

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВАКУЛЕНКО ІГОР АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 338.24:620.9:621.8.037(043.3)

**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ
ЗАПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ
В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ**

Спеціальність 08.00.03 – економіка та управління національним господарством

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Суми – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Сумському державному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор економічних наук, доцент
Люльов Олексій Валентинович,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри маркетингу.

Офіційні опоненти: доктор економічних наук, професор
Гончарук Анатолій Григорович,
Міжнародний гуманітарний університет,
проректор з науково-педагогічної роботи;

докторка економічних наук
Губарєва Ірина Олегівна,
НДЦ індустріальних проблем розвитку
НАН України, завідувачка сектору енергетичної
безпеки та енергозбереження відділу промислової
політики та енергетичної безпеки.

Захист відбудеться 23 грудня 2020 року о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.06 у Сумському державному університеті за адресою: 40000, м. Суми, вул. Петропавлівська, 57, зала засідань вченої ради.

Із дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Автореферат розісланий 23 листопада 2020 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор економічних наук, доцент

А. О. Бойко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. В Україні динаміка розвитку енергетичного сектору економіки (ЕСЕ) істотно поступається країнам Європейського Союзу (ЄС): за темпом скорочення кінцевого споживання енергоресурсів – відставання майже вдвічі, за часткою енергоспоживання з альтернативних джерел – майже в 6 разів, за темпом скорочення викидів вуглецю в енергетиці – майже в 4 рази. Значною мірою це обумовлено тим, що впродовж останніх 15 років всі країни ЄС реалізують єдину енергетичну політику, одними з базових елементів якої є активна розбудова розумних енергомереж (РЕ) та їх повноцінна інтеграція до європейської енергосистеми. В усталеному розумінні РЕ – це комплекс заходів із декарбонізації ЕСЕ, запровадження інтелектуальних систем моніторингу та споживання енергії, розподіленої енергогенерації тощо. В Україні РЕ запроваджуються лише як окремі пілотні проєкти та мікромережі, тоді як для їх масштабування на національний рівень і формування інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки необхідні скоординованість дій та узгодженість інтересів органів державної влади, місцевого самоврядування, енергопідприємств і споживачів енергії, реалізація системної державної політики щодо організаційно-економічного стимулювання трансферу енергоінновацій через запровадження РЕ.

Теоретичні та практичні аспекти розбудови РЕ відображено в працях таких зарубіжних учених: Д. Авансіні, І. Гвердера, М. Гулдена, Д. Гусінга, В. Дові, Н. Жавайда, В. Келлера, Й. Кестера, П. МакДеніела, Г. Перейри, П. Перейри да Сілви, Б. Редді, С. Руестер, Д. Тона, Г. Уалленборна, Н. Фігейредо, Д. Фрінке та ін. Шляхи підвищення енергоефективності економіки перебувають у центрі уваги і вітчизняних науковців, зокрема: Т. Васильєвої, Т. Гільорме, А. Гончарука, І. Губаревої, В. Джеджули, С. Леонова, О. Люльова, Л. Мельника, Т. Пімоненко, Т. Салашенко, І. Сотник, М. Сотника, О. Суходолі, О. Теліженка та ін.

У той самий час узагальнення наявного наукового доробку свідчить, що остаточно не вирішеною залишається низка проблем, що стосуються, зокрема, дослідження структурно-функціонального середовища еволюції концепції РЕ, визначення впливу ефективності політики запровадження РЕ на соціально-економічний розвиток країни, компаративного аналізу наявних підходів та формування інтегрального підходу до оцінювання ефективності функціонування РЕ, розроблення механізмів узгодження інтересів стейкхолдерів при імплементації дорожньої карти розбудови РЕ в ЕСЕ. Усе це обумовило вибір теми, мети і завдань дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дослідження узгоджується з базовими засадами Європейської зеленої угоди, Директив ЄС «Про енергоефективність» (2012/27/ЄС) та «Щодо розгортання інфраструктури альтернативних видів палива» (2014/94/ЄС), Резолюції 70/1 Генеральної Асамблеї ООН «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року», Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (Розпорядження Кабінету Міністрів України № 605-р від 18.08.2017 р.), Плану заходів із

виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС (Постанова Кабінету Міністрів України № 1106 від 25.10.2017 р.), Стратегії сталого розвитку України до 2030 р. (проект № 9015 від 07.08.2018 р.) та ін.

Дисертація виконана відповідно до тематики наукових досліджень Сумського державного університету. У межах теми «Оптимізаційна модель розбудови розумних та безпечних енергетичних мереж: інноваційні технології екологізації підприємств і регіонів» (№ д/р 0119U100766) розроблено пропозиції щодо оцінювання ефективності РЕ на місцевому та державному рівнях; теми «Моделювання трансферу екоінновацій в системі «підприємство – регіон – держава»: вплив на економічне зростання та безпеку України» (№ д/р 0119U100364) – щодо інтенсифікації трансферу енергоінновацій; теми «Моделювання механізмів мінімізації розривів енергоефективності в контексті Цілей сталого розвитку: комунікативна мережа взаємодії стейкхолдерів» (№ д/р 0120U102002) – щодо узгодження інтересів стейкхолдерів під час розбудови РЕ; теми «Програмно-цільове управління екологоорієнтованим розвитком об'єктів малої гідроенергетики на регіональному рівні» (№ д/р 0118U007021) – щодо розроблення дорожньої карти запровадження РЕ в ЄС.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розвиток економіко-організаційних засад запровадження РЕ для формування в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки згідно з вимогами єдиної енергополітики ЄС.

Поставлена мета зумовила необхідність вирішення таких завдань:

- визначити основні тренди розвитку досліджень у сфері РЕ;
- визначити вплив ефективності політики запровадження РЕ на соціально-економічний розвиток країни;
- розробити теоретичне підґрунтя компаративного аналізу наявних систем оцінювання функціонування РЕ;
- запропонувати методичний інструментарій інтегрального оцінювання ефективності функціонування РЕ;
- поглибити методичне підґрунтя формування дорожньої карти запровадження РЕ в ЄС;
- вдосконалити методичні засади узгодження інтересів стейкхолдерів під час реалізації дорожньої карти розбудови РЕ в ЄС.

Об'єктом дослідження є економічні відносини між стейкхолдерами ЄС в процесі генерації, розподілення та споживання енергії, державного регулювання розвитку ЄС під час побудови інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки.

Предметом дослідження є науково-методичні засади та організаційно-економічний інструментарій трансформації ЄС на основі запровадження РЕ.

Методи дослідження. Методологічну основу роботи становлять фундаментальні положення економічної теорії, теорії управління, державного регулювання економіки, макроекономічного прогнозування та планування, економіко-математичного моделювання, наукові праці щодо розвитку ЄС і розбудови РЕ.

Відповідно до визначених завдань використано такі методи дослідження: трендовий і бібліометричний аналізи – під час дослідження структурно-

функціонального середовища та розвитку концепції РЕ; статистичний та регресійний аналізи – при формалізації залежності індикаторів соціально-економічного розвитку країни від ефективності політики розбудови РЕ; компаративний аналіз – під час визначення груп показників ефективності запровадження РЕ; методи логічного узагальнення, аналізу та синтезу – при формуванні організаційно-комунікаційної схеми взаємодії стейкхолдерів; бенчмаркінг-аналіз – під час розроблення пропозицій щодо формування дорожньої карти запровадження РЕ в ЄС. Для розрахунків використано програмний продукт Stata 14/SE, для бібліометричного аналізу – інструментарій VOSViewer v.1.6.10, для трендового – Google Trends.

Інформаційно-фактологічною базою дослідження є закони України; укази Президента України; нормативні акти Кабінету Міністрів України; аналітично-звітні дані Міністерства енергетики України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, Державної служби статистики України, Міжнародної енергетичної агенції, Департаменту енергетики Сполучених Штатів Америки, Інституту електроенергетичних досліджень, Організації економічного співробітництва та розвитку, Світового банку, Світової енергетичної статистики Yearbook; наукові публікації з питань розбудови РЕ в ЄС.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку економіко-організаційних засад запровадження РЕ для формування в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки згідно з вимогами єдиної енергополітики ЄС. Найбільш вагомими науковими результатами дисертаційної роботи є такі:

вперше:

– запропоновано методичне підґрунтя компаративного аналізу наявних систем оцінювання ефективності РЕ, що передбачає визначення масштабу врахування основних їх характеристик (стійкість, інформаційна, економічна, технічна та комунікативна ефективність, екологічність, наявність у структурі РЕ електротранспортної інфраструктури) та розроблення системи індикаторів для кожної з них. Це дозволило поелементно оцінити та проранжувати наявні системи вимірювання ефективності РЕ у контексті державного регулювання ЄС згідно з вимогами єдиної енергополітики ЄС;

– розроблено методичний інструментарій інтегрального оцінювання ефективності РЕ, що передбачає врахування його цільового призначення (як для окремих потенційних або вже функціонуючих РЕ, так і для вимірювання результативності їх системної розбудови на рівні регіону та країни в цілому), встановлення оптимальної кількості напрямків оцінювання РЕ, формалізацію методичного базису їх квантифікації, агрегування індикаторів за групами та напрямками оцінювання, врахування прямих та опосередкованих ефектів, можливостей подальшої оптимізації РЕ і забезпечення їх відповідності стратегічним завданням розбудови в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки;

вдосконалено:

– науково-методичний підхід до обґрунтування ролі РЕ у розбудові в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки, що на відміну від наявних, здійснено шляхом емпіричного підтвердження засобами статистичного аналізу

наявності значущої розбіжності в рівнях енергоспоживання до та після запровадження РЕ, а також виявлення засобами регресійного аналізу індикаторів соціального й економічного розвитку України, що залежать від рівня споживання електроенергії та енергоємності ВВП як цільових таргетів запровадження РЕ в ЕСЕ згідно з вимогами єдиної енергополітики ЄС;

– організаційно-економічні засади запровадження РЕ в ЕСЕ України, що відрізняються від існуючих розроблених організаційно-комунікаційної схеми взаємодії та узгодження інтересів стейкхолдерів, яка базується на модифікації моделі зрілості РЕ, урахує ключові параметри й стратегії розвитку РЕ, стадію реалізації проекту, систему техніко-технологічних обмежень, соціальні та екологічні фактори. Це дозволяє виявити внутрішньосистемні та екстернальні конфлікти інтересів стейкхолдерів, підвищити потенціал їх кооперації в контексті реалізації політики державного регулювання ЕСЕ;

набули подальшого розвитку:

– наукові засади визначення основних трендів наукових досліджень у сфері РЕ, що відрізняються від існуючих системним поєднанням трендового (Google Trends) та бібліометричного (VOSviewer v.1.6.10) аналізів. Це дозволило виокремити основні етапи еволюції наукового та суспільного інтересу до питань РЕ, описати їх імпульсні атрактори, кластеризувати міжнародні дослідницькі мережі, а також обґрунтувати домінуючі патерни крос-секторних досліджень;

– наукове підґрунтя формування дорожньої карти розбудови РЕ в Україні, що відрізняється від існуючих урахуванням результатів бенчмаркінг-аналізу досвіду країн-лідерів та дозволило формалізувати перелік конкретних заходів із розбудови вітчизняної енергоінфраструктури, реалізації регуляторних інтервенцій, політики стимулювання енергоінновацій, забезпечення клієнтоорієнтованості та відкритості енергоефективних рішень; структурувати їх за основними етапами (приспособлення розподіленої енергогенерації до енергосистеми, створення децентралізованої та дисперсної енергомереж); визначити склад основних стейкхолдерів, відповідальних за реалізацію кожного заходу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що основні положення дисертації доведено до рівня методичних розробок і практичних рекомендацій, які можуть бути використані органами державної влади під час розроблення стратегій та програм розвитку ЕСЕ; органами місцевого самоврядування – під час розроблення регіональних цільових програм енергозаощадження; профільними громадськими організаціями та асоціаціями – в процесі моніторингу прогресу реформ в ЕСЕ; енергогенеруючими та енергорозподільчими підприємствами – під час діагностики проблем у розвитку енергетичного господарства; суб'єктами господарювання різних видів економічної діяльності та домогосподарствами – в разі використання можливостей розподіленої енергогенерації.

Пропозиції щодо системної модернізації енергетичної інфраструктури впроваджено в практичну діяльність Департаментом житлово-комунального господарства та енергоефективності Сумської обласної державної адміністрації (довідка № 01-12/1078 від 27.10.2020 р.); щодо економічного обґрунтування

енергоефективних рішень – Департаментом інфраструктури міста Сумської міської ради (довідка № 1566/05.01.01-07 від 26.10.2020 р.); щодо взаємодії стейкхолдерів під час реалізації проєктів із запровадження РЕ – Управлінням стратегічного розвитку міста Сумської міської ради (довідка № 148/11-11 від 20.07.2020 р.); щодо енергоаудиту з використанням модифікованої системи зрілості РЕ – КЕП «Чернігівська ТЕЦ» ТОВ ФІРМИ «ТЕХНОВА» (довідка № 03-125 від 04.08.2020 р.); щодо гармонізації інтересів держави та бізнесу під час реформування ЕСЕ – Коаліцією малого і середнього бізнесу Сумської області (довідка № 53 від 16.07.2020 р.), щодо залучення венчурного капіталу для реалізації енергоефективних проєктів – Українською асоціацією венчурного та приватного капіталу (довідка № 2-110820 від 11.08.2020 р.).

Результати дослідження використовуються в навчальному процесі Сумського державного університету під час викладання дисциплін «Адміністративно-територіальне управління», «Державне і регіональне управління», «Економічна політика та державне регулювання економіки» (акт від 27.05.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Наукові положення, висновки, рекомендації та розробки, що виносяться на захист, одержані автором самостійно й відображені в опублікованих працях. Результати, опубліковані дисертантом у співавторстві, використані в дисертаційній роботі лише в межах його особистого внеску.

Апробація результатів дослідження. Основні результати дисертації оприлюднені на 8 всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях ([17–24] у наведеному в авторефераті списку праць).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 24 наукових працях загальним обсягом 10,54 друк. арк., з яких особисто авторові належить 7,14 друк. арк., зокрема: підрозділи у двох колективних монографіях; 13 статей у наукових фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття в зарубіжному виданні, що індексується базою даних Scopus, 8 публікацій у збірниках тез доповідей конференцій.

Структура і зміст роботи. Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 252 сторінки, зокрема: 200 сторінок основного тексту, 60 таблиць, 42 рисунки, 3 додатки, список використаних джерел, що налічує 202 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У першому розділі «**Теоретико-методичні основи дослідження розумних енергомереж та їх ролі в розбудові в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки**» досліджено передумови та драйвери розбудови РЕ, структурно-функціональне середовище розвитку концепції РЕ, вплив ефективності політики розбудови РЕ на соціально-економічний розвиток України.

На основі бенчмаркінг-аналізу досвіду країн ЄС визначено необхідні передумови та драйвери розвитку РЕ в Україні, обґрунтовано їх роль у формуванні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки України згідно з вимогами

єдиної енергополітики ЄС. Це дозволило визначити напрямки системного оновлення базової вітчизняної енергоінфраструктури для прискорення масштабування окремих успішних проєктів РЕ на рівень регіону та держави.

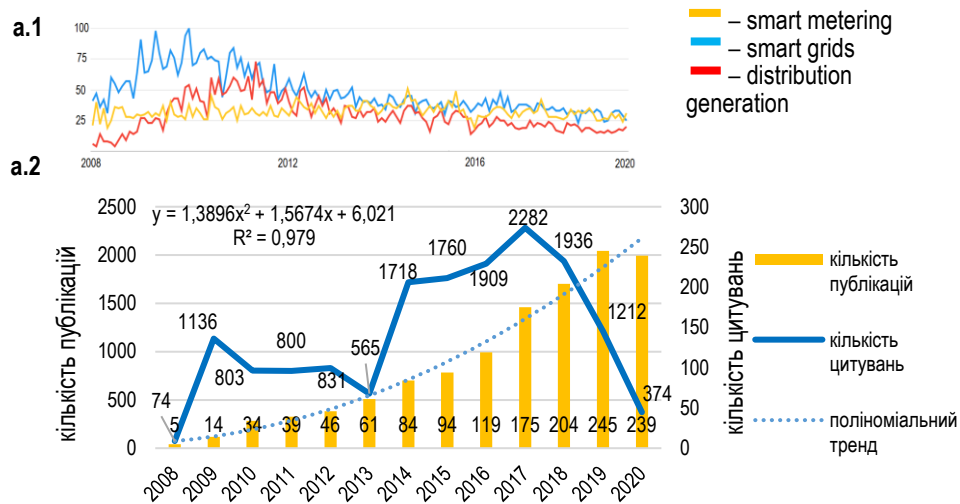
З метою виявлення основних трендів у розвитку наукових досліджень з питань РЕ системно поєднано інструментарій VOSViewer v.1.6.10 (1 359 статей, що індексуються наукометричною базою даних Scopus за 2008 р. – серпень 2020 р.) та Google Trends (динаміка пошукових запитів у Google за цією проблематикою за аналогічний період). Це дозволило виявити закономірності в таких вимірах:

1) еволюційному. Виділено чотири етапи еволюції наукового та суспільного інтересу до РЕ: 1) 2008–2009 рр. – пошук шляхів нівелювання техніко-технологічних обмежень для масштабної реалізації першої стадії розвитку РЕ («розумне вимірювання»); незначна кількість наукових праць, але багатократне зростання їх цитувань; 2) 2009–2013 рр. – перехід від етапу «розумне вимірювання» до створення повнофункціональних РЕ, розроблення країнами-лідерами концепцій запровадження РЕ в ЕСЕ; концентрація уваги дослідників не на економічних, а на технічних питаннях конфігурації РЕ, майже двократне зменшення цитування наукових праць на тлі істотного зростання суспільного інтересу; 3) 2014–2017 рр. – виникнення нових технологічних обмежень у розвитку РЕ, стрімке зростання кількості наукових публікацій та динаміки їх цитувань за одночасного зниження суспільного інтересу до цієї проблематики; 4) 2017–2020 рр. – пошук проривних технологій, які визначатимуть вектор розвитку РЕ у майбутньому, зростання кількості наукових праць на тлі багатократного зменшення цитувань існуючих напрацювань та сталого суспільного інтересу до цієї проблематики (рис. 1 а);

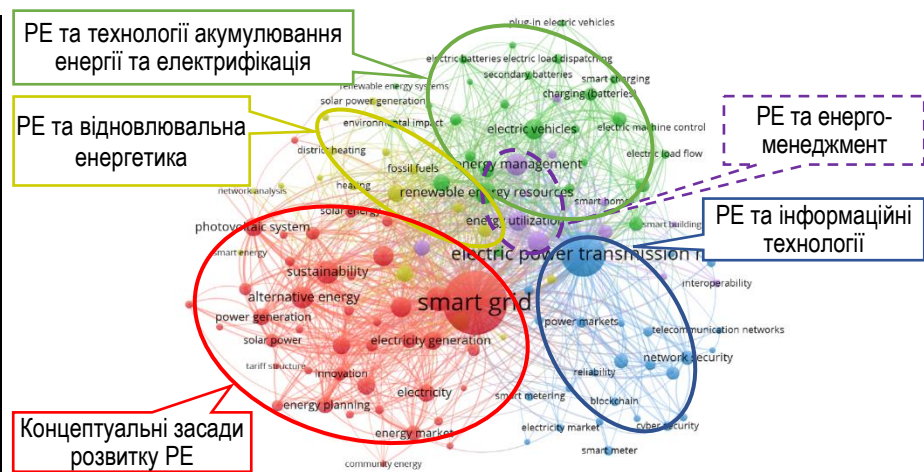
2) змістовному. На основі використання інструментарію VOSviewer v.1.6.10 виокремлено п'ять кластерів крос-секторних досліджень (рис. 1 б), це засвідчує, що проблема РЕ найбільш часто досліджується в поєднанні з питаннями відновлюваної енергетики, акумулювання енергії та електрифікацією, енергоменеджментом, інформаційними технологіями. У той самий час найбільшу кількість досліджень присвячено концептуальним засадам розвитку РЕ. Аналіз засвідчив, що до 2017 р. дослідження вчених-економістів концентрувалися переважно на питаннях тарифоутворення та пошуку шляхів комерціалізації РЕ; у 2017–2018 рр. у фокусі наукової уваги перебували питання розрахунку вартості запровадження РЕ; у 2018–2019 рр. акценти в наукових розробках змістилися до питань дослідження глобальної економічної моделі розбудови РЕ та їх техніко-економічної ефективності на основі патернів енергоспоживання (рис. 1 г);

3) географічному. Застосування інструментарію VOSviewer v.1.6.10 дозволило виявити п'ять найбільш потужних наукових дослідницьких мереж, причому найбільшу кількість спільних публікацій мають учені з країн ЄС, тоді як публікації американських дослідників є мононаціональними (підготовлені без участі іноземних учених), хоча за абсолютною кількістю досліджень учені зі США є беззаперечними лідерами (рис. 1 в).

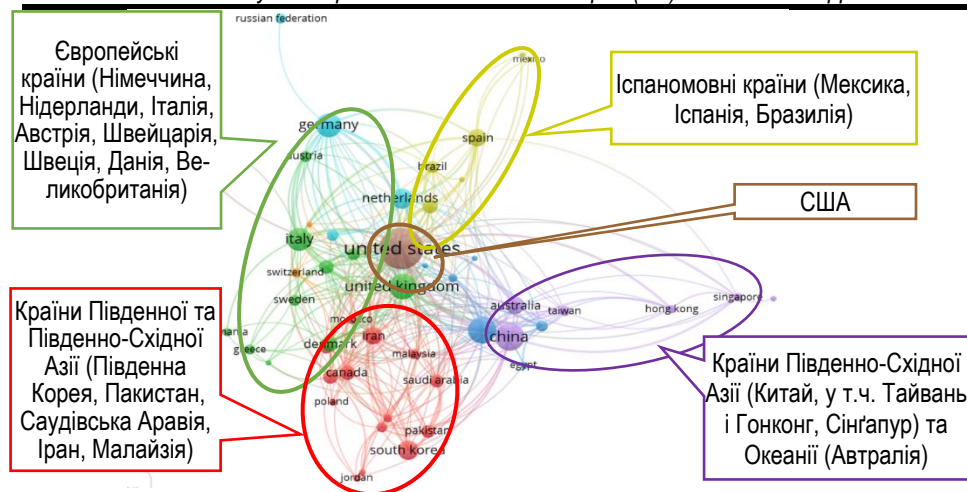
Згідно з Європейською Зеленою Угодою та проєктом вітчизняної концепції «Зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року розбудова РЕ є



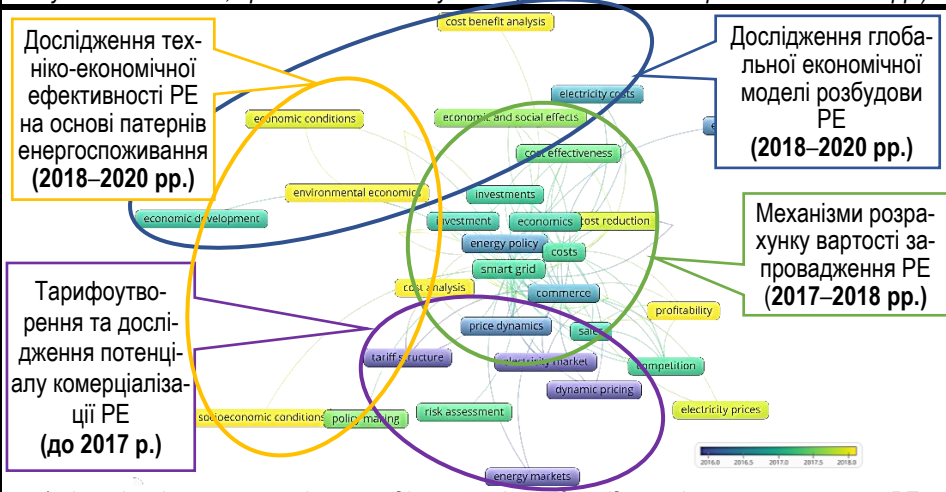
а) порівняння динаміки пошукових запитів у Google з питань РЕ, розумного вимірювання та розподіленої енергогенерації (а.1) і наукових публікацій щодо розвитку РЕ, проіндексованих наукометричною базою даних Scopus (а.2) за 2008–2020 рр.



б) виявлення напрямків крос-секторних досліджень РЕ (більший діаметр кола означає більшу частоту згадування відповідного поняття як ключового слова поряд із РЕ в наукових статтях, проіндексованих наукометричною базою Scopus за 2008–2020 рр.)



в) візуалізаційна карта співавторства вчених (критерій – країна, зазначена в афіліації), спільні публікації яких із питань РЕ проіндексовано базою даних Scopus у 2008–2020 рр.



г) візуалізаційна карта зміни трендів економічних досліджень із питань розвитку РЕ, опублікованих у 2008–2020 рр. у виданнях бази даних Scopus

Рисунок 1 – Результати трендового (Google Trends) та бібліометричного (VOSviewer v.1.6.10) аналізів наукового та суспільного інтересу до питань запровадження РЕ

основою декарбонізації економіки та каталізатором змін соціально-економічного розвитку країн. Для визначення ролі та місця РЕ у формуванні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки важливо установити силу та напрямок впливу розбудови РЕ на індикатори соціального та економічного розвитку країни. З цією метою розроблено двоетапний науково-методичний підхід (рис. 2):

1) на першому етапі підтверджено гіпотезу про наявність статистично значущої різниці щодо рівнів ефективного енергоспоживання до та після впровадження політики розгортання РЕ;

2) на другому етапі для визначення поелементного впливу індикаторів ефективності політики РЕ на рівень соціально-економічного розвитку в Україні проведено регресійний аналіз. Розрахунки засвідчили, що впродовж 2006–2012 рр. в Україні спостерігався значний вплив енергоємності ВВП на індикатори економічного розвитку, а саме на обсяг чистих прямих іноземних інвестицій та рівень відкритості економіки. Однак після ратифікації Україною директив ЄС щодо розгортання РЕ (2013–2019 рр.) став очевидним позитивний вплив зниження рівня енергоємності ВВП на низку важливих індикаторів соціального розвитку країни.

Таким чином, емпірично підтверджено, що розбудова РЕ обумовлює конвергентність процесів зниження енергоємності ВВП та підвищення обсягів споживання електроенергії за рахунок зменшення її втрат в електромережах. Як свідчать розрахунки на рисунку 2, ці конвергентні процеси стають атракторами розвитку соціальної сфери, зростання рівнів зайнятості й якості життя населення, інноваційного розвитку соціальної інфраструктури та інтелектуалізації економіки. Ефективне використання енергії внаслідок подальшої розбудови РЕ дозволить істотно зменшити потребу у виробництві додаткових обсягів енергоресурсів.

У другому розділі «**Теоретико-методичні засади оцінювання ефективності запровадження розумних енергомереж в енергетичному секторі економіки**» розроблено методичне підґрунтя компаративного аналізу наявних систем оцінювання функціонування РЕ, запропоновано методичний інструментарій інтегрального оцінювання ефективності функціонування РЕ.

У роботі узагальнено світовий досвід створення систем оцінювання ефективності РЕ (американські – IBM Smart Grid Maturity Model (IBM), DOE Smart Grid Development Evaluation System (DOE), EPRI Smart Grid Construction Assessment Indicators (EPRI); європейські – EU Smart Grid Assessment Benefits Systems (EUA); китайські – «Two Type» grid index system (TTS), Grid development assessment index system (GDA), Smart grid pilot project evaluation indicator system (PPE), Evaluation Model of a Smart Grid Development Level Based on Differentiation of Development Demand (DDD)), етапи їх формування (першими було розроблено системи оцінювання IBM, DOE, EPRI, потім – EUA, PPE, TTS, GDA, однією з найсучасніших є DDD), особливості застосування в різних країнах світу. Результати дослідження склали підґрунтя для їх класифікації за цільовим призначенням: для оцінювання ефективності РЕ, що лише проєктуються та заплановані до впровадження в майбутньому, рекомендовано застосовувати системи IBM і PPE; для аудиту вже існуючих РЕ – системи DDD, GDA та TTS. Системи EUA, DOE

Формування інформаційної бази дослідження		Джерела статистичної інформації: офіційні дані ОЕСР, Світового банку, Світової енергетичної статистики Yearbook, Державної служби статистики України. Часовий діапазон – 2006-2019 рр.																					
Етап 1. Перевірка гіпотези про існування статистично значущої різниці щодо рівнів ефективного енергоспоживання до та після впровадження політики розгортання РЕ (біфуркаційним періодом обрано 2012 р. – прийняття Директиви Європейського парламенту та Ради № 2012/27/EU від 25.10.2012 р.)		Методи дослідження: перевірка характеру розподілу даних (тест Шапіро–Уїлка), рівності дисперсій вибірок (тест Левене), порівняння середніх двох незалежних вибірок (параметричний (t-критерій Стьюдента) або непараметричний (критерій суми рангів Уїлкоксона) тести). Індикатор порівняння – енергоємність ВВП. Програмне забезпечення – Stata 14.0/SE																					
Результати тесту Шапіро – Уїлка: вибірка має нормальний розподіл		Результати тесту Левене: рівність дисперсій вибірок																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>W</th> <th>V</th> <th>z</th> <th>Prob > z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.92857</td> <td>1.322</td> <td>0.550</td> <td>0.29130</td> </tr> </tbody> </table>		W	V	z	Prob > z	0.92857	1.322	0.550	0.29130	<table border="1"> <thead> <tr> <th>W0</th> <th>W50</th> <th>W10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.94 (0.35)</td> <td>0.93 (0.35)</td> <td>0.94 (0.35)</td> </tr> </tbody> </table>		W0	W50	W10	0.94 (0.35)	0.93 (0.35)	0.94 (0.35)						
W	V	z	Prob > z																				
0.92857	1.322	0.550	0.29130																				
W0	W50	W10																					
0.94 (0.35)	0.93 (0.35)	0.94 (0.35)																					
Результати параметричного тесту: існування статистично значимої різниці між рівнями ефективного енергоспоживання до та після впровадження політики розгортання РЕ в Україні		W – статистика тесту; V – показник відхилення від нормальності; W0, W50, W10 – статистика тесту за середнім, медіаною, 10 % усіченням середнього; Ha – альтернативна гіпотеза; diff – різниця між вибірками; Prob > z та в дужках – рівень статистичної значущості																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Період</th> <th>Середнє значення</th> <th>Стандартна похибка</th> <th>Стандартне відхилення</th> <th>95 % довірчий інтервал</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006–2012 рр.</td> <td>0.2048571</td> <td>0.0037444</td> <td>0.0099067</td> <td>[0.195695; 0.2140193]</td> </tr> <tr> <td>2013–2019 рр.</td> <td>0.1581238</td> <td>0.0059332</td> <td>0.0156977</td> <td>[0.1436058; 0.1726418]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ha: diff < 0 (1.000)</td> <td colspan="2">Ha: diff ≠ 0 (0.000)</td> <td>Ha: diff > 0 (0.000)</td> </tr> </tbody> </table>				Період	Середнє значення	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	95 % довірчий інтервал	2006–2012 рр.	0.2048571	0.0037444	0.0099067	[0.195695; 0.2140193]	2013–2019 рр.	0.1581238	0.0059332	0.0156977	[0.1436058; 0.1726418]	Ha: diff < 0 (1.000)		Ha: diff ≠ 0 (0.000)		Ha: diff > 0 (0.000)
Період	Середнє значення			Стандартна похибка	Стандартне відхилення	95 % довірчий інтервал																	
2006–2012 рр.	0.2048571	0.0037444	0.0099067	[0.195695; 0.2140193]																			
2013–2019 рр.	0.1581238	0.0059332	0.0156977	[0.1436058; 0.1726418]																			
Ha: diff < 0 (1.000)		Ha: diff ≠ 0 (0.000)		Ha: diff > 0 (0.000)																			
Етап 2. Визначення впливу політики розгортання РЕ на рівень соціально-економічного розвитку країни		Методи дослідження: виявлення взаємозв'язків – регресійний аналіз часових даних. Специфікація моделі: $CE = \alpha_0 + \beta_1 PE_i + \varepsilon$, де α_0 – константа рівняння; β_1 – пошукові параметри; CE – показники рівня розвитку соціально-економічного розвитку країни; PE – показники прямого впливу політики PE; ε – похибка																					
Параметри моделі	Ендогенні змінні (регресанди): K – обсяги валового основного капіталу в країні (дол. США); L – чисельність зайнятого населення в країні (осіб); GDP – ВВП країни (дол. США); FDI – обсяг чистих прямих іноземних інвестицій (дол. США); HDI – індекс людського розвитку (за даними аналітичних звітів ООН); R&D – обсяг видатків на дослідження та розвиток (% від ВВП); Trade – рівень відкритості економіки (% , сума експорту та імпорту товарів і послуг до ВВП); U – рівень урбанізації (% , частка міського населення в його загальній кількості)																						
	Екзогенні змінні (регресори): Ec – споживання електроенергії (кВт-год/т чистого надходження сировини); En – енергоємність ВВП (тонн нафтового еквівалента / тис. дол США).																						
Результати моделювання (фрагмент)																							
Змінна		Коеф. при регресорі		Значущість регресора		R ²		Сила зв'язку		Адекватність моделі		Напрямок впливу											
Регресор: Ec		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)										
	L	0.22	0.71	0.09	0.03	0.47	0.66	Помірна	Висока	Адекватна	Адекватна	Позитивний	Позитивний										
	HDI	-0.21	0.03	0.00	0.03	0.92	0.67	Висока	Висока	Адекватна	Адекватна	Негативний	Позитивний										
	R&D	1.28	2.56	0.06	0.00	0.52	0.92	Помірна	Висока	Адекватна	Адекватна	Позитивний	Позитивний										
Регресор: En	U	26.7	0.03	0.00	0.00	0.79	0.95	Висока	Висока	Адекватна	Адекватна	Позитивний	Позитивний										
	L	-0.11	-0.91	0.55	0.01	0.07	0.73	Слабка	Висока	Неадекватна	Адекватна	Негативний	Негативний										
	GDP	3.48	0.92	0.07	0.53	0.49	0.08	Помірна	Слабка	Адекватна	Неадекватна	Позитивний	Позитивний										
	FDI	5.27	-4.08	0.07	0.493	0.49	0.09	Помірна	Слабка	Адекватна	Неадекватна	Позитивний	Негативний										
	HDI	0.01	-0.04	0.92	0.03	0.01	0.61	Слабка	Висока	Неадекватна	Адекватна	Позитивний	Негативний										
R&D	-1.13	-3.05	0.22	0.00	0.27	0.89	Слабка	Висока	Неадекватна	Адекватна	Негативний	Негативний											
Trade	1.19	0.72	0.07	0.84	0.51	0.08	Помірна	Слабка	Адекватна	Неадекватна	Позитивний	Позитивний											
U	0.02	-0.03	0.63	0.00	0.05	0.91	Слабка	Висока	Неадекватна	Адекватна	Позитивний	Негативний											

(1) – 2006–2012 рр.; (2) – 2013–2019 рр.; R² – коефіцієнт детермінації. Затінені сірим комірки ідентифікують показники, з якими виявлено високий та статистично значущий зв'язок. Вплив на решту показників соціально-економічного розвитку країни є статистично не значущим

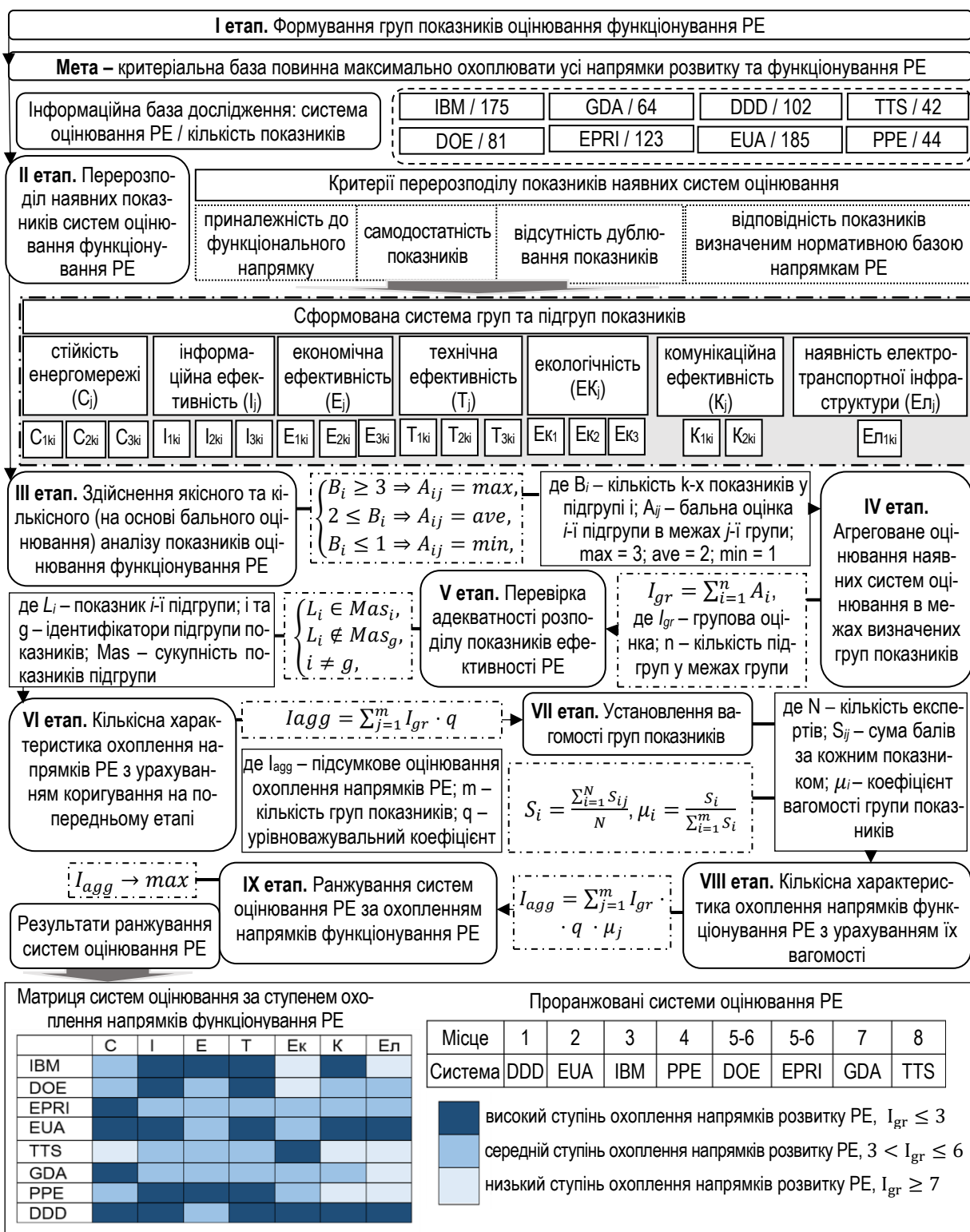
Рисунок 2 – Науково-методичний підхід та результати визначення впливу політики розгортання РЕ на рівень соціально-економічного розвитку країни

та EPRI можуть бути з успіхом використані в обох цих випадках.

У роботі розроблено методичний інструментарій компаративного аналізу наявних систем оцінювання ефективності РЕ (рис. 3), що враховує 7 груп та 18 підгруп індикаторів. Індикатори стійкості енергомережі описують її здатність знижувати рівень аварійності та кількість випадків відмов системи, самовідновлюватися після аварій та підтримувати необхідні для її функціонування параметри, гарантувати безпечність за рахунок застосування протиаварійних систем. Для визначення інформаційної ефективності РЕ запропоновано індикатори, що описують застосовувані системи моніторингу та контролю, забезпечення онлайн-доступу до управління енергоспоживанням, засоби інтелектуалізації РЕ, підтримання необхідного рівня кібербезпеки, застосування інформаційно-аналітичних систем управління РЕ (наприклад, ERP). Економічну ефективність РЕ запропоновано вимірювати показниками обсягу, структури та джерел капітальних інвестицій, наявністю систем оптимізації управління активами і ефективності сформованої бізнес-моделі. Для квантифікації технічної ефективності РЕ визначено індикатори рівня автоматизації обладнання та продуктивності процесів, застосування техніко-технологічних рішень з інтегрування розподіленої енергогенерації до енергосистеми. До індикаторів екологічності РЕ запропоновано віднести характеристики рівня екодеструктивного впливу та декарбонізації РЕ, ефективності використання земельних ресурсів і запровадження технологій відновлюваної енергетики. Комунікаційну ефективність запропоновано визначати відповідно до рівня відкритості РЕ для стейкхолдерів через використання інформаційної політики рівного доступу, універсальних процедур та стандартів, а також залучення споживачів до віддаленого управління енергоспоживанням. Наявність у структурі РЕ електротранспортної інфраструктури пропонується оцінювати через динаміку та геопросторові параметри розбудови електрифікаційної інфраструктури і врахування її зростання в межах інтегрованої РЕ.

Такий підхід дозволяє здійснити таргетоване оцінювання ефективності прийнятої політики розбудови РЕ з урахуванням цільової настанови розвитку ЄСЄ: перехід до вуглецево-нейтральної економіки, зниження обсягів викидів/скидів шкідливих речовин у навколишнє природне середовище, збільшення питомої ваги відновлюваних джерел енергії в структурі енергетичного балансу країни, забезпечення самовідновлення та безпеки енергосистеми тощо.

Результати компаративного аналізу засвідчили, що напрацьовані світовою практикою підходи не дозволяють комплексно враховувати прямі та опосередковані ефекти як від реалізації окремих проєктів РЕ, так і від їх системної розбудови на рівні окремого регіону і країни в цілому. Для вирішення цієї проблеми розроблено науково-методичний підхід до інтегрального оцінювання ефективності функціонування РЕ (рис. 4), що передбачає врахування: 1) максимально широкого спектра напрямків функціонування РЕ та їх впливу на розвиток ЄСЄ; 2) пріоритетності цілей оцінювання РЕ; 3) ефективності РЕ та відповідності результатів їх функціонування очікуваним або встановленим таргетам; 4) можливості подальшої оптимізації РЕ та забезпечення їх відповідності максимальним



S_{1ki} – самовідновлення системи; S_{2ki} – надійність системи; S_{3ki} – безпека системи; I_{1ki} – система моніторингу, контролю та інформатизація клієнтів; I_{2ki} – енергетичний інтернет та інформатизація клієнтів; I_{3ki} – ERP-системи та підтримання ухвалення рішень; E_{1ki} – капітальні інвестиції; E_{2ki} – оптимізація управління активами; E_{3ki} – формування бізнес-моделі; T_{1ki} – автоматизація; T_{2ki} – розподілена енергогенерація; T_{3ki} – продуктивність; EK_{1ki} – зниження викидів шкідливих речовин; EK_{2ki} – використання земельних ресурсів; EK_{3ki} – застосування альтернативної енергетики та розподілена енергогенерація; K_{1ki} – політика відкритості; K_{2ki} – взаємодія зі споживачами; Ел_{1ki} – електричні транспортні засоби.

Рисунок 3 – Методичний інструментарій та результати компаративного аналізу систем оцінювання ефективності РЕ

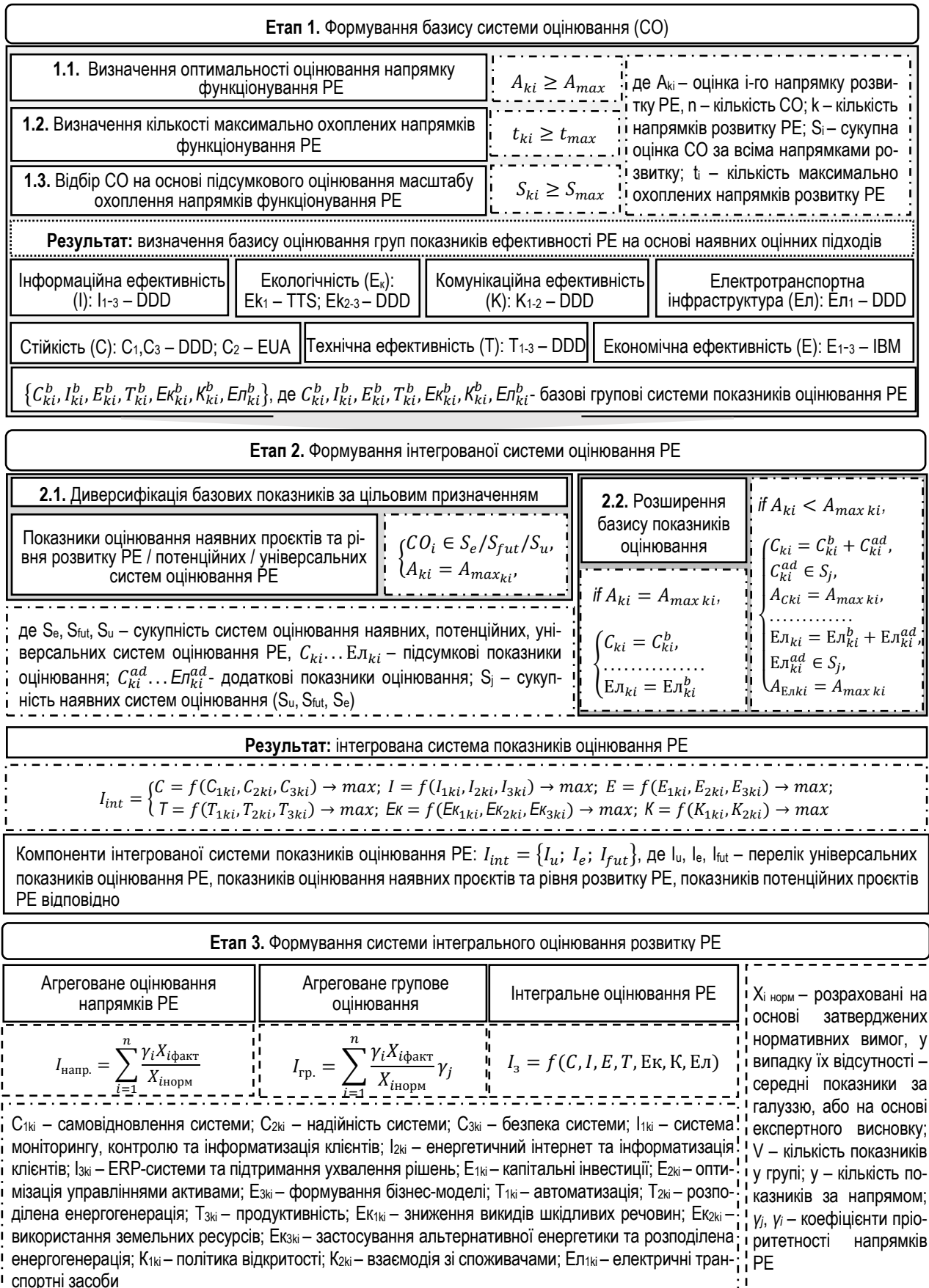


Рисунок 4 – Методичний інструментарій та результати інтегрального оцінювання ефективності функціонування РЕ

вимогам щодо стійкості мережі, інформаційної, економічної та технічної ефективності РЕ, екологічності, здатності до інтеграції з мікромережами і мережами вищого ієрархічного рівня. Розроблений науково-методичний підхід дозволить оцінити рівень асинхронності державної енергетичної політики України з європейськими практиками та швидкості її реагування на зміни в енергетичних стандартах, виявити статистично значущі патерни детермінант ефективного функціонування РЕ, формалізувати «слабкі місця», «критичні точки» та атрактори, що гальмують трансформацію застарілих енергомереж, удосконалити організаційно-економічне і нормативно-правове забезпечення розбудови РЕ в умовах обмеженості ресурсів, деталізувати пріоритетні напрямки реформування ЕСЕ.

У третьому розділі **«Напрямки реалізації державної політики розбудови розумних енергомереж для формування в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки згідно з вимогами єдиної енергополітики Європейського Союзу»** розроблено дорожню карту розбудови РЕ в Україні та організаційно-комунікаційну схему взаємодії стейкхолдерів у разі її запровадження.

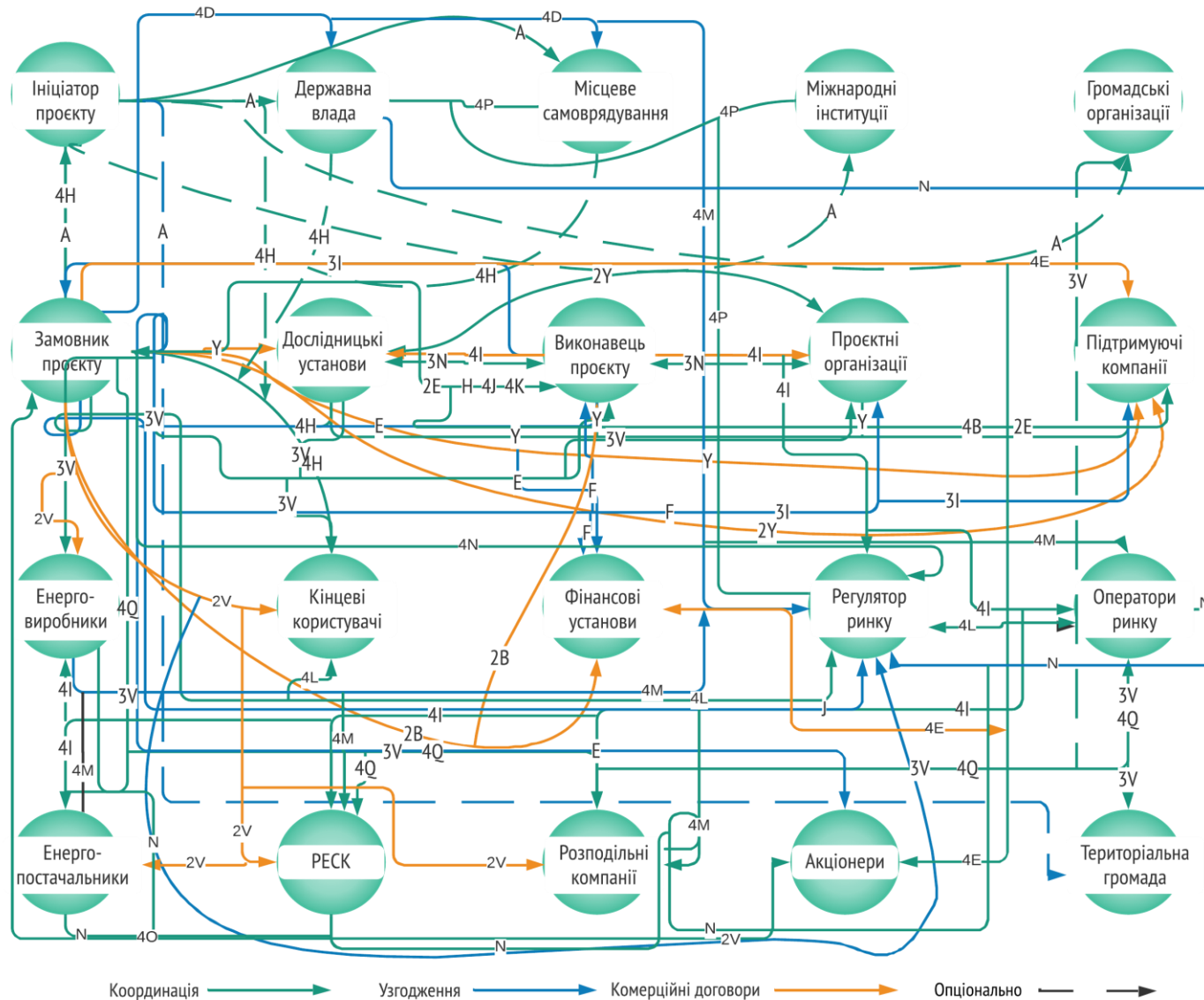
Аналіз наукового доробку дозволив визначити підходи до запровадження РЕ на національному та міжнародному рівнях (на прикладі ЄС) і визначити сукупність детермінант, що обумовлюють стратегічний перехід від традиційної архітектури енергосистеми до інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки. Ретроспективний аналіз засвідчив, що найбільш вагомими з них є технологічні обмеження, несформована бізнес-модель, висока капіталоємність та екологічні вимоги. Комбінація цих факторів призвела до формування таких моделей розвитку РЕ: 1) поетапної розбудови РЕ (країни ЄС) – послідовного впровадження інтелектуальних технологій в ЕСЕ (від «розумного вимірювання» до «дисперсної енергосистеми»); 2) локалізації РЕ (США) – створення повнофункціональної РЕ на обмеженій території з її подальшою інтеграцією до глобальної енергосистеми. Результати бенчмаркінг-аналізу кращих практик, що використовуються у разі запровадження цих моделей, ураховані під час розроблення дорожньої карти запровадження РЕ в ЕСЕ України (рис. 5). В її основу покладена гібридна модель (на основі поєднання моделей поетапної розбудови та локалізації РЕ), якою передбачені масове розгортання однорідних розумних енерготехнологій та одночасна реалізація пілотних проєктів РЕ. Урахування світового досвіду, наявних передумов та системи техніко-технологічних, економічних та інституційних обмежень розвитку РЕ в Україні дозволило визначити найбільш значущі напрямки діяльності, які потребують узгодженої в часі та скоординованої кооперації ключових стейкхолдерів, що сприятиме швидкому переходу від реалізації окремих пілотних проєктів РЕ до їх взаємоінтеграції та імплементації до національної енергомережі. На кожному з трьох передбачених дорожньою картою етапів визначений перелік регуляторних інтервенцій, заходів із запровадження сучасної енергоінфраструктури, стимулювання науково-дослідної діяльності, трансферу технологій та реалізації принципів відкритості енергомережі.

Для реалізації запропонованої дорожньої карти запровадження РЕ в Україні розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії стейкхолдерів (рис. 6),

	Етап 1. Пристосування розподіленої енергогенерації до енергосистеми	Етап 2. Створення децентралізованої енергомережі	Етап 3. Створення дисперсної енергомережі	Стейкхолдери
Енергоефективна політика та регулювання	Розгортання систем розумного вимірювання			(Д, Е)
	Оновлення нормативної бази розвитку електрифікаційної інфраструктури			(Д)
	Розроблення та впровадження системи стимулювання використання ел. транспорту та ел. опалення			(Д)
	Розроблення стандартів та структурування взаємодії між агрегаторами та енергопостачальниками			(Д, Е)
	Розвиток енергоринку із залученням споживачів до розподіленої енергогенерації			(Д, Е)
	Технічна стандартизація, регуляризація протоколів комунікації			(Д, Н, Е)
	Забезпечення конфіденційності, захисту власності та безпеки клієнтської інформації			(Е, Д)
Інфраструктура	Забезпечення кібербезпеки за рахунок стандартизації, регулювання та бенчмаркінгу			(Е, Д)
	Постійні інвестиції в РЕ			(Е, Д)
	Оновлення енергоінфраструктури на основі РЕ	Збільшення частки РЕ у ЕСЕ до 50 %	Збільшення частки РЕ у ЕСЕ понад 50 %	(Е)
	Реалізація проєктів альтернативної енергогенерації			(Е, Д, Н)
	Інтеграція проєктів альтернативної енергетики та розподіленої енергогенерації в РЕ			(Е, Д)
	Виведення на ринок «віртуальних електростанцій» та стимулювання розподіленої енергогенерації			(Е, Д)
	Інвестування в системи моніторингу і контролю розподільної мережі			(Е, Д)
Інвестування в енергогенерацію з відновлюваних джерел			(Д, Е, Н)	
Технології, інновації та дослідження	Дослідження та стимулювання загальносистемних механізмів стабілізації РЕ			(Д, Е)
	Дослідження технологій для РЕ	Участь у міжнародних проєктах дослідження РЕ		(Д, Е, Н)
	Підготовка працівників у галузі РЕ (зокрема науковців)			(Д, Е)
	Розумне онлайн-вимірювання викидів CO2			(Е)
	Забезпечення гнучкої тарифікації використання енергії			(Д, Е, Н)
	Пілотні дослідження управління попитом та автоматизованого контролю			(Д, Е, Н)
	Реалізація дослідницьких проєктів: інформаційно-комунікаційні технології, моніторинг та контроль. Міжнародна співпраця			(Д, Е, Н)
Демонстраційні проєкти для визначення витрат, параметрів безпеки та стійкості			(Д, Е, Н)	
Залучення клієнтів та політика відкритості	Пілотні проєкти з акумулювання енергії			(Д, Е)
	Дослідження потенціалу водневої енергії			(Д, Е, Н)
	Навчання та залучення споживачів до управління енергомережею			(Д, Е, Н)
	Розроблення та демонстрація технологій для кінцевого споживача			(Д, Е, Н)
	Розроблення інструментів енергоспоживання та бізнес-моделі, стимулювання реагування споживачів на зміни на енергоринку			(Д, Е, Н)
Стандартизація, субсидіювання, стимулювання використання розумних пристроїв			(Д, Е)	
Кодифікування найкращих практик енергоефективності та автоматизованого реагування на попит		Стимулювання широкомасштабного розгортання пілотних проєктів енергоефективності та автоматизованих програм реагування на попит		(Д, Е)

Д – уряд, органи державної влади та місцевого самоврядування; Н – фінансово-кредитні організації, домогосподарства, промислові енергоспоживачі, надавачі послуг для ЕСЕ, проєктні, науково-дослідні організації; Е – енергогенеруючі та енергорозподільчі компанії, енергопостачальники та регулятор енергоринку (НКРЕКП)

Рисунок 5 – Дорожня карта запровадження РЕ в Україні



Процеси запровадження РЕ:

A – формування бачення РЕ; 4Н – оцінювання ефективності проєкту; 3V – визначення активів та програм у ланцюжку вартості; 2V – масштабування розподіленої енергогенерації; 3I – стратегічне планування робочої сили; 4M – тарифоутворення; N – оптимізація регуляторної політики; 4Q – оптимізація використання активів учасниками ланцюга постачання; 4O – формування загальної стратегії розширення; 4D – реалізація та розподіл доходу від додаткових послуг; Y – вивчення стратегічної ІТ-інфраструктури РЕ; 4I – розроблення підходів до впровадження GIS та RAM; 4L – залучення клієнтів розподілу навантаження; 3N – пілотне розгортання систем розумного вимірювання; 4N – формування умов інтеграції до мереж вищого рівня; 2E – узгодження бізнес-процесів РЕ з ІТ-інфраструктурою; E – затвердження стратегії або схвалення бізнес-плану; 2B – тактичні інвестиції в ІТ узгоджені зі стратегічною ІТ-архітектурою; 4P – підтримання нових підприємств за рахунок організаційних змін; H – інтеграція стратегії РЕ до корпоративної; 4J – формування збалансованої системи показників; 4K – СВМ, інтеграція RAM; F – узгодження інвестування з візією проєкту; 2Y – випробування нових технічних та комунікаційних пристроїв і технологій; J – узгодження з регулятором інвестування в РЕ та їх впровадження; 4B – забезпечення відкритості інформації про ринок та споживання для використання системами енергоспоживання у споживачів; 4E – оптимізаційне моделювання розширення та диверсифікації РЕ.

РЕСК – роздрібні енергетичні сервісні компанії

Рисунок 6 – Організаційно-комунікаційна схема взаємодії стейкхолдерів (фрагмент)

яка на відміну від наявних підходів, ураховує стратегію розвитку РЕ, стадію виконання проєкту, систему техніко-технологічних обмежень, соціально-організаційні та екологічні фактори. В її основу покладено модифікацію моделі зрілості РЕ. Розроблена організаційно-комунікаційна схема взаємодії стейкхолдерів сприятиме збільшенню потенціалу їх кооперації, інтеграції ланцюгів вартості, зростанню ефективності управління активами в ЕСЕ та створить передумови для масштабування окремих пілотних проєктів РЕ на рівень національної економіки. Вона дозволяє виявити антагонізм та бар'єри при взаємодії стейкхолдерів, внутрішньосистемні та екстернальні конфлікти їх інтересів, а також формалізовано описати найбільш ефективні механізми регуляторних інтервенцій для впорядкування відносин зацікавлених сторін у процесі запровадження РЕ.

ВИСНОВКИ

1. Результати трендового (Google Trends) та бібліометричного аналізу (VOSviewer v.1.6.10) дозволили здійснити еволюційний, географічний і змістовний аналіз наукового й суспільного інтересу до питань РЕ, у результаті якого впродовж 2008–2020 рр. визначено та описано чотири еволюційні етапи інтересу до РЕ, які тісно корелюють із тенденціями запровадження РЕ в ЕСЕ провідних країн світу. Виявлено п'ять найбільш потужних наукових дослідницьких мереж та охарактеризовано особливості міжнародної кооперації науковців у дослідженнях розвитку РЕ. Установлено, що найбільшу кількість спільних публікацій, афілійованих до науково-дослідних установ різних країн, мають дослідники з країн ЄС, тоді як найбільшу кількість публікації з цієї тематики мають американські науковці, але їх дослідження переважно мононаціональні. Виокремлено п'ять кластерів крос-секторних досліджень та ідентифіковано найбільш релевантні їх напрямки, здійснено трендовий аналіз і виявлено зміни контексту економічних досліджень щодо запровадження РЕ в ЕСЕ, які свідчать про зміну вектора наукового інтересу від питань тарифоутворення, пошуку шляхів комерціалізації РЕ та розрахунку вартості їх запровадження до питань дослідження глобальної економічної моделі розбудови РЕ, максимізації її техніко-економічної ефективності на основі патернів енергоспоживання.

2. Теоретично обґрунтовано й емпірично підтверджено засобами статистичного аналізу гіпотезу щодо впливу РЕ на індикатори соціального й економічного розвитку України та визначено роль ефективної політики запровадження РЕ у розбудові в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки. Доведено, що зниження енергоємності ВВП на 1 % спричинило зростання чисельності зайнятого населення на 0,91 %, індексу людського розвитку – на 0,04 %, рівня урбанізації – на 0,03 %, індексу видатків на дослідження та розвиток – на 3,05 %. Підтверджено, що рівень розбудови РЕ і її складові є драйверами соціально-економічного розвитку держави, та обґрунтовано необхідність реалізації реформи розбудови РЕ відповідно до єдиної енергополітики ЄС.

3. Розроблено науково-методичний підхід до компаративного аналізу наявних систем оцінювання РЕ, в основу якого покладено визначення масштабу врахування основних їх характеристик (стійкість, інформаційна, економічна, технічна та комунікативна ефективність, екологічність, наявність у структурі РЕ електротранспортної інфраструктури), що дозволяє поелементно оцінити та порівнювати наявні системи вимірювання ефективності РЕ. У результаті здійсненого аналізу для оцінювання ефективності майбутніх РЕ рекомендовано застосовувати системи IBM та PPE; для аудиту вже існуючих РЕ – системи DDD, GDA та TTS. Системи EUA, DOE та EPRI можуть бути використані в обох випадках. Урахуванням цільової настанови розвитку ЕСЕ (зниження викидів / скидів шкідливих речовин, збільшення питомої ваги відновлюваних джерел енергії, забезпечення самовідновлення та безпеки енергосистеми тощо) під час використання розробленого підходу дозволяє здійснити таргетоване оцінювання ефективності прийнятої політики розбудови РЕ.

4. Розроблено науково-методичний підхід до інтегрального оцінювання ефективності функціонування РЕ, що передбачає врахування його цільового призначення (аналіз потенційних або аудит уже функціонуючих РЕ, а також діагностика стану розвитку РЕ на регіональному й державному рівнях), і прямих та опосередкованих ефектів, можливостей подальшої оптимізації РЕ. Це дозволяє виявити статистично значущі патерни детермінант ефективного функціонування РЕ, ідентифікувати «слабкі місця» та «критичні точки», які стримують модернізацію вітчизняної енергосистеми.

5. На основі гібридної моделі розвитку РЕ розроблено дорожню карту їх запровадження в ЕСЕ, яка враховує комплекс техніко-технологічних, економічних, інституційних передумов та систему обмежень розвитку РЕ. У ній передбачено перелік конкретних заходів та відповідальність стейкхолдерів на кожному етапі трансформації енергосистеми: від традиційної її моделі до дисперсної енергомережі.

6. Розроблено організаційно-комунікаційну схему взаємодії стейкхолдерів, що ґрунтується на модифікованій моделі зрілості РЕ та описує кооперацію стейкхолдерів на усіх етапах життєвого циклу РЕ: від розроблення і впровадження проєктів РЕ до їх розвитку та інтеграції до глобальної енергосистеми. Запропонована схема враховує стратегію розвитку РЕ, стадію виконання проєкту, систему техніко-технологічних обмежень, соціально-організаційні та екологічні фактори, що дозволяє сформулювати узгоджені за інтересами патерни взаємодії стейкхолдерів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Розділи у колективних монографіях

1. Kolosok S., Zakharkina L., Vakulenko I. Concept of energy cooperation in Europe. *European energy collaboration: modern smart specialization strategies* : monograph / edited by T. Vasylieva, S. Kolosok. Szczecin, 2019. P. 54–71

(0,82 друк. арк.). *Особистий внесок: визначення та обґрунтування стратегій впровадження РЕ (0,35 друк. арк.).*

2. Вакуленко І. А., Колосок С. І., Мареха І. С., Матвєєва Ю. Т. Класифікація розумних та безпечних рішень в енергетиці. *Досвід розбудови розумних енергетичних мереж на міжнародному рівні* : монографія / за ред. С. І. Колосок. Суми, 2019. С. 71–81 (0,40 друк. арк.). *Особистий внесок: розроблення класифікації технологій РЕ (0,20 друк. арк.).*

Статті в наукових фахових виданнях України

3. Вакуленко І. А., Лук'янихіна О. А. Сучасні тенденції розвитку ринку біопалива у світі (огляд). *Збірник наукових праць Буковинського університету* (Google Scholar). 2011. №7. С. 43–51 (0,95 друк. арк.). *Особистий внесок: визначено тенденції та перспективи ринку біопалива (0,80 друк. арк.).*

4. Теліженко О. М., Вакуленко І. А., Мирошніченко Ю. О. Методичні підходи до оцінки соціо-еколого-економічної ефективності інвестиційних проєктів з енергозбереження. *Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит* (BASE та ін.). 2014. № 11. С. 40–51 (0,78 друк. арк.). *Особистий внесок: удосконалено методичні засади оцінювання енергоефективних проєктів (0,34 друк. арк.).*

5. Вакуленко І. А., Денисенко П. А. Стратегічні питання розвитку енергетики України: інноваційний, інтеграційний та екологічний аспекти. *Механізм регулювання економіки* (Index Copernicus). 2018. № 4. С. 110–118 (0,69 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано стратегію розвитку ЕСЕ (0,41 друк. арк.).*

6. Вакуленко І. А., Колосок С. І. Взаємозв'язок Smart Grids концепції з оновленням теплоенергетики України. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»* (SIS та ін.). 2019. № 1. С. 14–18 (0,35 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано місце РЕ в модернізації теплоенергетики (0,25 друк. арк.).*

7. Матвєєва Ю. Т., Колосок С. І., Вакуленко І. А. Аналіз зарубіжного досвіду щодо забезпечення енергетичної ефективності на основі моделі smart grid. *Ефективна економіка*. (Index Copernicus та ін.). 2019. № 4. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=6987> (0,81 друк. арк.). *Особистий внесок: визначено очікувані результати впровадження РЕ (0,1 друк. арк.).*

8. Вакуленко І. А. Ефективність розумних енергомереж: китайський підхід. *Механізм регулювання економіки* (Index Copernicus та ін.). 2019. № 4. С. 24–31 (0,50 друк. арк.).

9. Вакуленко І. А. Розгортання «розумних» енергетичних мереж як елемент системи модернізації енергетичного сектору економіки України. *Науковий вісник Полісся* (Index Copernicus та ін.). 2019. № 2. С. 97–106 (0,46 друк. арк.).

10. Вакуленко І. А., Колосок С. І. Типологізація «розумних» екологобезпечних енергетичних рішень, адаптованих до особливостей вітчизняних енергомереж. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»* (SIS та ін.). 2019. № 2. С. 21–25 (0,39 друк. арк.). *Особистий внесок: визначено адаптовані до ЕСЕ України технології РЕ (0,25 друк. арк.).*

11. Вакуленко І. А., Колосок С. І., Прийменко С. А., Матвєєва Ю. Т. Формування базису проведення енергетичних реформ із застосуванням «розумних» технологій. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»* (SIS та ін.). 2019. № 3. С. 40–45 (0,42 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано передумови для системної розбудови РЕ* (0,21 друк. арк.).

12. Вакуленко І. А. Оцінювання ефективності розгортання розумних енергетичних мереж із застосуванням моделі зрілості смарт-мережі (IBM SMART GRID MATURITY MODEL, SGMM). *Вісник Хмельницького національного університету* (Index Copernicus та ін.). 2019. № 4. С. 16–19 (0,48 друк. арк.).

13. Вакуленко І. А., Колосок С. І., Прийменко С. А., Матвєєва Ю. Т. Підходи до розгортання розумних енергетичних мереж. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»* (SIS та ін.). 2019. № 4. С. 56–61 (0,42 друк. арк.). *Особистий внесок: визначено стратегічні підходи до впровадження РЕ* (0,30 друк. арк.).

14. Вакуленко І. А. Порівняльний огляд систем оцінювання розумних енергомереж: економічний аспект. *Галицький економічний вісник* (Index Copernicus та ін.). 2020. Том 64, № 3. С. 128–136 (0,62 друк. арк.).

15. Вакуленко І. А. Окремі питання розбудови розумних енергомереж: система оцінювання DOE. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Економіка і управління»* (Index Copernicus та ін.). 2020. № 2. С. 51–56 (0,41 друк. арк.).

Статті в зарубіжних наукових виданнях

16. Vakulenko I., Myroshnychenko Iu. Approaches to the organization of the energy efficient activity at the regional level in the context of limited budget resources during the transformation of energy market paradigm. *Environmental and Climate Technologies* (Scopus та ін.). 2015. Vol. 15 (1). P. 59–76 (1,24 друк. арк.). *Особистий внесок: визначено напрямки реалізації державної енергетичної політики* (0,8 друк. арк.).

Тези доповідей на науково-практичних конференціях

17. Вакуленко І. А. Перспективи розвитку альтернативної енергетики в сучасних умовах. *Екологічний менеджмент у загальній системі управління* : тези доп. X Щорічн. всеукр. наук. конф. (м. Суми, 20–21 квіт. 2010 р.). Суми, 2010. Ч. 1. С. 29–31 (0,09 друк. арк.).

18. Вакуленко І. А., Лук'янихіна О. А. Еколого-економічні аспекти трансформації системи енергетичної безпеки в Україні. *Екологічний менеджмент у загальній системі управління* : зб. тез доп. XI Щорічн. всеукр. наук. конф. (м. Суми, 20–21 квіт. 2011 р.). Суми, 2011. Ч. 1. С. 182–185 (0,17 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано загрози національній безпеці України в ЕСЕ* (0,09 друк. арк.).

19. Вакуленко І. А. Еколого-економічний антагонізм розвитку альтернативної енергетики в країнах, що розвиваються. *Економічні проблеми сталого розвитку* : матеріали доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю наукової

діяльності ф-ту економіки та менеджменту СумДУ (м. Суми, 3–5 квіт. 2012 р.). Суми, 2012. Т. 4. С. 195 (0,05 друк. арк.).

20. Вакуленко І. А. Альтернативна енергетика в умовах фінансово-економічної кризи. *Екологічний менеджмент у загальній системі управління* : зб. тез доп. XIII Щорічн. всеукр. наук. конф. (м. Суми, 17–18 квіт. 2013 р.). Суми, 2013. С. 25–27 (0,08 друк. арк.).

21. Vakulenko I. Public planning for innovative development on the example of the energy sector. *Science of 2018. Outcomes* : proceedings of XXXX International scientific conference. Morrisville : Lulu Press, 2018. P.43–45 (0,14 друк. арк.).

22. Vakulenko I.A. Problems of the energy sector of Ukrainian economy through the implementation of state target programs. *Kluczowe aspekty naukowej działalności* : Materiały XV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji (31 grudnia – 07 stycznia 2019). Przemysł, 2018. S. 15–17 (0,10 друк. арк.).

23. Вакуленко І. А., Сагер Л. Ю. Окремі питання планового розгортання «розумних» енергетичних мереж як інноваційної складової енергетичної політики України. *Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении* : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (г. Одесса, 16-18 мая 2019 г.). Одесса, 2019. С. 28–30 (0,11 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано системний програмно-цільовий підхід до розбудови РЕ (0,08 друк. арк.).*

24. Вакуленко І. А., Сагер Л. Ю. Комунікації між стейкхолдерами як складова розбудови розумних енергомереж. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я MicroCAD-2020* : XXVII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 13–15 трав. 2020 р.). Харків, 2020. С. 52 (0,06 друк. арк.). *Особистий внесок: обґрунтовано необхідність системної взаємодії стейкхолдерів під час розбудови РЕ (0,04 друк. арк.).*

АНОТАЦІЯ

Вакуленко І. А. Організаційно-економічні засади запровадження розумних енергомереж в енергетичному секторі України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. – Сумський державний університет, Суми, 2020.

У роботі поглиблено теоретичні засади дослідження структурно-функціонального середовища формування та розвитку концепції розумних енергомереж; здійснено еволюційний, географічний і змістовний аналізи її розвитку; визначено вплив ефективності політики запровадження розумних енергомереж на соціальні й економічні індикатори розвитку та обґрунтовано їх роль у розбудові в Україні інтегрованої енергоцентрованої моделі економіки; розроблено теоретичне підґрунтя компаративного аналізу наявних систем оцінювання ефективності розумних енергомереж і запропоновано методичний інструментарій інтегрального оцінювання ефективності їх функціонування, що передбачає врахування його цільового призначення, прямих та опосередкованих ефектів від розвитку розумних енергомереж, можливостей подальшої їх оптимізації; поглиблено

методичне підґрунтя та розроблено дорожню карту запровадження розумних енергомереж в енергетичному секторі національної економіки; удосконалено методичні засади узгодження інтересів стейкхолдерів під час розбудови розумних енергомереж через застосування організаційно-комунікаційної схеми їх взаємодії.

Ключові слова: розумні енергомережі, енергетичний сектор, інтегрована енергоцентрована модель економіки, стейкхолдери, національна економіка.

SUMMARY

Vakulenko I. A. Organizational and economic principles of smart grid implementation in the energy sector of Ukraine. – Manuscript.

Thesis for a candidate degree in Economics in specialty 08.00.03 – Economics and Management of National Economy. – Sumy State University, Sumy, 2020.

The thesis examines the development of economic and organizational principles for implementing the smart grid to form an integrated energy-centric model of Ukraine's economy following the European Union's single energy policy. Accordingly, using VOSviewer v.1.6.10 and Google Trends tools, the author investigated the theoretical foundations of the study of the structural and functional environment of the smart grids concept formation and development. It allowed us to identify and describe patterns in the following dimensions. Evolutionary: in this context, four stages of the evolution of scientific and public interest in smart grids were identified and characterized during the period 2008 – august 2020. Geographical: analysis of this dimension of smart grids allowed the development of a cluster of international research networks to study smart grids' deployment. The thesis found that scientists from EU countries have the largest number of joint publications. In contrast, American researchers' publications are mono-national (prepared without foreign scientists' participation), although the absolute number of studies conducted by scientists from the United States makes them undisputed leaders. Semantic: the research identified five cross-sectoral study clusters and the most relevant areas related to smart grids. These areas are renewable energy, energy storage and electrification, energy management, and information technologies. The research also revealed trends in changing the direction of smart grids' economic analysis from approaches to tariff formation and commercialization of smart grids to study smart grids' global economic model and their technical and economic efficiency energy consumption patterns.

The thesis proposed a scientific and methodological approach to assessing the impact of smart grids' policy on country's socio-economic development. It was done through a systematic combination of tools to verify the nature of data distribution, equality of sample variances, comparison of their means, and regression analysis of time data. It allowed to empirically confirm the importance of developing smart grids in the economy's energy sector to increase its social and economic development.

A methodological basis for a comparative analysis of existing systems for evaluating smart grids' efficiency was formed. The approach was based on identifying functionally significant components of smart grids and the most relevant of them under the objectives of the energy sector of the national economy. These components are

sustainability, information, economic, technical, communicative efficiency, environmental friendliness, and electric transport infrastructure in smart grids. It allowed to evaluating and ranking the existing systems for measuring the efficiency of smart grids in state regulation of the economy's energy sector under the standard EU energy policy requirements.

The integrated approach to smart grids` efficiency evaluation was developed. The proposed method takes into account the purpose of the assessment. It allowed for a more accurate evaluation of potential or existing smart grids and measured smart grids development's effectiveness at the regional and national levels. Establishing the optimal number of areas for assessing smart grids, formalization of the methodological basis for their quantification, aggregation of indicators by groups and areas of assessment, taking into account direct and indirect effects, opportunities for further optimization of smart grids, and ensuring their compliance with the strategic task of building an integrated energy centered model in Ukraine was presented as a component of the integrated evaluation approach.

Designed roadmap for developing smart grids in Ukraine is based on benchmarking analysis of leading countries' experience. This roadmap formalizes a list of specific measures to develop domestic energy infrastructure, regulatory interventions, and policies' openness to energy-efficient solutions. The roadmap explains each stakeholders` necessary activity according to the smart grid development process's main stages. These stages are adapting distributed energy generation to the energy system, creating decentralized and dispersed energy networks. The roadmap is based on a combination of phased development and localization of smart grids. It provides for the mass deployment of homogeneous smart energy technologies and the simultaneous implementation of pilot projects for smart grids.

An organizational and communication scheme of stakeholder interaction is a tool to activate drivers for smart grids. It helps to implement energy-efficient smart grid projects and support their scaling to the national economy level. The scheme uses as a base the modification of the smart grid maturity model. The organizational and communication scheme promotes the integration of value chains, increases asset management efficiency, and creates the preconditions for further expansion of smart grids.

Keywords: Smart grids, energy sector, integrated energy-centered economy model, stakeholders, national economy.

Підписано до друку 20.11.2020.

Формат 60×90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. №695 .

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.