

УДК 001.891:519.23:620.9

Зінчук Тетяна Олексіївна*доктор економічних наук, професор,
завідувачка кафедри міжнародних
економічних відносин та європейської
інтеграції**Поліський національний університет*
ORCID: 0000-0002-5143-2394**Валінкевич Наталія Василівна***доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри економіки,
підприємництва та туризму*
Поліський національний університет
ORCID: 0000-0001-8804-868X<https://doi.org/10.25313/3083-7782-2026-4-43>

МЕТААНАЛІЗ ЯК ОСНОВА МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КЕЙС

Анотація. Вступ. Сучасний етап розвитку наукового знання характеризується стрімким зростанням обсягів емпіричних досліджень у різних галузях через мілітарний вплив, що породжує проблему фрагментації результатів та ускладнює формування цілісної картини досліджуваних явищ. Особливої актуальності ця проблема набуває у сфері енергетичних досліджень, де накопичено значний масив емпіричних даних щодо ефективності розподіленої генерації, стійкості енергетичних систем, економічної доцільності альтернативних джерел енергії та трансформаційних процесів у галузі в умовах структурних змін і воєнних викликів. За таких умов традиційні методи описового огляду літератури виявляються недостатніми для узагальнення різномірних, часто суперечливих результатів окремих досліджень, що актуалізує потребу застосування метааналітичних методів як інструменту систематизації наукового знання.

Метааналіз як методологія кількісного синтезу результатів незалежних досліджень дозволяє подолати обмеження одиничних емпіричних робіт, підвищити статистичну потужність висновків, виявити приховані закономірності та розбіжності у наявних даних, а також окреслити напрями подальших наукових пошуків. У енергетичній галузі, що перебуває під впливом множинних факторів: технологічних інновацій, регуляторних змін, кліматичних викликів та безпекових ризиків, зумовлених, зокрема, повномасштабною війною росії проти України, застосування метааналітичного підходу набуває особливого значення для обґрунтування управлінських рішень та формування доказової бази енергетичної політики.

Незважаючи на зростаючий інтерес до метааналізу як методу наукового пізнання, у вітчизняній науковій традиції бракує системних досліджень щодо специфіки його застосування саме в енергетичній проблематиці, зокрема з урахуванням просторового виміру економічного розвитку електроенергетичної галузі, сценаріїв функціонування енергетичних систем в умовах воєнного стану та формування так званих електроенергетичних островів. Що зумовлює необхідність теоретичного осмислення методологічних засад метааналізу та його адаптації до специфіки енергетичних досліджень.

Метою статті є обґрунтування метааналізу як методологічної основи наукових досліджень в енергетичній галузі та визначення особливостей його проведення.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження слугували: наукові публікації, присвячені теоретичним і прикладним аспектам застосування метааналізу як методу доказового узагальнення результатів наукових досліджень; праці вітчизняних авторів, що проводять свої науково-практичні дослідження у царині енергетики.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів. Метод узагальнення застосовано для систематизації теоретичних підходів до проведення метааналізу та визначення його ролі у формуванні доказової бази наукових досліджень. Методи аналізу і синтезу використано для дослідження сучасних методологічних підходів та узагальнення результатів проведених досліджень. Метод метааналізу задекларовано як основний інструмент наукових досліджень. Метод порівняльного аналізу



Copyright © The Author(s).

This is an open access article distributed under the terms
of the Creative Commons Attribution License 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

використано для зіставлення методологічних підходів до проведення метааналізу в різних галузях. Логічне узагальнення результатів застосовано для формулювання висновків щодо методологічних переваг використання метааналізу, обґрунтування доказового підходу при прийнятті управлінських рішень у сфері розвитку електроенергетичних островів і мікрогрідів.

Результати. У результаті дослідження розглянуто підходи до використання метааналізу як інструменту доказового узагальнення результатів наукових досліджень та обґрунтовано його роль у розвитку методології сучасної науки. Визначено основні етапи проведення метааналізу, які охоплюють формулювання наукового питання, встановлення критеріїв включення досліджень, вибір показників величини ефекту, визначення статистичної моделі, оцінювання гетерогенності та перевірку наявності систематичних похибок. Запропоновано узагальнену методологічну схему проведення метааналізу, адаптовану до специфіки досліджень у сфері енергетики, що забезпечує послідовність процедур відбору наукових джерел, статистичного узагальнення результатів та формування доказових висновків. На основі аналізу наукових публікацій визначено методичні особливості застосування метааналізу в різних галузях науки та встановлено можливість його адаптації до дослідження ефективності електроенергетичних островів і мікрогрідів. На прикладі енергетичного кейсу продемонстровано можливості практичного застосування метааналізу для узагальнення результатів досліджень щодо функціонування енергетичних островів в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення.

Отримані результати формують методологічне підґрунтя для подальшого використання метааналізу в дослідженнях енергетичної безпеки, розвитку розподіленої генерації та оцінювання ефективності проєктів післявоєнної модернізації енергетичної інфраструктури України.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні спеціалізованих баз даних результатів наукових досліджень у сфері енергетики.

Ключові слова: мета аналіз, методологія, наукові дослідження, енергетичний кейс, електроенергетика.

Постановка проблеми. Енергетична галузь України впродовж останніх років перебуває у стані безпрецедентної трансформації, зумовленої одночасною дією декількох різноспрямованих чинників: технологічною модернізацією та переходом до розподіленої генерації, необхідністю інтеграції до енергетичного простору Європейського Союзу, а також руйнівним впливом повномасштабної збройної агресії росії на критичну енергетичну інфраструктуру. Кожен із цих процесів супроводжується інтенсивним накопиченням емпіричних досліджень, статистичних звітів, галузевих аналітичних записок, дисертаційних робіт, наукових статей, які, однак, характеризуються методологічною розрізненістю, використанням несумісних показників оцінювання та відсутністю уніфікованих критеріїв порівняння результатів.

Така фрагментація породжує низку взаємопов'язаних наукових проблем.

По-перше, накопичений масив емпіричних даних щодо ефективності розподіленої генерації, економічної доцільності електроенергетичних островів та стійкості енергосистем в умовах воєнного стану залишається переважно неузагальненим: наявні дослідження здебільшого обмежуються аналізом окремих регіонів, підприємств чи часових проміжків, що унеможливляє формування цілісних, статистично обґрунтованих висновків загальногалузевого рівня.

По-друге, традиційні наративні огляди літератури, які досі домінують у вітчизняній енергетичній науці, не забезпечують необхідної методологічної строгості: вони не дозволяють кількісно оцінити узгодженість чи суперечливість результатів різних досліджень, виявити систематичні розбіжності, зумовлені відмінностями у вибірках чи методиках, або визначити сукупний ефект досліджуваних факторів.

По-третє, відсутність системного метааналітичного інструментарію ускладнює формування доказової бази для прийняття управлінських рішень на рівні енергетичних компаній, органів місцевого самоврядування та державних регуляторів, особливо в умовах, коли ціна помилкового рішення в енергетичній сфері під час війни різко зростає.

Окремої уваги потребує проблема методологічної адаптації метааналізу — методу, що набув значного поширення в медицині, психології та соціальних науках, до специфіки технічних та економічних досліджень в енергетичній галузі. На відміну від класичних об'єктів метааналізу, енергетичні дослідження оперують гетерогенними одиницями аналізу (потужність, вартість, надійність, просторова конфігурація мереж), що ускладнює стандартизацію показників ефекту та потребує розроблення адаптованої методологічної процедури.

Таким чином, склалося протиріччя між об'єктивною потребою енергетичної науки й практики в узагальненому, статистично обґрунтованому знанні щодо ефективності трансформаційних процесів у галузі та відсутністю системного теоретико-методологічного підґрунтя для застосування метааналізу як інструменту такого узагальнення в українському енергетичному контексті. Саме це протиріччя визначає наукову проблему цього дослідження та актуалізує необхідність обґрунтування метааналізу як методологічної основи наукових досліджень на прикладі енергетичного кейсу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз наукових джерел свідчить, що методологія мета-аналізу набула широкого поширення у медицині, фармакології, біології, фізичній реабілітації

та спортивній науці. Незважаючи на спільність статистичних підходів, кожне дослідження має власні методичні особливості, переваги та обмеження.

Навчальний ресурс McDonald J. H. «Мета-аналіз» (LibreTexts) розглядає фундаментальні принципи побудови мета-аналізу, включаючи поняття розміру ефекту (effect size), моделі фіксованих та випадкових ефектів, оцінювання гетерогенності та використання графіків Forest Plot. Основною перевагою цього ресурсу є систематичне пояснення математичного апарату та логіки статистичного узагальнення результатів досліджень. Разом із тим ресурс має навчальний характер і не містить практичної реалізації повного алгоритму систематичного огляду відповідно до сучасних міжнародних рекомендацій (PRISMA, Cochrane Handbook), що дещо обмежує його використання як самостійної методичної основи [1].

Čehovin G., Bosnjak M., Lozar Manfreda K. «Meta-Analytic Survey» є практичним посібником із проведення мета-аналізу. У ньому детально описано всі етапи дослідження: постановку наукової проблеми, розроблення критеріїв включення та виключення досліджень, систематичний пошук літератури, кодування даних, оцінювання ризику систематичних похибок, аналіз гетерогенності та публікаційного зміщення. Безперечною перевагою є його орієнтація на стандартизацію процедури дослідження та забезпечення відтворюваності результатів. Водночас посібник має переважно методичний характер і не містить прикладів застосування складних сучасних статистичних моделей (метарегресії, мережевого мета-аналізу, байєсівських моделей), які дедалі ширше використовуються у сучасних доказових дослідженнях [2].

Систематичний огляд і мета-аналіз щодо впливу кунжутної олії на метаболічні біомаркери демонструє приклад високоякісного клінічного дослідження, виконаного відповідно до міжнародних стандартів доказової медицини. Автори застосували комплексний пошук літератури, оцінювання ризику упередженості, аналіз чутливості та модель випадкових ефектів, що підвищує достовірність отриманих висновків. Водночас дослідники відзначають наявність суттєвої клінічної неоднорідності між окремими дослідженнями, відмінності у дозуванні кунжутної олії, тривалості лікування та характеристиках вибірок пацієнтів, що певною мірою обмежує можливість широкого узагальнення результатів [3].

У роботі «Ризик розвитку остеоартрозу у хворих на ожиріння: мета-аналіз джерел літератури» показано можливість використання мета-аналізу для оцінювання епідеміологічних ризиків. Клецькова О. М., Кравчук Л. Д., Жарова І. О., Гусев П. Є. обґрунтовують статистично значущий зв'язок між ожирінням та розвитком остеоартрозу, аналізують роль запальних маркерів і вплив зниження маси тіла на перебіг захворювання. Перевагою дослідження є комплексний аналіз клінічних і патофізіологічних механізмів розвитку захворювання. Водночас стаття має певні обмеження: не наведено повного опису стратегії пошуку літератури, недостатньо деталізовано критерії включення досліджень та статистичні показники неоднорідності (I^2 , τ^2), що ускладнює оцінювання відтворюваності отриманих результатів [4].

Дослідження Ю. Є. Ляха та О. В. Усової щодо ефективності оздоровчого плавання є одним із небагатьох прикладів застосування мета-аналізу у сфері фізичного виховання. Основною перевагою роботи є інтеграція результатів численних педагогічних експериментів та кількісна оцінка ефективності оздоровчих технологій. Водночас статистична потужність дослідження обмежується невеликою кількістю доступних експериментальних робіт, різноманітністю методик оцінювання фізичної працездатності та недостатньою стандартизацією експериментальних програм, що є типовою проблемою досліджень у педагогічних науках [5].

Робота «Мета-аналіз фармакологічної активності рослинної сировини *Prunus persica* L.» демонструє перспективність використання мета-аналітичного підходу у фармакогнозії та експериментальній фармакології. Науковці систематизували результати численних експериментальних досліджень щодо антиоксидантної, протизапальної та інших видів фармакологічної активності рослинної сировини. Перевагою дослідження є комплексний міждисциплінарний підхід до узагальнення результатів. Разом із тим неоднорідність експериментальних моделей, використання різних методик визначення біологічної активності та недостатня кількість клінічних досліджень знижують рівень узагальнюваності отриманих висновків [6].

Узагальнюючи результати аналізу розглянутих та інших публікацій, можна зробити висновок, що сучасні дослідження дедалі частіше виконуються відповідно до міжнародних стандартів (PRISMA, Cochrane Handbook), використовують моделі випадкових ефектів, аналіз неоднорідності, оцінювання ризику систематичних похибок та аналіз публікаційного зміщення. Водночас більшість робіт характеризується спільними методологічними проблемами: високою методичною неоднорідністю первинних досліджень, відносно невеликими вибірками, різною якістю первинних джерел та можливим публікаційним зміщенням. Саме тому інтерпретація результатів мета-аналізу повинна здійснюватися з урахуванням як статистичної значущості, так і методологічної якості включених досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як відомо, метааналіз це кількісний метод синтезу результатів кількох незалежних емпіричних досліджень, присвячених одній і тій самій науковій проблемі, який дозволяє об'єднати їхні статистичні дані для отримання узагальненої, більш точної та статистично потужної оцінки досліджуваного ефекту чи закономірності.

На відміну від традиційного описового огляду літератури, метааналіз оперує не якісним переказом висновків окремих досліджень, а числовими показниками розмірами ефекту (effect size), коефіцієнтами кореляції, різницями середніх тощо, які піддаються статистичній обробці. Метааналіз працює з результатами вже проведених досліджень (а не з первинними даними, як у звичайному дослідженні), розглядаючи кожне окреме дослідження як одне спостереження у більшій вибірці. Об'єднуючи вибірки багатьох досліджень, метааналіз дозволяє виявити ефекти, які в окремих невеликих дослідженнях можуть залишитися статистично незначущими через недостатній обсяг вибірки. Метод дозволяє кількісно оцінити, наскільки узгодженими чи суперечливими є результати різних досліджень, та виявити фактори (модератори), що пояснюють розбіжності між ними. Основні етапи проведення метааналізу подано на рис. 1.

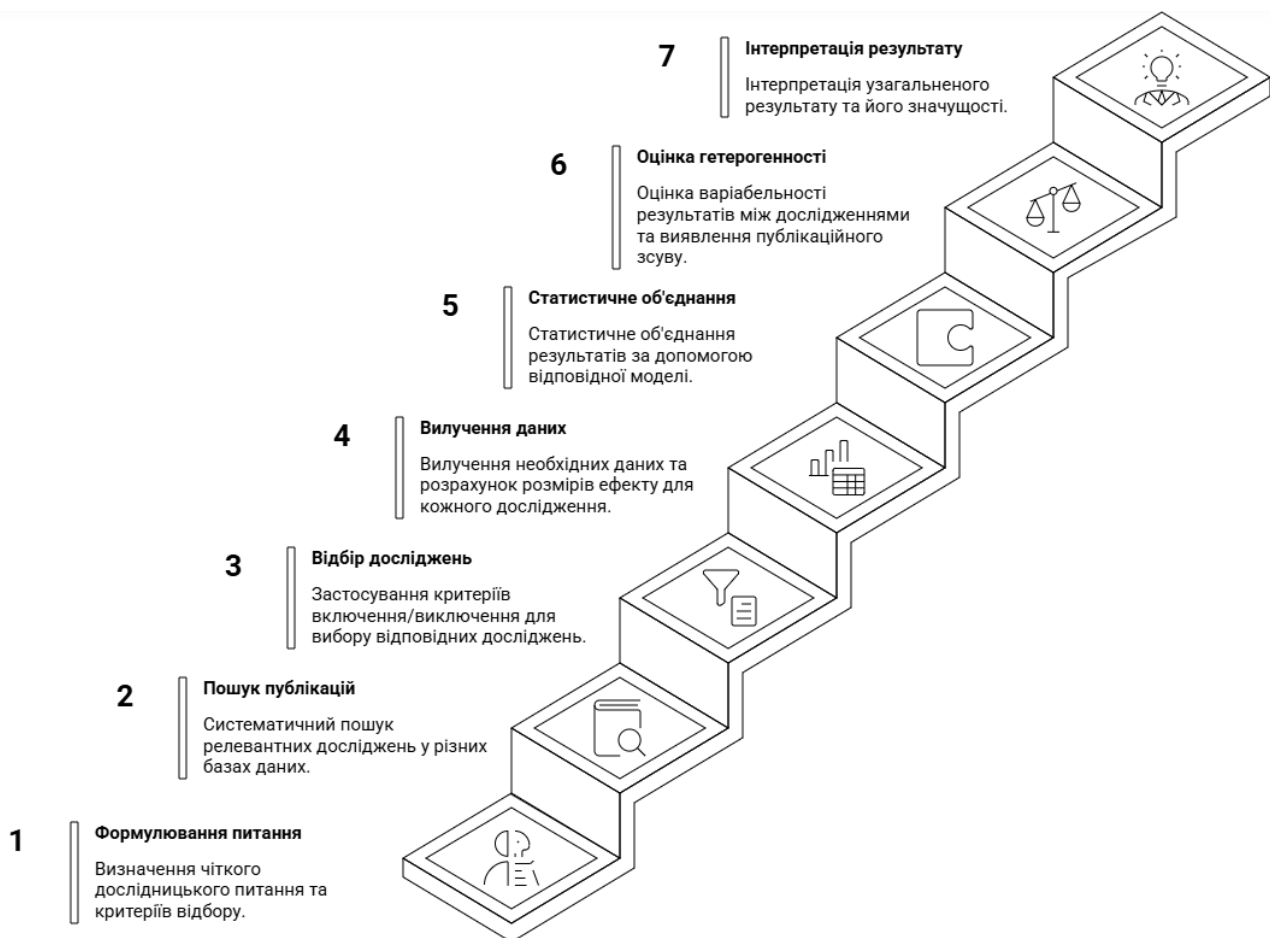


Рис. 1. Основні етапи проведення метааналізу
Джерело: сформовано авторами на основі [1–2]

У контексті енергетичного кейсу, то ці етапи варто доповнити тим, що метааналіз, розроблений спершу для медико-біологічних і соціальних наук, потребує методологічної адаптації при перенесенні в технічну та економічну площину енергетичних досліджень оскільки «розмір ефекту» тут може означати, наприклад, приріст ефективності розподіленої генерації, зниження втрат у мережі чи економію витрат, а не стандартизовані клінічні показники.

Актуальність напрямів застосування метааналізу задля досліджень ефективності функціонування енергетичних островів та мікрогрідів в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення енергетичної інфраструктури України безперечна. Про це наголошують Сімонцева Л., Якимчук А., Кучеркова С. і Матвієнко Г. [7; 8].

Актуальність метааналізу зумовлена необхідністю забезпечення високого рівня енергетичної стійкості, надійності електропостачання та підвищення енергетичної безпеки територіальних громад в умовах зростання ризиків пошкодження централізованих енергетичних мереж. На відміну від окремих емпіричних досліджень, метааналіз дозволяє інтегрувати результати численних наукових праць, технічних звітів і практичних кейсів, забезпечуючи формування кількісно обґрунтованих висновків щодо переваг і недоліків різних моделей організації локальних енергетичних систем.

Одним з основних дослідницьких питань є визначення впливу електроенергетичних островів на стабільність функціонування енергосистеми, економічну ефективність виробництва електроенергії та рівень соціальної прийнятності таких рішень в умовах війни та післявоєнної реконструкції. Для отримання репрезентативних результатів доцільно використовувати широкий спектр джерел інформації, зокрема наукові статті, присвячені досвіду створення електроенергетичних островів та мікрогрідів в Україні й країнах Європейського Союзу, результати реалізованих проєктів локальних електроенергетичних систем у прифронтових регіонах, а також офіційні аналітичні матеріали органів державної влади, міжнародних організацій та профільних енергетичних інституцій.

У процесі проведення метааналізу доцільно використовувати систему кількісних показників, що характеризують технічну, економічну та соціальну ефективність функціонування енергетичних островів. До ключових параметрів належать коефіцієнт енергетичної автономності (Self-Sufficiency Ratio), який відображає здатність локальної енергосистеми забезпечувати власне споживання за рахунок внутрішньої генерації; середній час відновлення електропостачання після аварійних відключень або пошкодження мереж; нормована собівартість виробництва електроенергії (Levelized Cost of Energy, LCOE), що забезпечує можливість порівняння різних технологічних рішень незалежно від їхньої структури капітальних і експлуатаційних витрат; а також рівень суспільної підтримки та готовності населення до впровадження локальних енергетичних систем, який може визначатися за результатами соціологічних опитувань.

Використання статистичного апарату метааналізу дає можливість визначити інтегральну величину ефекту для кожного із зазначених показників. Наприклад, може бути розрахована середня стандартизована різниця між нормованою собівартістю виробництва електроенергії у традиційних централізованих системах та енергетичних островах або узагальнений ефект скорочення часу відновлення електропостачання після аварійних ситуацій. Додатково застосування аналізу гетерогенності та метарегресії дозволяє встановити чинники, які модифікують ефективність функціонування локальних енергосистем. До таких чинників можуть належати кліматичні умови регіону, структура споживання електроенергії, рівень розвитку відновлюваної енергетики, характер електричного навантаження, ступінь руйнування енергетичної інфраструктури внаслідок бойових дій, забезпеченість системами накопичення енергії та особливості державної політики щодо підтримки децентралізованої генерації.

Методологічне значення такого підходу полягає у переході від аналізу окремих прикладів реалізації мікрогрідів до формування доказової бази, яка дозволяє кількісно оцінити ефективність різних моделей енергетичних островів та обґрунтувати напрями державної політики у сфері розвитку децентралізованої енергетики. Узагальнення результатів численних досліджень забезпечує більш об'єктивне оцінювання економічної доцільності інвестування в локальні енергетичні системи, визначення пріоритетних технологічних рішень та формування рекомендацій щодо післявоєнного відновлення енергетичної інфраструктури України. Отримані результати можуть бути використані для розроблення стратегій підвищення енергетичної стійкості територіальних громад, оптимізації структури локальної генерації та вдосконалення нормативно-правового забезпечення функціонування енергетичних островів.

Разом із тим застосування метааналізу у дослідженнях енергетичних систем супроводжується низкою методологічних обмежень. Насамперед це стосується значної гетерогенності досліджень, що проявляється у використанні різних критеріїв оцінювання ефективності, відмінностей у методиках розрахунку техніко-економічних показників, різноманітності конфігурацій мікрогрідів та особливостей локальних умов їх експлуатації. Додатковими обмеженнями є неоднакова якість первинних досліджень, неповнота статистичних даних, обмежений доступ до інформації щодо функціонування критичної інфраструктури в умовах воєнного стану, а також можливість виникнення публікаційного зміщення (publication bias), коли позитивні результати впровадження енергетичних островів публікуються частіше, ніж результати з нейтральним або негативним ефектом. Ці фактори потребують застосування сучасних статистичних методів оцінювання неоднорідності, аналізу чутливості та перевірки стійкості отриманих результатів.

Перспективи розвитку метааналітичних досліджень у сфері енергетичних островів пов'язані з інтеграцією методів машинного навчання для побудови прогностичних моделей функціонування локальних енергосистем, створенням відкритих баз даних реалізованих енергетичних проєктів, стандартизацією показників оцінювання ефективності та розширенням міжнародного обміну інформацією щодо функціонування мікрогрідів. Важливим напрямом також є використання результатів метааналізу при розробленні освітніх програм з енергетичного менеджменту, енергетичної безпеки та відновлення критичної інфраструктури, що сприятиме поширенню принципів доказового прийняття управлінських рішень і формуванню сучасної науково-методичної бази для розвитку децентралізованої енергетики в Україні.

На рис. 2 представлено узагальнену методологічну схему проведення метааналізу для оцінювання ефективності електроенергетичних островів.

Схема відображає послідовність основних етапів дослідження, від формулювання наукової проблеми до статистичного оцінювання отриманих результатів і перевірки їхньої достовірності.

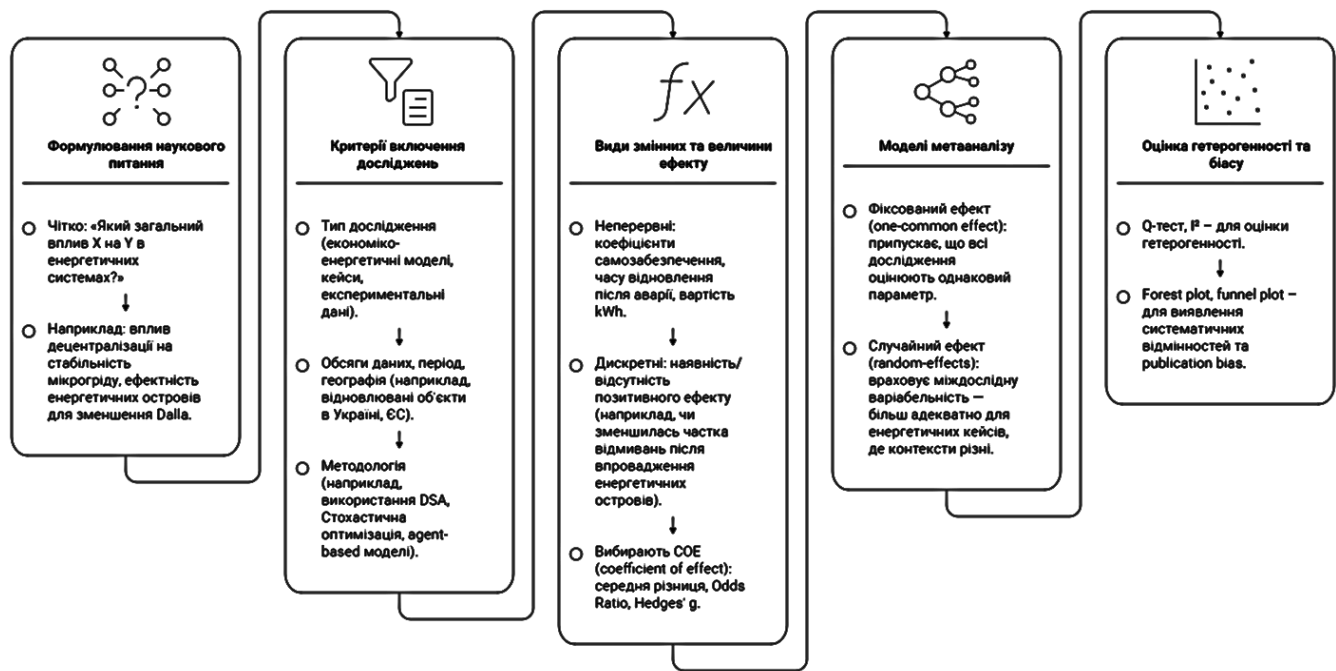


Рис. 2. Узагальнена методологічна схема проведення метааналізу для оцінювання ефективності електроенергетичних островів
Джерело: сформовано авторами

Перший етап передбачає формулювання наукового питання, яке визначає мету дослідження та об'єкт аналізу. Як приклад наведено оцінювання впливу децентралізації електропостачання, розвитку мікрогравів та електроенергетичних островів на стійкість енергетичних систем, особливо в умовах воєнних ризиків та післявоєнного відновлення інфраструктури. Чітке формулювання дослідницького питання є необхідною умовою визначення критеріїв відбору наукових джерел і вибору статистичних показників.

Другим етапом є визначення критеріїв включення досліджень до метааналізу. На цьому етапі встановлюються вимоги до типу досліджень (економічне моделювання, аналіз реальних кейсів, експериментальні дослідження), часових і територіальних меж, а також до використаних методів аналізу. Зокрема, можуть враховуватися роботи, присвячені відновленню енергетичної інфраструктури України, застосуванню стохастичних моделей, Dynamic Security Assessment (DSA), оптимізаційних алгоритмів або агентно-орієнтованого моделювання. Такий підхід забезпечує методологічну однорідність вибірки та підвищує достовірність узагальнених результатів.

Наступний етап полягає у визначенні змінних і величини ефекту, які використовуються для статистичного узагальнення результатів. До безперервних показників належать коефіцієнт енергетичної автономності, тривалість відновлення електропостачання після аварійних відключень, нормована собівартість виробництва електроенергії (LCOE) та інші техніко-економічні характеристики. Для дискретних результатів оцінюється наявність або відсутність позитивного ефекту, наприклад зменшення кількості аварій чи підвищення стійкості енергосистем після впровадження електроенергетичних островів. Для інтегрування результатів можуть застосовуватися стандартизовані показники величини ефекту, зокрема середня різниця (Mean Difference), стандартизована середня різниця (Standardized Mean Difference), Odds Ratio, Risk Ratio або коефіцієнт Hedges' g.

Четвертий етап охоплює вибір статистичної моделі метааналізу. Якщо передбачається, що всі дослідження оцінюють один і той самий параметр, використовується модель фіксованих ефектів (Fixed Effect Model). У випадку, коли результати окремих досліджень можуть істотно відрізнятися через специфіку регіонів, технологій чи умов експлуатації, доцільним є застосування моделі випадкових ефектів (Random Effects Model), яка враховує міждослідницьку варіабельність і є більш придатною для аналізу енергетичних кейсів.

Заключним етапом є оцінювання гетерогенності та систематичних похибок. Для визначення ступеня неоднорідності між дослідженнями використовуються статистика Cochran's Q та індекс I^2 , що характеризує частку загальної варіації, зумовленої реальними відмінностями між дослідженнями, а не випадковою похибкою. Для візуалізації результатів застосовується Forest plot, який відображає індивідуальні та інтегральні оцінки ефекту, а для оцінювання можливого публікаційного зміщення використовується Funnel plot, що дозволяє виявити асиметрію розподілу результатів досліджень.

Таким чином, наведена схема демонструє повний алгоритм проведення метааналізу у сфері енергетичних досліджень. Її застосування забезпечує систематичний відбір джерел, обґрунтований вибір статистичних методів, кількісне узагальнення результатів та оцінювання надійності отриманих висновків. Це створює методологічну основу для формування доказових рекомендацій щодо впровадження електроенергетичних островів і мікрогрідів як інструментів підвищення стійкості, економічної ефективності та енергетичної безпеки в умовах воєнних викликів і післявоєнного відновлення України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність використання метааналізу як сучасної методологічної основи наукових досліджень, що забезпечує кількісне узагальнення результатів незалежних досліджень, підвищує достовірність отриманих висновків та сприяє формуванню доказової бази для прийняття управлінських рішень. Встановлено, що на відміну від традиційних наративних оглядів літератури, метааналіз дозволяє оцінювати інтегральну величину ефекту, визначати ступінь гетерогенності між дослідженнями, виявляти чинники, які модифікують результати, та мінімізувати вплив суб'єктивної інтерпретації наукових даних.

Проведений аналіз наукових публікацій засвідчив, що методологія метааналізу широко використовується у медицині, біології, фармакології та соціальних науках, проте її застосування в енергетичних дослідженнях залишається недостатньо розробленим. Що зумовлено високою неоднорідністю об'єктів дослідження, відмінностями у системах показників, складністю стандартизації критеріїв ефективності та обмеженістю узгоджених методичних підходів до інтегрування результатів техніко-економічних досліджень. У статті визначено основні етапи проведення метааналізу.

Доведено, що адаптація методології метааналізу до дослідження електроенергетичних островів і мікрогрідів створює можливість комплексного оцінювання їх технічної, економічної та соціальної ефективності на основі узагальнення результатів численних емпіричних досліджень. Узагальнена методологічна схема проведення метааналізу для оцінювання ефективності електроенергетичних островів демонструє можливість використання стандартизованих показників ефекту для порівняння рівня енергетичної автономності, тривалості відновлення електропостачання, нормованої собівартості виробництва електроенергії (LCOE), а також рівня суспільної підтримки впровадження локальних енергетичних систем. Що забезпечує перехід від аналізу окремих практичних прикладів до формування науково обґрунтованої доказової бази щодо розвитку децентралізованої енергетики в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови України.

Наукова новизна дослідження полягає у розвитку методологічних засад застосування метааналізу до енергетичних досліджень шляхом адаптації класичного алгоритму проведення систематичного огляду до специфіки функціонування електроенергетичних островів, визначення релевантних показників величини ефекту та обґрунтування послідовності статистичного оцінювання ефективності локальних енергетичних систем.

Перспективи подальших досліджень доцільно пов'язати зі створенням спеціалізованих баз даних результатів наукових досліджень у сфері енергетики.

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ВНЕСОК АВТОРІВ: Усі автори зробили внесок порівну.

ФІНАНСУВАННЯ: Автори не отримували фінансування для цього дослідження.

ЗАЯВА ПРО ДОСТУПНІСТЬ ДАНИХ: Не застосовується.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ: Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Література

1. McDonald J. H. Біологічна статистика. 6.2. Мета-аналіз. *LibreTexts*. URL: <https://lnk.ua/F2Q0d1kFi> (дата звернення: 06.03.2026).
2. Čehovin G., Bosnjak M., Lozar Manfreda K. Meta-analyses in survey methodology: a systematic review. *Public Opinion Quarterly*. 2018. Vol. 82, No. 4. P. 641–660. DOI: <https://doi.org/10.1093/poq/nfy042>
3. Atefi M., Entezari M. H., Vahedi H., Hassanzadeh A. The effects of sesame oil on metabolic biomarkers: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. Springer Nature. 2022. Vol. 21. P. 1065–1080. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40200-022-00997-2> (дата звернення: 06.03.2026).
4. Клецькова О. М., Кравчук Л. Д., Жарова І. О., Гусев П. Є. Ризик розвитку остеоартрозу у хворих на ожиріння: мета-аналіз джерел літератури. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. URL: <https://sportmedicine.uni-sport.edu.ua/article/view/184015> (дата звернення: 06.03.2026).

5. Лях Ю. С., Усова О. В. Оцінка ефективності впливу оздоровчого плавання на фізичну працездатність молодших школярів (метааналіз літературних даних). *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. 2014. № 3. С. 62–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fvs_2014_3_16 (дата звернення: 06.03.2026).
6. Мета-аналіз фармакологічної активності рослинної сировини *Prunus persica* L. Одеса : Одеський національний медичний університет. URL: <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/12384> (дата звернення: 06.03.2026).
7. Сімонцева Л. О., Якимчук А. Ю. Управління енергетичним комплексом як фундаментальна основа національної економіки в умовах воєнного стану. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 5. С. 109–121. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-pub.2025.5.12>
8. Кучеркова С., Матвієнко Г. Державна підтримка та регуляторні заходи для розвитку штучного інтелекту в енергетичному секторі України. *Наукові перспективи*. 2023. № 3 (33). С. 215–226. DOI: <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-3-215-226>

References

1. McDonald, J. H. (2026). *Biological statistics* (6.2, Meta-analysis). LibreTexts. <https://lnk.ua/F2Q0d1kFi>
2. Čehovin, G., Bosnjak, M., & Lozar Manfreda, K. (2018). Meta-analyses in survey methodology: A systematic review. *Public Opinion Quarterly*, 82(4), 641–660. <https://doi.org/10.1093/poq/nfy042>
3. Atefi, M., Entezari, M. H., Vahedi, H., & Hassanzadeh, A. (2022). The effects of sesame oil on metabolic biomarkers: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 21, 1065–1080. <https://doi.org/10.1007/s40200-022-00997-2>
4. Kletskova, O. M., Kravchuk, L. D., Zharova, I. O., & Gusev, P. E. (2024). Risk of osteoarthritis in obese patients: A meta-analysis of literature sources. *Sports Medicine, Physical Therapy and Occupational Therapy*. <https://sportmedicine.uni-sport.edu.ua/article/view/184015>
5. Lyakh, Y. E., & Usova, O. V. (2014). Assessment of the effectiveness of the impact of recreational swimming on the physical performance of younger schoolchildren (Meta-analysis of literature data). *Physical Education, Sports and Health Culture in Modern Society*, (3), 62–67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fvs_2014_3_16
6. *Meta-analysis of the pharmacological activity of plant raw materials Prunus persica L.* (2026). Odessa National Medical University. <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/12384>
7. Simontseva, L. O., & Yakymchuk, A. Y. (2025). Management of the energy complex as a fundamental basis of the national economy under martial law. *Tavria Scientific Bulletin*, (5), 109–121. <https://doi.org/10.32782/tnv-pub.2025.5.12>
8. Kucherkova, S., & Matvienko, G. (2023). State support and regulatory measures for the development of artificial intelligence in the energy sector of Ukraine. *Scientific Perspectives*, (33), 215–226. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-3-215-226>

Дата першого надходження статті до видання: 20.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.04.2026

Дата публікації: 30.04.2026

Zinchuk Tatyana

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of International
Economic Relations and European Integration
Polissia National University*

Valinkevych Natalia

*Doctor of Economics, Professor,
Head of the Department of Economics,
Entrepreneurship and Tourism
Polissia National University*

META-ANALYSIS AS THE BASIS OF SCIENTIFIC RESEARCH METHODOLOGY: AN ENERGY CASE

Summary. Introduction. The current stage of scientific knowledge development is characterized by the rapid growth of empirical research across various disciplines, resulting in the fragmentation of research findings and complicating the formation of a comprehensive understanding of the phenomena under investigation. This challenge is particularly evident in the field of energy research, where a substantial body of empirical evidence has accumulated regarding the efficiency of distributed generation, the resilience of energy systems, the economic feasibility of renewable energy sources, and transformation processes within the energy sector under conditions of structural change and crisis. Under these circumstances, traditional narrative literature reviews are no longer sufficient to synthesize heterogeneous and often contradictory research findings, thereby increasing the relevance of meta-analysis as a methodological tool for the systematic integration of scientific evidence.

Meta-analysis, as a methodology for the quantitative synthesis of independent research findings, overcomes the limitations of individual empirical studies by increasing the statistical power of conclusions, identifying hidden patterns and inconsistencies within existing evidence, and providing a basis for further scientific inquiry. In the energy sector, which is simultaneously influenced by technological innovations, regulatory transformations, climate challenges, and security risks – particularly those arising from Russia's full-scale invasion of Ukraine – the application of a meta-analytical approach has become increasingly important for supporting evidence-based decision-making and developing scientifically grounded energy policies.

Despite the growing interest in meta-analysis as a research methodology, systematic studies addressing its application to energy-related issues remain limited in the Ukrainian scientific literature. This is particularly evident with respect to the spatial dimension of electricity sector development, the operation of energy systems under martial law, and the formation of so-called energy islands. Consequently, there is a need for a theoretical reconsideration of the methodological foundations of meta-analysis and for their adaptation to the specific characteristics of energy research.

The aim of this paper is to substantiate meta-analysis as a methodological foundation for scientific research in the energy sector and to identify the specific features of its application.

Materials and Methods. The study was based on scientific publications addressing both the theoretical and applied aspects of meta-analysis as a method for evidence-based synthesis of research findings. The information base included methodological guidelines on conducting meta-analysis as well as review studies published in the scientific literature.

In the process of research, a complex of general scientific and special methods was used. The generalization method is used to systematize theoretical approaches to meta-analysis and determine its role in the formation of the evidence base of scientific research. The methods of analysis and synthesis are used to study modern methodological approaches and generalize the results of the research. The method

of meta-analysis is declared as the main tool of scientific research. The method of comparative analysis is used to compare methodological approaches to conducting meta-analysis in different industries. A logical generalization of the results is used to formulate conclusions about the methodological advantages of using meta-analysis, substantiation of the evidence-based approach in making managerial decisions in the field of development of energy islands and microgrids.

Results. The study systematized contemporary approaches to the application of meta-analysis as a tool for the evidence-based synthesis of scientific findings and substantiated its role in the advancement of modern research methodology. The principal stages of conducting a meta-analysis were identified, including the formulation of the research question, the establishment of study inclusion criteria, the selection of effect size measures, the choice of an appropriate statistical model, the assessment of heterogeneity, and the evaluation of potential systematic bias. A generalized methodological framework for conducting meta-analysis, adapted to the specific characteristics of energy research, was proposed. The framework ensures a consistent procedure for selecting scientific sources, statistically synthesizing research findings, and generating evidence-based conclusions.

Based on the analysis of scientific publications, the methodological features of applying meta-analysis across different scientific disciplines were identified, and its adaptability to the assessment of the effectiveness of energy islands and microgrids was demonstrated. Using an energy case study, the practical applicability of meta-analysis for synthesizing research findings on the operation of energy islands under martial law and during the post-war recovery period was illustrated.

The obtained results provide a methodological foundation for the further application of meta-analysis in studies of energy security, distributed energy generation, and the evaluation of post-war modernization projects for Ukraine's energy infrastructure.

Prospects for further research are the creation of specialized databases of the results of scientific research in the field of energy.

Key words: meta-analysis, methodology, scientific research, energy case study.