

УДК 332.142.4:620.9:519.86(477)

Валінкевич Наталія Василівна

*доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри економіки, підприємництва
та туризму*

Поліський національний університет

ORCID: 0000-0001-8804-868X

Безсмертний Сергій Олександрович

*аспірант кафедри економіки,
підприємництва та туризму*

Поліського національного університету

ORCID: 0009-0001-5810-3024

DOI: <https://doi.org/10.25313/3083-7782-2026-6-20>

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОСТРОВІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Анотація. Вступ. Енергетична система України в умовах воєнного стану зазнала безпрецедентних викликів, пов'язаних із руйнуванням критичної інфраструктури, порушенням стабільності енергопостачання, зростанням ризиків централізованої генерації та необхідністю швидкого відновлення економічних процесів. Військова агресія спричинила необхідність переосмислення підходів до організації енергетичного забезпечення територій, актуалізуючи питання формування локальних енергетичних систем, здатних забезпечувати автономність, стійкість та безперервність функціонування соціально-економічних об'єктів.

Одним із перспективних напрямів підвищення енергетичної стійкості є розвиток концепції енергетичних островів – локалізованих енергетичних комплексів, які функціонують на основі поєднання розподіленої генерації, відновлюваних джерел енергії, систем накопичення та інтелектуального управління енергетичними потоками. В умовах воєнних ризиків такі системи набувають не лише технічного, а й стратегічного значення, оскільки сприяють забезпеченню енергетичної безпеки територіальних громад, підтримці виробничої діяльності та збереженню економічної активності.

Разом із тим розвиток енергетичних островів потребує комплексного економічного обґрунтування, оскільки їх створення пов'язане зі значними інвестиційними витратами, необхідністю оптимального вибору технологічних рішень, оцінювання потенційних економічних ефектів та врахуванням факторів невизначеності, характерних для періоду воєнного стану. Традиційні підходи до прогнозування та планування енергетичного розвитку втрачають ефективність через нестабільність ринкового середовища, зміну структури попиту на енергію та високий рівень ризиків.

У цьому контексті особливої актуальності набуває застосування методів економіко-математичного моделювання для визначення оптимальних параметрів розвитку енергетичних островів. Моделювання дозволяє оцінити взаємозв'язок між енергетичними, економічними та безпековими чинниками, сформулювати сценарії розвитку та визначити найбільш ефективні механізми забезпечення стійкості локальних енергетичних систем.

Проблематика економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану перебуває на перетині досліджень енергетичної безпеки, регіональної економіки, управління інфраструктурними системами та сталого розвитку. Особливого значення вона набуває для України, де відновлення економіки потребує впровадження децентралізованих моделей енергозабезпечення та формування нової архітектури енергетичної системи.

Метою статті є формалізація процесу моделювання економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження слугували нормативно-правові акти у сфері енергетики України.



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/>)

Інформаційну базу дослідження склали статистичні дані щодо споживання електроенергії, а також праці вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячені моделюванню енергетичного розвитку та формалізації моделей соціо-еколого-економічної відповідальності в умовах воєнного стану.

У процесі дослідження використано такі наукові методи: узагальнення – для уточнення теоретичних засад моделювання економічного розвитку енергетичних островів та визначення додаткових факторів ризику, притаманних умовам воєнного стану; аналізу і синтезу – для виявлення взаємозв'язку між показниками енергетичної безпеки, інвестиційної привабливості та соціально-економічного ефекту функціонування енергетичних островів; системного підходу – для розгляду енергетичного острова як цілісної комплементарної системи, що функціонує під впливом інвестиційних, технологічних, безпекових та соціально-економічних чинників; економіко-математичного моделювання – для формалізації цільової функції економічного розвитку енергетичного острова та динамічної моделі прогнозування споживання електроенергії; розрахунково-аналітичного методу – для визначення структури витрат та внутрішньої норми прибутковості на прикладі проєктів у місті Житомир; сценарного моделювання – для оцінки економічної доцільності проєктів за альтернативними траєкторіями розвитку безпекової ситуації; логічного узагальнення результатів – для формулювання висновків та практичних рекомендацій.

Результати. Запропоновано формалізовану модель комплементарного економічного розвитку енергетичного острова у вигляді цільової функції, яка враховує обсяг інвестицій, рівень використання відновлюваних джерел енергії, показник енергетичної безпеки, соціально-економічний ефект, технологічну інфраструктуру та рівень воєнних і техногенних ризиків. Сформовано динамічну модель прогнозування споживання електроенергії з урахуванням коефіцієнтів зниження під час війни та зростання після відновлення.

На прикладі м. Житомир здійснено розрахунки структури капітальних та операційних витрат для проєктів енергетичних островів потужністю 500 кВт та 1 МВт. Обґрунтовано VoLL-орієнтований підхід до оцінки економічної ефективності, що враховує вартість недовідпуску електроенергії. Розраховано показники чистої приведеної вартості та внутрішньої норми прибутковості, які підтверджують високу інвестиційну привабливість таких проєктів і скорочення терміну окупності з кількох років до кількох місяців.

Застосовано метод сценарного моделювання за трьома альтернативними траєкторіями розвитку безпекової ситуації, що довело стійкість позитивного економічного ефекту проєкту незалежно від тривалості воєнного конфлікту. Досліджено архітектуру державного та міжнародного фінансування організованих енергетичних островів, а також виявлено просторові відмінності в реалізації подібних проєктів на прикладі Житомирської та Полтавської областей.

Отримані результати можуть застосовуватися для обґрунтування інвестиційних рішень щодо створення енергетичних островів на рівні підприємств, органів місцевого самоврядування та держави в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення енергетичної системи України.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні емпіричної бази на інші регіони України для формування уніфікованої просторової методології пріоритизації проєктів у межах моделі комплементарного економічного розвитку енергетичних островів.

Ключові слова: енергетичний острів, моделювання економічного розвитку, воєнний стан, розподілена генерація, енергетична безпека, інвестиційна привабливість.

Постановка проблеми. Повномасштабна військова агресія Російської Федерації проти України спричинила безпрецедентні втрати енергетичної системи держави, суттєво послабивши її виробничий, інфраструктурний та економічний потенціал. Масовані ракетні удари та атаки безпілотними літальними апаратами були спрямовані насамперед на об'єкти критичної енергетичної інфраструктури, що призвело до масштабних руйнувань генеруючих потужностей, електричних мереж, підстанцій та інших елементів енергетичного комплексу. За наявними оцінками, Україна втратила близько 42% довоєнних генеруючих потужностей, що суттєво обмежило можливості енергосистеми щодо забезпечення стабільного електропостачання та підвищило ризики дефіциту електроенергії в окремих регіонах.

Енергетична криза безпосередньо вплинула на макроекономічні показники держави: рівень споживання електроенергії у 2022 році знизився на 39% порівняно з 2021 роком, а валовий внутрішній продукт України скоротився щонайменше на 30%, що засвідчує тісний взаємозв'язок між функціонуванням енергетичної системи та економічною стійкістю країни. Для подолання наслідків було сформовано комплексний план відновлення енергетичного сектору орієнтовною вартістю 278 млрд. грн, що передбачає, серед інших заходів, створення енергетичних островів як інструменту децентралізації та підвищення стійкості енергопостачання.

Водночас організація енергетичного острова є капіталомістким проєктом, що потребує значних інвестицій у генеруючі потужності, системи накопичення енергії, мережеву інфраструктуру та проєктно-кошторисну документацію. Прийняття обґрунтованого рішення щодо доцільності створення такого острова потребує адекватного економічного моделювання, яке враховувало б не лише традиційні показники інвестиційного аналізу (CAPEX, OPEX, NPV, IRR), а й специфічні фактори, притаманні умовам воєнного стану: ймовірність пошкодження об'єктів унаслідок бойових дій, необхідність резервування потужностей, витрати на фізич-

ний та кіберзахист, ризики перебоїв у постачанні енергоресурсів та потребу забезпечення автономного функціонування критичних об'єктів.

Існуючі підходи до економічного оцінювання енергетичних проєктів здебільшого ґрунтуються на традиційному тарифному підході, який не враховує реальної вартості недовідпуску електроенергії (Value of Lost Load, VoLL) і не дозволяє адекватно оцінити економічну привабливість острівних рішень саме в умовах підвищених ризиків. Це призводить до недооцінки інвестиційної привабливості енергетичних островів, надмірно тривалих розрахункових термінів окупності та, як наслідок, до затримки прийняття управлінських рішень щодо їх упровадження як на рівні окремих підприємств, так і на рівні органів місцевого самоврядування та держави.

Крім того, відсутність єдиної методології, яка б комплексно поєднувала технологічні, економічні, соціальні та безпекові параметри енергетичних островів у межах однієї моделі, унеможливило коректне порівняння альтернативних проєктних рішень, обґрунтування пріоритетності інвестицій та формування ефективної просторової стратегії децентралізації енергетичної системи України в умовах воєнного стану та в перспективі післявоєнного відновлення.

Таким чином, актуальною науковою проблемою є розроблення моделі економічного розвитку енергетичних островів, яка враховувала б комплементарну взаємодію інвестиційних, технологічних, безпекових та соціально-економічних факторів в умовах воєнного стану, а також обґрунтування на її основі практичних підходів до оцінки економічної доцільності, фінансування та пріоритизації відповідних проєктів на прикладі електроенергетичної галузі України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові публікації таких вчених як: Капустян В., Параніч А., Тимчук С., Черемісін М., Черкашина В., Кармазін О., Петренко К., Іванченко І., Петруха Н., Петруха С., Шаповалов О. [1–5; 8] та інших присвячені економічному розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану та охоплюють різні наукові і прикладні аспекти, проте за даною тематикою заслуговує на уваги наука стаття Капустян В. і Параніч А. щодо моделювання енергетичного розвитку в умовах післявоєнного відновлення [1]. Стаття присвячена питанню післявоєнного відновлення України у напрямку енергетичного розвитку, в якій визначено необхідність аналізу стану енергетичної системи та наслідків ворожих атак, здійснено аналіз економічного стану України та зміну рівня ВВП порівняно з попередніми роками, досліджено причинно-наслідкові зв'язки повно масштабного вторгнення на сферу енергетики як критичної інфраструктури, а також запропоновано прогностичні моделі динамічного характеру для формування сценаріїв розвитку енергетичного стану України в період війни та за її відсутності, з описом рекомендацій та комплексу заходів за кожним напрямом енергетики, орієнтованих на стабілізацію ситуації та подальший розвиток відновлюваної енергетики. Наукова цінність публікації полягає у методологічному підході до сценарного прогнозування — побудові альтернативних траєкторій розвитку енергетичної системи залежно від тривалості й інтенсивності воєнних дій. Макроекономічна прогностична модель Капустяна В. та Параніч А. формує контекстну рамку (масштаб руйнувань, динаміка ВВП, обсяг необхідних інвестицій у відновлення), у межах якої функціонує деталізована мікроекономічна модель енергетичних островів.

Формалізація математичної моделі соціо-еколого-економічної відповідальності розкрита в статті Микитенко В. і Чупріна М. [2]. У публікації розроблено інтегровану математичну модель соціо-еколого-економічної відповідальності у сфері розподіленої генерації, яка враховує комплекс ключових факторів впливу — екологічний вплив, економічний внесок у розвиток національної енергосистеми, соціальну взаємодію, нормативно-правову відповідність та рівень моніторингу й прозорості, з адаптацією до умов суттєвої залежності від стаціонарних джерел у кризових ситуаціях. Модель враховує різну природу ризиків і загроз, зокрема руйнування інфраструктури, залежність від централізованих джерел енергії та витрати на відновлення, що виникають внаслідок військової агресії РФ, а використання модельного рішення дозволяє забезпечити сценарне планування та стратегічне управління в умовах воєнних дій і повоєнного відновлення. Авторами науково обґрунтовано та деталізовано послідовність реалізації семи етапів розроблення моделі, що включає визначення ключових параметрів відповідальності, врахування воєнних ризиків і загроз, та сценарне планування процесів відновлення.

Концепція модернізації енергосистеми у вигляді «величезного енергетичного острова, який складається з тисяч менших островів», де острови повинні працювати паралельно з іншими, а за необхідності бути самодостатніми, належить Генеральному директору АТ «Вінницяобленерго» Юрію Касічу [3]. Важливим є зафіксований у джерелі факт, що ще до жовтня 2022 року, коли почалися масовані обстріли енергетики, було проведено успішні випробування фізичної можливості роботи малих електростанцій ізольовано від енергосистеми України, що становило реальний «запуск електростанцій з нуля» після повної їх зупинки. Цей кейс підтверджує практичну реалізованість концепції організованого острівного режиму ще до формалізації відповідної регуляторної бази.

Проаналізовані наукові публікації засвідчують, що тематика моделювання економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану перебуває в актуальному науковому полі: питання моделювання

енергетичного розвитку в умовах війни та післявоєнного відновлення активно розробляються українськими науковцями як на макроекономічному (Капустян В., Параніч А.), так і на методологічному рівні комплексної оцінки розподіленої генерації (Микитенко В., Чупріна М.). Водночас аналіз публікацій підтверджує наявність наукової прогалини — відсутність комплексної моделі економічної доцільності саме на рівні окремих енергетичних островів, що поєднувала б інвестиційний аналіз та сценарне моделювання в умовах воєнних ризиків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Моделювання економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану це процес побудови та використання системи економічних, організаційних, технологічних і безпекових взаємозв'язків, спрямованих на прогнозування, оцінювання та обґрунтування напрямів розвитку локальних автономних енергетичних систем з метою забезпечення енергетичної стійкості, економічної ефективності та безперервності функціонування критичної інфраструктури в умовах воєнних загроз.

У науковому розумінні моделювання економічного розвитку енергетичних островів передбачає формування комплексної моделі, яка враховує вплив воєнних ризиків, стан енергетичної інфраструктури, інвестиційні ресурси, рівень інтеграції відновлюваних джерел енергії, особливості функціонування місцевих громад, потреби критичної інфраструктури та механізми державного регулювання. Така модель дозволяє оцінити можливі сценарії розвитку енергетичних островів, визначити оптимальні управлінські рішення та забезпечити ефективний розподіл ресурсів у процесі післявоєнного відновлення.

З економічної думки моделювання спрямоване на досягнення таких результатів: зниження витрат на виробництво та постачання електроенергії; підвищення інвестиційної привабливості територій; диверсифікація джерел енергозабезпечення; стимулювання розвитку місцевої економіки; створення нових робочих місць; підвищення фінансової стійкості територіальних громад; зменшення залежності від централізованої енергосистеми.

В умовах воєнного стану економічна модель розвитку енергетичних островів повинна враховувати додаткові фактори ризику, серед яких: ймовірність пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури; необхідність резервування потужностей; витрати на фізичний та кіберзахист енергетичних систем; ризики перебоїв у постачанні енергоресурсів; потребу забезпечення автономного функціонування критичних об'єктів. Формалізовано модель комплементарна економічного розвитку енергетичних островів можна представити як цільову функцію:

$$ED_{ei} = f(I, RES, ES, SI, TI, R)$$

де: ED_{ei} — рівень економічного розвитку енергетичного острова;

I — обсяг інвестицій;

RES — рівень використання відновлюваних джерел енергії;

ES — показник енергетичної безпеки;

SI — соціально-економічний ефект;

TI — технологічна інфраструктура;

R — рівень воєнних та техногенних ризиків.

Адже, моделювання економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану доцільно розглядати як інструмент стратегічного управління енергетичною безпекою, що забезпечує прогнозування економічних результатів функціонування локальних енергетичних систем, підвищення їхньої стійкості до воєнних загроз та формування передумов для сталого розвитку територій і післявоєнного відновлення України. Проте через відсутність доступу до всіх статистичних даних через воєнний стан модель економічного розвитку енергетичних островів не можна обрахована.

В умовах воєнного стану варто також моделювати структура генерації, ВДЕ, газотурбіни, ДПП, когенерація, мікрореактори, баланс потужності та енергії, покриття навантаження, резерви, дефіцити, стійкість та надійність — частота, напруга, інерційність, реакція на аварії, оптимізація режимів, мінімізація витрат, викидів, втрат, максимізація автономності, інтеграція накопичувачів: батареї, гідроакумуляція, водень; кібер- та фізична безпека, сценарії атак, пошкоджень, відмов; взаємодія з основною мережею, режими «on-grid / off-grid / islanded» тощо. Для моделювання процесів створення та функціонування енергетичних островів доречно використовувати такі методи як: імітаційне моделювання (Simulink, DIGSILENT PowerFactory, OpenDSS), оптимізаційні моделі (лінійне/нелінійне програмування, MILP), стохастичні моделі (варіативність ВДЕ, ймовірність аварій), агентне моделювання (взаємодія споживачів, генераторів, мереж) і енергетичні цифрові близнюки (digital twins) тощо [4].

Моделювання формування енергетичних островів потрібно для: планування енергетичної стійкості громад і регіонів; розробка систем критичної інфраструктури, що працюють під час блекаутів; оцінка військових ризиків та здатності системи до автономної роботи; підготовка інвестиційних проєктів мікромереж та локальних енергосистем; формування стратегій відновлення енергетики України тощо.

Функціонування енергетичних островів передбачає сценарії переходу між режимами електропостачання, в таблиці 1 представлено можливі конфігурації енергетичних островів за потужністю.

Таблиця 1

Сценарії переходу між режимами електропостачання

Сценарій	Умова	Дія	Час перемикання
Мережа → Острів	Відключення зовнішньої мережі	Автоматичне перемикання на BESS та генерацію	< 20 мс (ATS)
Острів → Мережа	Відновлення мережі	Синхронізація, плавне підключення	5–10 хв
Паралельна робота	Нормальний режим	Генерація заряджає BESS, надлишок у мережу	Постійно
Аварійний перехід	SOC < 20%	відключення некритичних навантажень	< 1 с

Джерело: побудовано авторами на основі [5–9]

Повномасштабна військова агресія РФ завдала безпрецедентних збитків енергетичній системі України, суттєво послабивши її виробничий, інфраструктурний та економічний потенціал. Масовані ракетні удари та атаки безпілотними літальними апаратами були спрямовані насамперед на об’єкти критичної енергетичної інфраструктури, що призвело до масштабних руйнувань генеруючих потужностей, електричних мереж, підстанцій та інших елементів енергетичного комплексу.

Таблиця 2

Можливі конфігурації енергетичних островів за потужністю

Потужність	Для кого підходить	Автономність	Площа	Вартість	Кількість компонентів
5–10 кВт	Офіс, кав’ярня, магазин	до 12 годин	50–80 м ²	\$6,000	1 інвертор, 1 BESS модуль
20–30 кВт	Ресторан, аптека, салон	до 24 годин	120–180 м ²	\$15,000	1–2 інвертори, 2 BESS модулі
50–100 кВт	Виробництво, склад, ферма	до 24 годин	250–400 м ²	\$28,000	2–3 інвертори, 3–5 BESS модулів
200–300 кВт	Бізнес-парк, кампус, готель	24+ години	800+ м ²	\$70,000	5+ інверторів, 10+ BESS модулів
1–10 МВт	Місто/грумада (Тернопіль)	24+ години	Кілька км ²	\$2–5 млн	Мікромережа міста

Джерело: побудовано автором на основі [5–9]

З метою відновлення та зміцнення енергетичної стійкості держави було сформовано комплексний план відновлення енергетичного сектору, орієнтовна вартість реалізації якого становить 278 млрд. грн. Передбачені заходи включають відбудову пошкоджених енергетичних об’єктів, модернізацію мережевої інфраструктури, розвиток розподіленої генерації, впровадження відновлюваних джерел енергії, створення енергетичних островів та підвищення рівня захисту критичної інфраструктури [6].

Таким чином, воєнні дії спричинили суттєве зниження енергетичного потенціалу України та загострили проблеми енергетичної безпеки. Водночас масштаби руйнувань обумовлюють необхідність переходу до нової моделі розвитку енергетичного сектору, заснованої на принципах децентралізації, стійкості, енергонезалежності та широкого використання сучасних технологій генерації та накопичення енергії. Створення та функціонування енергетичних островів вирішують три головні економічні проблеми, рис. 1.

Економічну модель доцільності створення енергетичного острова варто представити таким чином:

$$\max NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

де: B_t — вигоди в році t (економія на електроенергії + уникненні VoLL-втрати)

C_t — витрати в році t (CAPEX + OPEX)

r — ставка дисконтування (10% для бізнесу, 7% для пільгових кредитів)

T — горизонт планування (10–15 років)

В якості реального кейсу проведемо евентуальні розрахунки щодо створення енергетичних островів в місті Житомир різною потужністю. Економічна доцільність впровадження енергетичних островів



Рис. 1. Комплементарні проблеми, які розв'язують енергетичні острови
Джерело: сформовано авторами

визначається їхньою здатністю зменшувати вартість недопостачання електроенергії (VoLL–Value of Lost Load), скорочувати час відновлення енергопостачання з 12–18 годин до 3–6 годин та формувати позитивний економічний ефект у вигляді чистої приведеної вигоди. Структура витрат (CAPEX + OPEX) на створенні енергетичних островів в місті Житомир представлена в таблиці 3.

Таблиця 3

Структура витрат (CAPEX + OPEX) на створення енергетичних островів в місті Житомир

CAPEX (одноразові інвестиції)				OPEX (річні витрати)			
Компонент	500 кВт	1 МВт	Опис	Показник	Формула	500 кВт	1 МВт
Соларні панелі	\$200,000	\$400,000	—	Обслуговування	2% CAPEX	\$11,500	\$23,000
BESS (LiFePO ₄)	\$250,000	\$500,000	—	Страховання	0.5% CAPEX	\$2,875	\$5,750
Інвертори	\$50,000	\$100,000	—	Паливо (газ)	Гібридна модель	\$24,000	\$48,000
Газовий генератор	\$75,000	\$150,000	Гібридна модель	Кредитні платежі	10% річних	\$57,500	\$115,000
Монтаж + проект	\$86,250	\$172,500	15% CAPEX				
РАЗОМ	\$575,000	\$1,150,000	—	РАЗОМ	—	\$95,875	\$191,750

Джерело: розроблено авторами на основі [7]

При порівнянні капітальних та експлуатаційних витрат спостерігається важлива економічна закономірність: за 10 років сукупні експлуатаційні витрати перевищують розмір початкових капітальних інвестицій. Для мікромережі 500 кВт сукупні експлуатаційні витрати за 10 років становлять 95 875 доларів, помножених на 10, тобто 958 750 доларів США, що перевищує капітальні витрати в 575 000 доларів. Для мікромережі 1 МВт сукупні експлуатаційні витрати за 10 років становлять 1 917 500 доларів, що перевищує капітальні витрати в 1 150 000 доларів. Ця закономірність означає, що тривала експлуатація енергетичного острова

має більший економічний вплив, ніж початкові інвестиції. Тому при економічному обґрунтуванні проєктів необхідно враховувати не лише капітальні витрати, а й повний цикл експлуатаційних витрат протягом усього терміну служби системи, рис. 2.

Економічна ефективність впровадження енергетичних островів визначається зменшенням вартості недопостачання електроенергії (VoLL). Для промислових споживачів вартість недопостачання становить 15 доларів США за кВт·год, для медичних закладів — 50–100 доларів США за кВт·год, для критичної інфраструктури — 30–50 доларів США за кВт·год. При щорічному часі блекауту 200 годин та навантаженні 400 кВт для мікромережі 500 кВт уникнені збитки становлять 80 000 кВт·год, помножених на 15 доларів США за кВт·год, тобто 1 200 000 доларів США щороку. Для мікромережі 1 МВт уникнені збитки становлять 3 000 000 доларів США щороку.

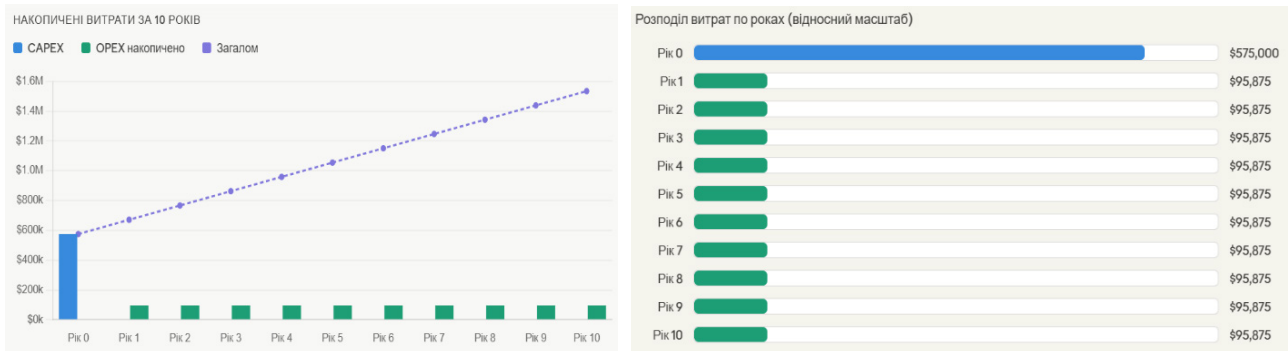


Рис. 2. Візуалізація параметрів CAPEX і OPEX
Джерело: побудовано авторами за результатами досліджень

Чиста приведена вартість (NPV) за 10 років при ставці дисконтування 10% становить 6 388 500 доларів для мікромережі 500 кВт та 16 523 000 доларів для мікромережі 1 МВт. Внутрішня норма прибутковості (IRR) перевищує 197% для мікромережі 500 кВт та 265% для мікромережі 1 МВт, що значно перевищує ринкову ставку 10%. Точка беззбитковості з урахуванням VoLL-втрат становить 6 місяців для мікромережі 500 кВт та 5 місяців для мікромережі 1 МВт. Без урахування VoLL-втрат окупність становила б 5–7 років.

Економічне моделювання показало, що створення енергетичного острова є високоефективним інвестиційним проєктом в умовах воєнного стану. Капітальні витрати на будівництво мікромережі 500 кВт становлять 575 000 доларів США, для мікромережі 1 МВт — 1 150 000 доларів США. Основні витрати зосереджені на системі накопичення енергії (43%) та сонячних панелях (35%). Щорічні експлуатаційні витрати становлять 16,7% від капітальних витрат, при цьому кредитні платежі становлять 60% експлуатаційних витрат. За 10 років сукупні експлуатаційні витрати перевищують капітальні інвестиції, що вимагає врахування повного циклу витрат при економічному обґрунтуванні проєктів. Створення енергетичних островів забезпечує чисту приведену вартість від 6 388 500 до 16 523 000 доларів США за 10 років, внутрішню норму прибутковості понад 197% та окупність від 5 до 6 місяців. Що підтверджує економічну доцільність масового впровадження енергетичних островів в Україні в умовах воєнного стану.

Розгорнута структура вигод (економія на вартості електроенергії) і уникнені VoLL-втрати представлені в таблиці 4.

Для оцінки економічної доцільності впровадження організованого енергетичного острова застосовано метод сценарного моделювання, що передбачає розгляд трьох альтернативних траєкторій розвитку безпекової та енергетичної ситуації в Україні. Кожен сценарій характеризується власним набором ключових параметрів: імовірністю реалізації, рівнем вартості недовідпуску електроенергії (Value of Lost Load, VoLL) та чистою приведеною вартістю інвестиційного проєкту із організації острова (Net Present Value, NPV). Динамічна модель прогнозування сценаріїв розвитку енергетичного стану може бути представлена наступним чином:

$$E_{cons}(t) = E_0 \cdot (1 - \alpha \cdot W(t)) \cdot (1 + \beta \cdot t)$$

де: $E_0 = 200$ ТВт·год (дохідний рівень 2021)
 $\alpha = 0.39$ (коефіцієнт зниження під час війни)
 $W(t)$ — індикатор війни (1 = війна, 0 = мир)
 $\beta = 0.05$ (ріст після відновлення)

Оптимістичний сценарій («мир через 1 рік») передбачає завершення активної фази збройного конфлікту протягом одного року та поступову нормалізацію роботи об'єднаної енергосистеми. Імовірність реалізації

Таблиця 4

Розгорнута структура вигод енергетичних островів

Показники	Формула	500 кВт	1 МВт		
Річне виробництво (PV)	$P \times H \times \eta$	220,000 кВт·год	440,000 кВт·год	Економія на вартості електроенергії	
Виробництво газу	Гібрид 40%	240,000 кВт·год	480,000 кВт·год		
BESS	Гібрид 10%	60,000 кВт·год	280,000 кВт·год		
Загальна генерація	Сума	520,000 кВт·год	1,200,000 кВт·год		
Ціна з мережі	Тариф пром.	\$0.12/кВт·год	\$0.12/кВт·год		
Вартість PV	\$0.08/кВт·год	\$17,600	\$35,200		
Вартість газу	\$0.05/кВт·год	\$12,000	\$24,000		
Вартість BESS	\$0.06/кВт·год	\$3,600	\$16,800		
Вартість з мікромережі	Сума	\$33,200	\$76,000		
Вартість з мережі	$520k \times \$0.12$	\$62,400	\$144,000		
Економія року 1	Різниця	\$29,200	\$68,000	Уникнені VoLL-втрати	
Час блекауту (рік)	Варіант «війна»	200 годин	200 годин		
Частка покриття	Острів	100%	100%		
Навантаження	Пром.споживач	400 кВт	1000 кВт		
недопостачання (без острова)	200×400	80,000 кВт·год	200,000 кВт·год		
VoLL для промисловості	Індекс	\$15/кВт·год	\$15/кВт·год		
Уникнені втрати	недопостачання \times VoLL	\$1,200,000	\$3,000,000		
Економія на тарифах		\$29,200	\$68,000		Σ
Уникнені VoLL-втрати		\$1,200,000	\$3,000,000		
РАЗОМ		\$1,229,200	\$3,068,000		

Джерело: розраховано авторами за результатами досліджень

цього сценарію оцінюється на рівні 30%. За таких умов показник VoLL без острівного режиму становить \$5/кВт·год, що відображає відносно нижчу критичність перебоїв в електропостачанні в контексті постконфліктного відновлення. NPV проекту організації острова за цим сценарієм досягає \$1 200 000, а термін окупності капітальних вкладень складає 2–3 роки. Зазначений сценарій демонструє прийнятну інвестиційну привабливість навіть за найбільш сприятливих зовнішніх умов.

Базовий сценарій («війна 2–3 роки») є найімовірнішим варіантом розвитку подій з розрахунковою імовірністю 50%. Він виходить з припущення про продовження збройного конфлікту в середньостроковій перспективі та відповідно суттєво вищий рівень загроз для енергетичної інфраструктури. Показник VoLL без острівного режиму зростає до \$15/кВт·год, що відображає значні прямі та непрямі втрати від вимушених знеструмлень підприємств і об'єктів критичної інфраструктури. За цього сценарію NPV проекту складає \$6 400 000, а термін окупності скорочується до 6 місяців — що є виключно привабливим показником для будь-якого інвестиційного рішення. Базовий сценарій формує основне обґрунтування доцільності негайного впровадження острівного режиму.

Песимістичний сценарій («війна 5+ років») характеризується імовірністю реалізації 20% і передбачає три-валеве збереження активної фази конфлікту з систематичними деструктивними впливами на об'єкти генерації та мережевої інфраструктури. VoLL без острівного режиму в цьому випадку досягає \$25/кВт·год, що відображає критичний характер перебоїв в електропостачанні для функціонування економіки та безпеки цивільного населення. NPV проекту сягає \$12 000 000, а термін окупності становить лише 3 місяці — показник, що свідчить про виняткову економічну ефективність інвестицій в умовах максимальних безпекових загроз.

Зведений аналіз трьох сценаріїв дає підстави для однозначного висновку: за будь-якого з можливих варіантів розвитку ситуації проект організації енергетичного острова демонструє позитивне значення NPV та прийнятний термін окупності. Зважена середня NPV з урахуванням імовірностей сценаріїв становить:

$$NPV = 0,30 \times \$1,200,000 + 0,50 \times \$6,400,000 + 0,20 \times \$12,000,000 = \$5,560,000.$$

Отриманий результат підтверджує, що впровадження організованого енергетичного острова є економічно обґрунтованим рішенням в усьому спектрі реалістичних сценаріїв, а зростання безпекових загроз лише посилює його інвестиційну привабливість. Що робить проект стійким до сценарної невизначеності та надає йому ознак так званої «антикрихкої» інвестиції — тобто такої, що генерує вищу вартість саме в умовах підвищеної нестабільності. Результати моделювання в динаміці подана в таблиці 5.

Таблиця 5

Результати моделювання

Рік	Споживання (ТВт·год)	VoLL-втрати без острова
2022	122 (-39%)	\$1,830 млн
2023	130 (-35%)	\$1,950 млн
2024	145 (-28%)	\$2,175 млн
2025	160 (-20%)	\$2,400 млн
2026	180 (-10%)	\$2,700 млн
2027+	210 (+5%)	\$0 (мир)

Джерело: розраховано автором

Державна підтримка впровадження розподіленої генерації та організованих енергетичних островів в Україні реалізується через спеціалізований кредитний механізм, параметри якого враховують специфіку функціонування енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Базова ставка кредитування за програмою встановлена на рівні 10% річних, що є суттєво нижчим за ринкові кредитні ставки і забезпечує реальну фінансову доступність програми для потенційних ініціаторів.

Обсяг фінансування в межах одного проекту визначено в діапазоні від €1 млн. до €25 млн., що охоплює широкий спектр об'єктів від невеликих муніципальних мікромереж до масштабних промислових островних систем. Для прифронтових територій передбачено знижений мінімальний поріг входу в розмірі €0,5 млн., що відображає пріоритет держави у забезпеченні енергетичної стійкості найбільш вразливих регіонів. Максимальний строк кредитування становить 5 років з можливістю відтермінування першого платежу на строк до 12 місяців, що дає ініціатору можливість завершити будівельні та монтажні роботи до початку обслуговування боргу.

Просторовий пріоритет програми зосереджений на п'яти регіонах: місті Київ, Київській, Харківській, Запорізькій та Херсонській областях. Вибір пріоритетних територій визначається поєднанням двох чинників: критичної важливості столичного регіону для функціонування держави та підвищеного рівня безпекових ризиків для об'єктів енергетичної інфраструктури в прифронтових областях.

Для підтримки децентралізованої генерації на рівні домогосподарств та об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) функціонує окрема програма пільгового кредитування з параметрами, що суттєво відрізняються від інструментів корпоративного фінансування. Сума кредиту визначена в діапазоні від \$10 000 до \$480 000, що забезпечує доступність програми як для індивідуальних домогосподарств, так і для кондомініумів середнього розміру.

Строк кредитування сягає до 10 років — вдвічі більше, ніж для корпоративного інструменту, що відповідає нижчій платоспроможності домогосподарств і дозволяє розподілити боргове навантаження на тривалий горизонт. Відсоткова ставка диференційована в часі: протягом перших трьох років вона становить 0–7% річних, що фактично означає безвідсоткове або майже безвідсоткове фінансування на початковий період реалізації проекту. Принципово важливою складовою програми є пряма компенсація тіла кредиту в розмірі 30–70%, яка надається учаснику програми і суттєво знижує реальний обсяг боргового зобов'язання. Сукупно зазначені параметри роблять програму одним із найбільш привабливих механізмів фінансування малої розподіленої генерації в українському контексті.

Міжнародне фінансування проектів організації енергетичних островів та розбудови розподіленої генерації в Україні здійснюється через чотири основні канали. Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) надає фінансування у формі грантів та пільгових кредитів у розмірі до 50–70% вартості проекту. Така частка покриття є однією з найвищих серед доступних інструментів і дозволяє суттєво знизити вимоги до власного капіталу ініціатора.

KfW (Кредитна установа для відбудови, Німеччина) забезпечує пільгове кредитне фінансування у розмірі до 70% вартості проектів, що є порівнянним з інструментами ЄБРР. Залучення коштів KfW є особливо актуальним для проектів з виразним технологічним компонентом — модернізація підстанцій, встановлення систем автоматики, цифровізація мережевої інфраструктури.

Щодо просторового виміру економіки створення енергетичних островів, то відмінність економічних показників за регіонами подана в таблиці 6.

Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) бере участь у дофінансуванні конкретних проектів енергетичної інфраструктури. Зокрема, задокументованим прикладом є виділення 71 млн. грн для Житомирської теплокомуненерго (ЖТКЕ) у форматі дофінансування, що свідчить про готовність ЄІБ до участі у схемах змішаного фінансування поряд з іншими донорами та кредиторами. Наявність незалежних каналів міжнародного фінансування в поєднанні з двома державними програмами кредитування формує достатньо диверсифіковану архітектуру фінансової підтримки для ініціаторів організованих енергетичних островів.

Таблиця 6

Просторовий вимір економіки створення енергетичних островів

Житомирська область		Полтавська область	
Фокус	Енергетичні острови та когенерація	Фокус	Енергетичні острови та когенерація
Допфінансування ЄІВ	71 млн. грн	Загальний фінансовий об'єм	469 млн. грн
Міжнародна допомога	частотні перетворювачі та насоси	Держбюджет	119 млн. грн
Проект Sparks	1.2 МВт машина (€1 млн.)	Місцеві бюджети	105 млн. грн
Проблема	Збитковий тариф (на 30% нижче собівартості)	Інші джерела	245 млн. грн

Джерело: розраховано авторами на основі [7–9]

Практично це означає, що для більшості проєктів існує реальна можливість структурування фінансування через поєднання кількох інструментів одночасно, наприклад, гранту ЄБРР, пільгового кредиту державної програми та компенсаційного механізму для кінцевих споживачів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті здійснено формалізацію процесу моделювання економічного розвитку енергетичних островів в умовах воєнного стану. Обґрунтовано, що моделювання економічного розвитку енергетичних островів є процесом побудови та використання системи економічних, організаційних, технологічних і безпекових взаємозв'язків, спрямованих на прогнозування, оцінювання та обґрунтування напрямів розвитку локальних автономних енергетичних систем з метою забезпечення енергетичної стійкості, економічної ефективності та безперервності функціонування критичної інфраструктури. Доведено, що в умовах воєнного стану модель повинна враховувати додаткові фактори ризику: ймовірність пошкодження об'єктів, необхідність резервування потужностей, витрати на фізичний та кіберзахист, ризики перебоїв у постачанні енергоресурсів і потребу автономного функціонування критичних підприємств.

Формалізовано модель комплементарного економічного розвитку енергетичних островів як цільову функцію, де результуючий показник визначається обсягом інвестицій, рівнем використання відновлюваних джерел енергії, показником енергетичної безпеки, соціально-економічним ефектом, технологічною інфраструктурою та рівнем воєнних і техногенних ризиків. Запропоновано динамічну модель прогнозування, що враховує дохідний рівень споживання, коефіцієнт зниження під час війни та темп зростання після відновлення. Здійснено евентуальні розрахунки структури витрат для проєктів у місті Житомир потужністю 500 кВт та 1 МВт. Обґрунтовано VoLL-орієнтований підхід до оцінки ефективності. Застосовано метод сценарного моделювання за трьома траєкторіями. Оптимістичний сценарій, базовий і песимістичний. Досліджено механізми фінансового забезпечення островних проєктів. Виявлено просторові відмінності реалізації проєктів на прикладі Житомирської та Полтавської областей: для Житомирської характерна модель індивідуального дофінансування ЄІВ на фоні проблеми збиткового тарифу, для Полтавської диверсифікована архітектура фінансування, що свідчить про відсутність уніфікованого підходу до фінансування на регіональному рівні.

Отримані результати підтверджують, що створення енергетичних островів є економічно доцільним інструментом підвищення енергетичної стійкості України в умовах воєнного стану, а формалізована модель у поєднанні з VoLL-орієнтованим підходом та сценарним моделюванням може застосовуватися для обґрунтування інвестиційних рішень на рівні підприємств, органів місцевого самоврядування та держави.

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

- Капустян В., Параніч А. Моделювання енергетичного розвитку в умовах післявоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*. 2022. № 44. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-45>

2. Микитенко В., Чуприна М. Формалізація математичної моделі соціо-еколого-економічної відповідальності: методологія та етапи побудови. *Acta Academiae Beregsiensis. Economics*. 2025. Т. 1, № 8. С. 164–183. DOI: <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2025-8-164-183>
3. Що таке енергетичні острови і як вони працюють. *Місто над Бугом*. 2026. URL: <https://mistonadbugom.com.ua/program/insayt/podcast/energetichni-ostrovi> (дата звернення: 14.04.2026).
4. Тимчук С.О., Черемісін М.М., Черкашина В.В. Вдосконалення методів достовірності вихідної інформації на прикладах прогнозних задач в електроенергетиці: [для магістрів, аспірантів, науковців]. Харків : «Факт», 2020. 192 с.
5. Karmazin O., Petrenko K., Ivanchenko I. The use of wind and solar energy resources to provide electricity needs provide at the Akademik Vernadsky station (Antarctica). *Vidnovluvana Energetika*. 2022. № 1 (68). С. 43–52. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1\(68\).43-52](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68).43-52)
6. Про затвердження Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.08.2024 № 761-р. *Урядовий кур'єр*. 2024. № 165. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-natsionalnoho-planu-dii-z-enerhoefektyvnosti-na-period-do-2030-roku-761-130824> (дата звернення: 14.04.2026).
7. Мікромережі для бізнесу: енергонезалежність з гібридним інвертором та BESS. *Енерго-Інновації*. URL: <https://rubikon.energy/mikromerezhi-enerhetychni-ostrovy-dlia-biznesu/> (дата звернення: 14.04.2026).
8. Петруха Н.М., Петруха С.В., Шаповалов О.Б. Зелена трансформація регіональної економіки: географічний вимір. *Український журнал природничих наук*. 2026. № 16. С. 138–152. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.16.2026.12>
9. Куйбіда В.С., Негода В.А., Толкованов В.В. Регіональний розвиток та просторове планування територій: досвід України та інших держав-членів Ради Європи. Київ : Видавництво «Крамар», 2009. 170 с.

References

1. Kapustian, V., & Paranich, A. (2022). Modeliuvannia enerhetychnoho rozvytku v umovakh pislivoiennoho vidnovlennia [Modeling of energy development in the conditions of post-war recovery]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (44). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-45> [in Ukrainian].
2. Mykytenko, V., & Chuprina, M. (2025). Formalizatsiia matematychnoi modeli sotsio-ekoloho-ekonomichnoi vidpovidalnosti: metodolohiia ta etapy pobudovy [Formalization of the mathematical model of socio-ecological-economic responsibility: methodology and stages of construction]. *Acta Academiae Beregsiensis. Economics*, 1(8), 164–183. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2025-8-164-183> [in Ukrainian].
3. Misto nad Buhom. (2026, June 14). *Shcho take enerhetychni ostrovy i yak vony pratsiuut* [What are energy islands and how do they work]. <https://mistonadbugom.com.ua/program/insayt/podcast/energetichni-ostrovi><https://mistonadbugom.com/> [in Ukrainian].
4. Tymchuk, S. O., Cheremisin, M. M., & Cherkashyna, V. V. (2020). *Vdoskonalennia metodiv dostoveryzatsii vykhidnoi informatsii na prykladakh prohnoznykh zadach v elektroenerhetytsi* [Improvement of methods for verifying initial information using examples of forecasting problems in the electric power industry]. Fakt. 192 p. [in Ukrainian].
5. Karmazin, O., Petrenko, K., & Ivanchenko, I. (2022). The use of wind and solar energy resources to provide electricity needs at the Akademik Vernadsky station (Antarctica). *Vidnovluvana Energetika*, (1(68)), 43–52. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1\(68\).43-52](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68).43-52)
6. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, August 13). *Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu dii z enerhoefektyvnosti na period do 2030 roku* [On the approval of the National Energy Efficiency Action Plan for the period up to 2030] (Order No. 761-r). Uriadovi kurier. <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-natsionalnoho-planu-dii-z-enerhoefektyvnosti-na-period-do-2030-roku-761-130824> [in Ukrainian].
7. Enerho-Innovatsii. (2026, June 14). *Mikromerezhi dlia biznesu: enerhonezalezhnist z hibrydnym invertorom ta BESS* [Microgrids for business: energy independence with a hybrid inverter and BESS]. <https://rubikon.energy/mikromerezhi-enerhetychni-ostrovy-dlia-biznesu/> [in Ukrainian].
8. Petrukha, N. M., Petrukha, S. V., & Shapovalov, O. B. (2026). Zelena transformatsiia rehionalnoi ekonomiky: heohrafichni vymir [Green transformation of the regional economy: geographical dimension]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*, (16), 138–152. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.16.2026.12> [in Ukrainian].
9. Kuibida, V. S., Nehoda, V. A., & Tolkovanov, V. V. (2009). *Rehionalnyi rozvytok ta prostоровe planuvannia terytorii: dosvid Ukrainy ta inshykh derzhav-chleniv Rady Yevropy* [Regional development and spatial planning of territories: the experience of Ukraine and other Council of Europe member states]. Kramar. 170 p. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 02.05.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.05.2026

Дата публікації: 01.06.2026

Valinkevych Natalia

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

Bezsmertnyi Serhii

*Postgraduate of the Department of Economics
Entrepreneurship and Tourism
Polissya National University*

MODELING OF ECONOMIC DEVELOPMENT ENERGY ISLANDS UNDER MARTIAL LAW

Summary. Introduction. Ukraine's energy system under martial law has faced unprecedented challenges related to the destruction of critical infrastructure, disruption of energy supply stability, increased risks associated with centralized generation, and the need for rapid recovery of economic processes. The military aggression has necessitated a rethinking of approaches to organizing the energy supply of territories, bringing to the fore the issue of forming local energy systems capable of ensuring the autonomy, resilience, and continuity of socio-economic facilities.

One of the promising directions for increasing energy resilience is the development of the energy islands concept – localized energy complexes that operate based on a combination of distributed generation, renewable energy sources, storage systems, and intelligent energy flow management. Under conditions of military risk, such systems acquire not only technical but also strategic significance, as they contribute to ensuring the energy security of territorial communities, supporting production activities, and preserving economic activity.

At the same time, the development of energy islands requires comprehensive economic justification, since their creation involves significant investment costs, the need for optimal selection of technological solutions, assessment of potential economic effects, and consideration of uncertainty factors characteristic of the martial law period. Traditional approaches to forecasting and planning energy development are losing their effectiveness due to the instability of the market environment, changes in the structure of energy demand, and a high level of risk.

In this context, the application of economic and mathematical modeling methods to determine the optimal parameters for the development of energy islands is becoming particularly relevant. Modeling makes it possible to assess the interrelation between energy, economic, and security factors, form development scenarios, and identify the most effective mechanisms for ensuring the resilience of local energy systems.

The issue of the economic development of energy islands under martial law lies at the intersection of research on energy security, regional economics, infrastructure systems management, and sustainable development. It is of particular importance for Ukraine, where economic recovery requires the implementation of decentralized energy supply models and the formation of a new architecture for the energy system.

The aim of the article is to formalize the process of modeling the economic development of energy islands under martial law.

Materials and Methods. The materials of the study were legal and regulatory acts in the field of Ukraine's energy sector. The information base of the study consisted of statistical data on electricity consumption, as well as the works of domestic and foreign authors devoted to modeling energy development and formalizing models of socio-ecological-economic responsibility under martial law.

The following scientific methods were used in the course of the study: generalization – to clarify the theoretical foundations of modeling the economic development of energy islands and to identify additional risk factors specific to martial law conditions; analysis and

synthesis – to identify the interrelation between indicators of energy security, investment attractiveness, and the socio-economic effect of energy islands' functioning; the systems approach – to consider an energy island as a holistic complementary system functioning under the influence of investment, technological, security, and socio-economic factors; economic and mathematical modeling – to formalize the target function of an energy island's economic development and the dynamic model for forecasting electricity consumption; the calculation-and-analytical method – to determine the cost structure and the internal rate of return using the example of projects in the city of Zhytomyr; scenario modeling – to assess the economic feasibility of projects according to alternative trajectories of security situation development; logical generalization of results – to formulate conclusions and practical recommendations.

Results. A formalized model of the complementary economic development of an energy island has been proposed in the form of a target function that takes into account the volume of investment, the level of renewable energy sources utilization, the energy security indicator, the socio-economic effect, the technological infrastructure, and the level of military and technogenic risks. A dynamic model for forecasting electricity consumption has been formed, taking into account coefficients of decline during wartime and growth during recovery.

Using the city of Zhytomyr as an example, eventual calculations of the capital and operating expenditure structure were performed for energy island projects with capacities of 500 kW and 1 MW. A VoLL-oriented approach to assessing economic efficiency, which takes into account the value of lost load, has been substantiated. Indicators of net present value and the internal rate of return were calculated, confirming the high investment attractiveness of such projects and a reduction in the payback period from several years to several months.

A scenario modeling method was applied across three alternative trajectories of security situation development, which proved the resilience of the project's positive economic effect regardless of the duration of the military conflict. The architecture of state and international financing of organized energy islands was investigated, and spatial differences in the implementation of similar projects were identified using the examples of the Zhytomyr and Poltava regions.

The obtained results can be applied to substantiate investment decisions regarding the establishment of energy islands at the level of enterprises, local self-government bodies, and the state under conditions of martial law and the post-war recovery of Ukraine's energy system.

Prospects for further research lie in expanding the empirical base to other regions of Ukraine in order to form a unified spatial methodology for prioritizing projects within the framework of the complementary economic development model of energy islands.

Key words: energy island, economic development modeling, martial law, distributed generation, energy security, investment attractiveness.