279. Ostovar S., Moeini-Aghaie M., Behzad Hadi M. Designing a new procedure for participation of prosumers in day-ahead local flexibility market. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2023. Vol. 146. P. 108694. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108694>.

280. Fasoranti M.M., Alimi R.S., Ofonyelu C.C. Effect of prepaid meters on the household expenditure on electricity consumption in Ondo state. *SocioEconomic Challenges*. 2022. № 6(4). P. 86-96. [https://doi.org/10.21272/sec.6\(4\).86-96.2022](https://doi.org/10.21272/sec.6(4).86-96.2022).

281. Rücker F., Schoeneberger I., Wilmschen T., Sperling D., Haberschusz D., Figgenger J., Sauer D.U. Self-sufficiency and charger constraints of prosumer households with vehicle-to-home strategies. *Applied Energy*. 2022. № 317. P. 119060. doi:10.1016/j.apenergy.2022.119060.

282. Письменна У., Трипольська Г., Кубатко О. Енергоринок України і малі виробники: можливості інтеграції. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-97>.

283. Kolosok S., Bilan Y., Vasylieva T., Wojciechowski A., Morawski M. A scoping review of renewable energy, sustainability and the environment. *Energies*. 2021. № 14 (15). P. 4490. <https://doi.org/10.3390/en14154490>.

284. Kallel R., Boukettaya G. An energy cooperative system concept of DC grid distribution and PV system for supplying multiple regional AC smart grid connected houses. *J. Build.* 2022. № 56. P. 104737. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104737>.

285. Kals J., Würtenberger K. IT-unterstütztes Energiemanagement in: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik HMD. Heft 285/2012. P. 73–81.

286. Smart grid key performance indicators: A DSO perspective. Eurelectric, 2021. URL: https://cdn.eurelectric.org/media/5272/smart_grid_key_performance_indicators__a_dso_perspective-2021-030-0129-01-e-h-B85F16BF.pdf (accessed: 20.06.2023).

287. Liu J., Wang J., Cardinal J. Evolution and reform of UK electricity market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2022. Vol. 161. P. 112317. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112317>.

288. Locmelis K., Blumberga A., Bariss U., Blumberga D., Balode L. Industrial energy efficiency towards Green Deal Transition. Case of Latvia. *Environmental and Climate Technologies.* 2021. № 25(1). P. 42–57. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0004>.

289. Малі учасники ВДЕ-ринку в Україні. Дослідження сегменту генерації встановленою потужністю до 1 МВт. Представництво Фонду ім. Г. Бьоля в Україні, 2020. URL: https://ua.boell.org/sites/default/files/2020-08/Малі_учасники_ВДЕ-ринку_в_Україні.pdf (дата звернення: 25.06.2023).

290. Держенергоефективності розроблено проект Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/derzhenergoefektivnosti-rozrobleno-proekt-nacionalnogo-planu-dij-z-rozvitku-vidnovlyuvanoyi-energetiki-na-period-do-2030-roku> (дата звернення: 25.06.2023).

291. НКРЕКП переглянула граничні ціни на електроенергію для бізнесу. *Економічна Правда*, 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/06/27/701612/> (дата звернення: 25-06-2023).

292. Письменна У.Є. Перспективи та обмеження участі прос'юмерів в енергетичних ринках. Економіка підприємства: сучасні проблеми теорії та практики: матеріали дванадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 8 вересня 2023 р. Одеса: ОНЕУ, 2023. С. 573-574. URL: https://www.researchgate.net/publication/374632215_PERSPEKTIVI_TA_OBMEZENNA_UCASTI_PROS'UMERIV_V_ENERGETICNIH_RINKAH (дата звернення: 03.10.2023).

293. Аналітичні дані. ДП «Оператор ринку» URL: https://www.oree.com.ua/index.php/IDM_graphs (дата звернення: 04.09.2023).

294. Оновлено «зелені» тарифи на електричну енергію. URL: https://biz.ligazakon.net/news/218682_onovleno-zelen-tarifi-na-elektrichnu-energiyu (дата звернення: 04.09.2023).

295. Volosciuc S., Dragosin M. Prosumer's impact on low voltage distribution networks. MATEC Web of Conferences, 2019. № 290. P. 01021. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929001021>.

296. Latest developments in international standards for prosumers low-voltage electrical installations. The Institution of Engineering and Technology. URL: <https://electrical.theiet.org/wiring-matters/years/2019/74-march-2019/latest-developments-in-international-standards-for-prosumers-low-voltage-electrical-installations/> (accessed: 20.06.2023).

297. Zhou M., Pysmenna U., Kubatko O., Voloshchuk V., Sotnyk I., Trypolska G. Support for household prosumers in the early stages of power market decentralization in Ukraine. *Energies*. 2023. No. 16. P. 6365. <https://doi.org/10.3390/en16176365>.

298. Kwilinski A., Lyulyov O., Dzwigol H., Vakulenko I., Pimonenko T. Integrative smart grids' assessment system. *Energies*. 2022. № 15 (2). P. 545. <https://doi.org/10.3390/en15020545>.

299. Lickleder T., Zinsmeister D., Elizarov I., Perić V., Tzscheuschler P. Characteristics and challenges in prosumer-dominated thermal networks. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021. № 2042. P. 012039, doi:10.1088/1742-6596/2042/1/012039.

300. Kurbatova T., Khlyap H., Sotnyk I. Economical mechanisms for renewable energy stimulation in Ukraine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. № 31. P. 486–491. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.004>

301. Kurbatova T., Skibina T. Renewable energy policy in Ukraine's household sector: measures, outcomes, and challenges. *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*, Kremenchuk, September 23 – 25, 2019. P. 234-237. <https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896399>.

302. Trypolska G., Krupin V., Podolets R. Energia odnawialna na obszarach wiejskich Ukrainy w perspektywie zmian klimatycznych. *Wie's I Rolnictwo*. 2022. № 2 (195). P. 39–62. <https://doi.org/10.53098/wir022022/02>.

303. Нормативно-правові зміни для «зеленого» переходу енергосистеми України. URL: <https://sk.ua/uk/zakondavchi-zmini-dlja-zelenoi-transformacii-energetichnoi-sistemi-ukraini/> (дата звернення: 17.07.2023).

304. Ціни, акцептовані та запропоновані обсяги на РДН. ДП «Оператор ринку», 2023. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/decreport/report1?lang=english> (дата звернення: 20.06.2023).

305. Distributed energy resources as the key to a successful energy transition. State of the art, trends and challenges. NREL, 2018. URL: <https://cutt.ly/bdFVrTV> (accessed: 20.06.2023).

306. Nitsenko V., Mardani A., Streimikis J., Shkrabak I., Klopov I., Novomlynets O., Podolska O. Criteria for evaluation of efficiency of energy transformation based on renewable energy sources. *Montenegrin J. Econ.* 2018. № 14. P. 237–247.

307. Cosovic M., Rubanenko O., Lakshmi S. Analysis of the distributed power generation with focus on power plant technical conditions. *Infotech*, 2021. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH51037.2021.9400702>.

308. Androniceanu A., Georgescu I., Dobrin C., Dragulanescu I.V. Multifactorial components analysis of the renewable energy sector in the OECD countries and managerial implications. *Pol. J. Manag. Stud.* 2020. № 22. P. 36–49.

309. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств: постанова НКРЕКП від 30.06.2023 №1216. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/provstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-privatnih-domogospodarstv-5> (дата звернення: 20.06.2023).

310. Квітень 2023: середня ціна на електроенергію на РДН знизилася на 12,52%. ДП «Оператор ринку», 2023. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/newsctr/n/19086> (дата звернення: 03.07.2023).

311. Levelized Cost of Electricity – an overview. ScienceDirect, 2021. URL: <http://surl.li/jwtd> (accessed: 03.07.2023).

312. Breeze P. Chapter 9 – The cost of electricity. Elsevier. 2021. P. 117-136. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823855-4.00009-7>.

313. Kurbatova T., Sotnyk I., Prokopenko O., Bashynska I., Pysmenna U. Improving the feed-in tariff policy for renewable energy promotion in Ukraine's households. Energies. 2023. No. 16(19). P. 6773. <https://doi.org/10.3390/en16196773>.

314. What is WACC and how is it calculated? Finswin, 2021. URL: <https://finswin.com/projects/ekonomika/wacc.html> (accessed: 05.07.2023).

315. Discounted payback period: definition, formula, example & calculator. Project-Management.info, 2021. URL: <http://surl.li/afigj> (accessed: 10.07.2023).

316. Average annual capacity factors by technology. IEA, 2018. URL: <http://surl.li/jwgjm> (accessed: 10.07.2023).

317. Калькулятор генерації електроенергії сонячною електростанцією. Sun-energy, 2023. URL: <https://sun-energy.com.ua/sun-calculator> (дата звернення: 10.07.2023).

318. Розрахунок сонячної генерації для електростанцій. Generacia, 2023. URL: <https://generacia.energy/kalkuljator/> (дата звернення: 10.07.2023).

319. Комплекти сонячних електростанцій. Sun-energy, 2023. URL: <http://surl.li/eakth> (дата звернення: 14.07.2023).

320. Сонячна електростанція 50 кВт для власного споживання. Solar-tech, 2023. URL: <http://surl.li/iknsi> (дата звернення: 14.07.2023).
321. Сонячні електростанції. Energosave, 2023. URL: <http://surl.li/iknsk> (дата звернення: 14.07.2023).
322. Вітер у поміч. Raiffeisen, 2023. URL: <http://surl.li/aybtf> (дата звернення: 19.07.2023).
323. Вітрогенератор W10 20000 Вт. Avante, 2023. URL: <http://surl.li/iknue> (дата звернення: 19.07.2023).
324. Вітряки класичні. Kworum, 2023. URL: <http://surl.li/kacgd> (дата звернення: 19.07.2023).
325. Jordan D., Kurtz S. Photovoltaic degradation rates – an analytical review. NREL/JA-5200-51664. 2022. URL: <http://www.osti.gov/bridge> (accessed: 19.07.2023).
326. Staffell I., Green R. How does wind farm performance decline with age? Renewable Energy. 2024. No. 66. P. 775-786. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.10.041>.
327. Projected costs of generating electricity. IEA, 2010. URL: <http://surl.li/jwori> (accessed: 25.07.2023).
328. Fischer J. Comparing wind and solar energy impacts on the environment: a LCA approach using openLCA platform. 2021. URL: <http://surl.li/idyrf> (accessed: 25.07.2023).
329. Рейтинг стійкості банків за підсумками 1 квартала 2023 року. Мінфін, 2023. URL: <https://minfin.com.ua/ua/banks/rating/> (дата звернення: 25.07.2023).
330. Депозити 2023: калькулятор, надійні банки, детальні умови. Feensee, 2023. URL: <http://surl.li/uorg> (дата звернення: 25.07.2023).
331. Офіційний середній курс гривні до євро за травень 2023 року. Мінфін, 2023. URL: <http://surl.li/kacib> (дата звернення: 25.07.2023).
332. How long does it take for solar panels to pay for themselves? Average solar panel payback period for homes in the US in 2022. Solar Reviews, 2022. URL: <http://surl.li/bfjec> (accessed: 04.08.2023).

333. Are solar panels worth it in the UK in 2023? Greenmatch, 2023. URL: <http://surl.li/bfntu> (accessed: 09.08.2023).

334. Small wind turbines: what is the average payback period? Attainablehome, 2022. URL: <http://surl.li/jwgji> (accessed: 09.08.2023).

335. Zalewska J., Damaziak K., Malachowski J. An energy efficiency estimation procedure for small wind turbines at chosen locations in Poland. *Energies*. 2021. Vol. 14(12). P. 3706. <https://doi.org/10.3390/en14123706>.

336. Sotnyk I., Kurbatova T., Kubatko O., Baranchenko Y., Li R. The price for sustainable development of renewable energy sector: the case of Ukraine. *International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters*. 2021. Kryvyi Rih, E3S Web of Conferences. Vol. 280. P. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128002006>.

337. Сотник І.М., Курбатова Т.О., Кубатко О.В. Методичний підхід до визначення оптимальних напрямів інвестування в генеруючі потужності відновлюваної енергетики домогосподарств в регіонах України. Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір (у процесі реєстрації; заявка № с202305806 від 08.08.2023).

**ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ,
ВИДАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ У 2023 РОЦІ**

1. Wang W., Melnyk L., Kubatko O., Kovalov B., Hens L. Economic and technological efficiency of renewable energy technologies implementation. Sustainability. 2023. Vol. 15. P. 8802. <https://doi.org/10.3390/su15118802>. (SCOPUS, Web of Science Core Collection, квартиль Q2)

Особистий внесок авторів проєкту: обґрунтовано методичні підходи до визначення ключових драйверів підвищення ЕЕ методами економіко-математичного моделювання; застосовано економетричні підходи до оцінювання випадкових ефектів узагальненого методу найменших квадратів для панельної вибірки; виявлено драйвери зростання ЕЕ.

2. Sotnyk I., Kurbatova T., Trypolska G., Sokhan I., Koshel V. Research trends on development of energy efficiency and renewable energy in households: A bibliometric analysis. Environmental Economics. 2023. Vol. 14(2). P. 13-27. doi:10.21511/ee.14(2).2023.02. (SCOPUS, квартиль Q3)

Особистий внесок авторів проєкту: визначено еволюційні зміни та останні тренди досліджень ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах, виявлено країни, установи, провідних науковців та напрями міжнародного співробітництва у цій сфері методами бібліометричного аналізу (інструменти Scopus «Аналіз результатів пошуку» та платформи SciVal).

3. Zhou M., Pysmenna U., Kubatko O., Voloshchuk V., Sotnyk I., Trypolska G. Support for household prosumers in the early stages of power market decentralization in Ukraine. Energies. 2023. Vol. 16. P. 6365. <https://doi.org/10.3390/en16176365>. (SCOPUS, Web of Science Core Collection, квартиль Q2)

Особистий внесок авторів проєкту: розроблено методичні підходи до оцінки зовнішніх ефектів (екстерналій) розвитку прос'юмерів; обґрунтовано умови ефективної участі прос'юмерів у ринку електричної енергії; розроблено рекомендації для вдосконалення регуляторної політики для стимулювання розвитку прос'юмерів.

4. Sotnyk I., Kurbatova T., Kubatko O., Prokopenko O., Jarvis M. Managing energy efficiency and renewable energy in the residential sector: A bibliometric study. *Problems and Perspectives in Management*. 2023. Vol. 21(3). P. 511-527. doi:10.21511/ppm.21(3).2023.41. (SCOPUS, квартиль Q2)

Особистий внесок авторів проєкту: визначено еволюційні тенденції досліджень і напрямів міжнародної наукової співпраці у сфері ЕЕ та ВЕ в контексті декарбонізації житлового сектора методами бібліометричного та візуалізаційного кластерного аналізу (з використанням бази даних Scopus і пакету VOSviewer 1.6.19, у тому числі за критеріями спільного використання ключових слів та аналізу співавторства).

5. Trypolska G., Pysmenna U., Sotnyk I., Kurbatova T., Kryvda O. The winter package of the EU: possibilities for Ukraine's households. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. Vol. 26(3). P. 149-170. <https://doi.org/10.33223/epj/170939>. (SCOPUS, квартиль Q3)

Особистий внесок авторів проєкту: обґрунтовано роль домогосподарств у Зимовому пакеті ЄС; виконано аналіз окупності проєктів відновлюваної енергетики (СЕС домогосподарств) в Україні з урахуванням змін нормативно-правової бази; запропоновано нові організаційно-правові форми, спрямовані на підвищення участі мешканців багатоквартирних будинків в Україні в енергетичному ринку.

6. Kurbatova T., Sotnyk I., Prokopenko O., Bashynska I., Pysmenna U. Improving the feed-in tariff policy for renewable energy promotion in Ukraine's households. *Energies*. 2023. Vol. 16(19), 6773. <https://doi.org/10.3390/en16196773>. (SCOPUS, Web of Science Core Collection, квартиль Q2)

Особистий внесок авторів проєкту: здійснено оцінку вартості генерації електроенергії СЕС та ВЕС домогосподарств і термінів окупності інвестиційних проєктів, удосконалено методика розрахунку ЗТ, надано рекомендації щодо удосконалення державної політики стимулювання розвитку ВЕ у побутовому секторі України.

7. Prokopenko O., Telizhenko O., Kovalenko Ye., Lytvynenko S., Nych T., Kovalsky A. Promising directions of increasing energy efficiency and development of green energy in the household sector of Ukraine. *Rivista di Studi sulla Sostenibilita (Review of Studies of Sustainability)*. 2023. Vol. 2. *(прийнято до друку) (SCOPUS, квартиль Q3)*

Особистий внесок авторів проекту: визначено перспективні напрямки підвищення ЕЕ в побутовому секторі України з акцентом на «зеленій» енергетиці; виявлено ключові фактори успіху розбудови СЕС в домогосподарствах (високий ЗТ та простота монтажу), сформовано прогноз щодо розвитку ВЕ у житловому секторі.

8. Прокопенко О.В., Коваленко Є.В., Литвиненко С.М., Хоменко Є.В. Управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах України: теоретичні основи та практичні аспекти. Інвестиції: практика та досвід. 2023. № 15. С. 10-16. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.15.10>. *(фахове видання, категорія «Б»)*

Особистий внесок авторів проекту: визначено теоретичні засади управління розвитком ЕЕ та ВЕ в домогосподарствах України, у тому числі з урахуванням феномену «енергетичної бідності» та викликів військового часу; обґрунтовано необхідність розроблення концепції управління розвитком ЕЕ та ВЕ у побутовому секторі і формування довгострокової стратегії її реалізації, запропоновані комплексні заходи підтримки приватних власників домашніх електростанцій та учасників енергетичних кооперативів.

9. Письменна У.Є., Трипольська Г.С., Кубатко О.В. Енергоринок України і малі виробники: можливості інтеграції. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-97>. *(фахове видання, категорія «Б»)*

10. Кубатко О., Письменна У., Трипольська Г., Михайлов С., Півень В. Соціально-економічні аспекти розвитку електроенергетики в домогосподарствах України та ЄС. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53.

<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-98>. (фахове видання, категорія «Б»)

Особистий внесок авторів проєкту: проаналізовано основні тенденції розвитку електроенергетики в Україні та ЄС; проведено компаративний аналіз на рівні домогосподарств; виявлено основні тенденції у споживанні електроенергії в домогосподарствах України та ЄС; обґрунтовано фактори, що впливають на зміну споживання електроенергії.

11. Теліженко О.М., Курбатова Т.О., Прокопенко О.В. Управління енергоефективністю домогосподарств: проблеми і принципи оцінювання. Ефективна економіка. 2023. № 9. <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.9.6>. (фахове видання, категорія «Б»)

Особистий внесок авторів проєкту: уточнено економічну сутність поняття ЕЕ; обґрунтовано принципи та показники ЕЕ для застосування на рівні домогосподарств при формуванні і реалізації державної політики ЕЕ в секторі.

12. Трипольська Г.С., Письменна У.Є., Кубатко О.В. Вдосконалення організаційно-правового механізму державного регулювання виробництва електроенергії з відновлюваних джерел домогосподарствами в Україні. Economic Synergy. 2023. № 3. С. 66–84. <https://doi.org/10.53920/ES-2023-3-5>. (фахове видання, категорія «Б»)

13. Сотник М.І., Теліженко О.М. Порівняльний техніко-економічний аналіз комбінованого децентралізованого теплозабезпечення домогосподарств. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки» (за матеріалами I Міжнародної науково-практичної конференції «Science in motion: classic and modern tools and methods in scientific investigations», 9 червня 2023 року, ГО «Європейська наукова платформа» (Вінниця, Україна) та ТОВ «International Centre Corporate Management» (Відень, Австрія)). 2023. № 28. С. 38-41. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/09.06.2023/16> (дата звернення: 20.10.2023).

Особистий внесок авторів проєкту: обґрунтовано доцільність модернізації систем енергозабезпечення домогосподарств; розроблені методичні підходи та проведені розрахунки показників вартості опалення у домогосподарствах садибного типу на 1 кВт генерації тепла з використанням різних первинних енергоносіїв та генераторів теплової енергії.

14. Сотник М.І., Теліженко О.М. Ефективність системи моніторингу та регулювання теплопостачання групи будівель. The process and dynamics of the scientific path: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IV International Scientific and Theoretical Conference, June 16, 2023. Athens, Hellenic Republic: European Scientific Platform. ISBN 979-8-88955-775-3. С. 13-16. <https://doi.org/10.36074/scientia-16.06.2023>.

Особистий внесок авторів проєкту: розроблені методичні підходи до техніко-економічного обґрунтування систем погодозалежного регулювання подачі теплоносія для групи житлових будівель; обґрунтована економічна доцільність обладнання такими системами центральних теплових пунктів групи житлових будинків.

15. Трипольська Г.С. Перспективність використання енергії з відновлюваних джерел підприємствами та домогосподарствами в Україні. Економіка підприємства: сучасні проблеми теорії та практики: Матеріали дванадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 8 вересня 2023 р. Одеса: ОНЕУ, 2023. С. 577-578. URL: [https://www.researchgate.net/publication/374476775_Perspektivnist_vikoristanna_energii_z_vidnovlivanih_dzerel_pidpriemstvami_ta_domogospodarstvami_v_Ukraini_\(дата_звернення:_20.10.2023\)](https://www.researchgate.net/publication/374476775_Perspektivnist_vikoristanna_energii_z_vidnovlivanih_dzerel_pidpriemstvami_ta_domogospodarstvami_v_Ukraini_(дата_звернення:_20.10.2023)).

16. Письменна У.Є. Перспективи та обмеження участі прос'юмерів в енергетичних ринках. Економіка підприємства: сучасні проблеми теорії та практики: Матеріали дванадцятої міжнар. наук.-практ. конф., 8 вересня 2023 р. Одеса: ОНЕУ, 2023. С. 573-574. URL: https://www.researchgate.net/publication/374632215_PERSPEKTIVI_TA_OBME

ZENNA_UCASTI_PROS'UMERIV_V_ENERGETICNIH_RINKAH (дата звернення: 20.10.2023).

17. Sotnyk I., Kurbatova T. Prospects of feed-in tariff and prosumerism development in Ukraine's households. Economics for Ecology : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Sumy, May 16–19, 2023 / edited by Karintseva O. and Kubatko O. Sumy : Sumy State University, 2023. P. 66-71. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/93296/3/Sotnyk_prosumerism.pdf (accessed: 20.11.2023).

Особистий внесок авторів проєкту: визначено перспективи застосування ЗТ для розвитку ВЕ в домогосподарствах України; обґрунтовано доцільність переходу вітчизняних домогосподарств до прос'юмеризму.

18. Kubatko O. The electricity development in the economic sector of households with account the principles of sustainable development. Sustainable development: modern theories and best practices: Materials of the monthly International scientific and practical conference (September 29-30, 2023) / Gen. Edit. K. Goletiani, O. Prokopenko. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 27-28. URL: https://api.teadmus.org/storage/published_books/monthly_thesis_book_09_2023/book.pdf. (accessed: 20.11.2023).

19. Prokopenko O., Kovalenko Ye., Lytvynenko S. Case studies of different countries on the development of energy efficiency and renewable energy in households: guidelines for Ukraine. Sustainable development: modern theories and best practices : Materials of the monthly International scientific and practical conference (September 29-30, 2023) / Gen. Edit. K. Goletiani, O. Prokopenko. Tallinn: Teadmus OÜ, 2023. P. 29-30. URL: https://api.teadmus.org/storage/published_books/monthly_thesis_book_09_2023/book.pdf. (accessed: 20.11.2023).

Особистий внесок авторів проєкту: визначено переваги зростання ЕЕ та розвитку ВЕ в домогосподарствах України, обґрунтовано перспективні механізми підтримки вітчизняних домашніх «зелених» енергопроєктів, які успішно використовуються країнами світу.

20. Сотник І.М., Курбатова Т.О., Кубатко О.В. Методичний підхід до визначення оптимальних напрямів інвестування в генеруючі потужності відновлюваної енергетики домогосподарств в регіонах України. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (у процесі реєстрації; заявка № с202305806 від 08.08.2023).

Особистий внесок авторів проекту: розроблено та апробовано модель вибору оптимального напрямку інвестування у «зелену» енергетику в регіонах України.



З А Т В Е Р Д Ж У Ю

Перший проректор

Сергій ЛІСОНОВ

15 листопада 2023 р.

АКТ

**впровадження (використання) результатів
науково-дослідної роботи (етапу НДР) у навчальний процес**

**№ ДР 0122U001233, «Розроблення економічних механізмів підвищення енергоефективності та сталого розвитку відновлюваної енергетики у домогосподарствах України»
(етап 1: Розроблення теоретичних основ управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в домогосподарствах. Удосконалення методичних підходів до визначення драйверів розвитку відновлюваної енергетики у побутовому секторі та до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу для об'єктів «зеленої» енергетики домогосподарств)**

яка виконана в період з 1.05.2023 р. по 30.11.2023 р.

Розроблені теоретико-концептуальні і методичні засади управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики у побутовому секторі, удосконалені підходи до визначення детермінант розбудови енергоефективності і відновлюваної енергетики в домогосподарствах, а також методичні підходи до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу та термінів його державної підтримки для об'єктів «зеленої» енергетики населення, зокрема:

- удосконалені теоретико-правові і концептуальні засади управління розвитком енергоефективності та відновлюваної енергетики в секторі приватних домогосподарств, які враховують специфіку енергоспоживання та енергогенерації у побутовому секторі, потенціал енергозбереження і використання відновлюваних джерел енергії, сучасні виклики національній енергетичній безпеці та досягнуті результати державної політики в секторі;

- удосконалені методичні підходи до визначення факторів-стимуляторів і дестимуляторів підвищення енергоефективності у побутовому секторі шляхом економіко-математичного моделювання, що враховують регіональні ефекти та оцінюють екологічну ефективність домогосподарств;

- удосконалені методичні підходи до визначення ключових драйверів розвитку відновлюваної енергетики в домогосподарствах шляхом стохастичного моделювання панельних даних із застосуванням методу випадкових чи фіксованих ефектів, що дозволило сформулювати рекомендації щодо стимулювання «зелених» трансформацій на національному і регіональному рівнях;

- удосконалені методичні підходи до визначення економічних драйверів «зелених» трансформацій домогосподарств у прос'юмерів з метою децентралізації енергозабезпечення, що враховують негативні екстерналії розширення частки прос'юмерів в електробалансі країни, а також оцінювання сукупної ефективності прос'юмера;

- удосконалені методичні підходи до розрахунку оптимального рівня «зеленого» тарифу для об'єктів відновлюваної енергетики домогосподарств та визначення економічно обґрунтованих термінів його надання, які враховують величину встановленої потужності енергоустановок, використовувану технологію відновлюваної енергетики та її пріоритетність, структуру інвестиційних витрат, строки окупності і прибутковий проєктів як з позиції домогосподарства (виробника електроенергії), так і з позиції держави (покупця електроенергії).

Керівник теми:

д.е.н., професор *Теліженко О. М.*

Комісія в складі:

Голова комісії: голова ради з якості інституту/факультету, заступник директора з методичної роботи, старший викладач кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування к.е.н., доц. Юрій ДЕРЕВ'ЯНКО.

Члени комісії: гарант освітньої програми «Економіка та бізнес-інновації» освітнього ступеня магістр спеціальності 051 Економіка, завідувач кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування д.е.н., проф. Олександра КАРІНЦЕВА.

член робочої проєктної групи освітньої програми «Економіка і бізнес» освітнього ступеня бакалавр спеціальності 051 Економіка, доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування к.е.н., доц. Микола ХАРЧЕНКО.

член робочої проєктної групи освітньої програми «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» освітнього ступеня бакалавр спеціальності 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність, доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, к.е.н., доц. Юлія ЧОРТОК.

встановила, що результати науково-дослідної роботи використовуються в навчальному процесі за освітніми програмами:

- 1) Економіка та бізнес-інновації освітнього ступеня магістр спеціальності 051 Економіка.
- 2) Економіка і бізнес освітнього ступеня бакалавр спеціальності 051 Економіка.
- 3) Підприємництво, торгівля та біржова діяльність освітнього ступеня бакалавр спеціальності 076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність

шляхом реалізації наступного:

1. Результати досліджень використані при оновленні змісту дисципліни «Економіка ресурсозбереження» в частині оновлення змісту теми 2 «Фактори та напрямки ресурсозбереження» та теми 6 «Мотивація впровадження ресурсозберігаючих заходів».

2. За напрямом теми НДР студентом бакалавратури Нікуліною М.П. підготовлено наукову роботу на тему «Економічна та енергетична безпека Європейського Союзу: наслідки російської агресії в Україні», яка взяла участь у Міжнародному конкурсі студентських наукових робіт «Управлінські, соціальні та поведінкові науки у реалізації засад сталого розвитку» (м. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, 2023).

3. За напрямом теми НДР захищені 2 бакалаврські роботи: Вербицький Я. І. «Особливості впровадження «зелених» бізнес-технологій в підприємстві», Півень В. С. «Драйвери та бар'єри декарбонізації національної економіки: досвід країн-членів ЄС».

15 листопада 2023 р.

Голова комісії:


(підпис)

Юрій ДЕРЕВ'ЯНКО

Члени комісії:


(підпис)

(підпис)

(підпис)

Олександра КАРІНЦЕВА

Микола ХАРЧЕНКО

Юлія ЧОРТОК