

УДК 696.2:504.1

аспірант **Ярослав Швець**,

Shvets198507@gmail.com, ORCID: 0009-0008-0997-6989,

Київський національний університет будівництва і архітектури

<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2026.57.110-123>

ОГЛЯД ФОРМУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: МОДЕЛЬ «4Е»

***Анотація.** У статті досліджено питання забезпечення енергетичної безпеки територіальних громад в умовах трансформування енергетичного сектору та необхідності переходу до децентралізованих моделей енергозабезпечення. Обґрунтовано, що сучасний розвиток громад потребує комплексного врахування не лише ефективності використання енергетичних ресурсів, а й здатності локальних систем підтримувати стабільність енергопостачання, адаптуватися до зовнішніх ризиків та використовувати внутрішній ресурсний потенціал. Запропоновано системний підхід до оцінювання енергетичної стійкості територій на основі інтегрованої моделі «4Е», яка поєднує енергоефективність, енергодостатність, енергонезалежність та енергетичну відповідальність учасників місцевого розвитку. Визначено взаємозв'язок між технічними, економічними, екологічними та управлінськими чинниками формування енергетично спроможної громади. Розглянуто можливості використання локальних енергетичних ресурсів, відновлюваних джерел енергії та сучасних технологічних рішень як інструментів зменшення залежності громад від централізованих енергетичних систем. Визначено, що запропонований підхід може бути використаний для формування стратегій сталого розвитку територій і підвищення рівня їхньої енергетичної безпеки.*

***Ключові слова:** енергетична безпека, територіальна громада, енергодостатність, енергонезалежність, енергоефективність, відновлювані джерела енергії, сталий розвиток.*

Вступ. Питання енергетичної безпеки України залишається одним із ключових факторів забезпечення економічної стійкості держави та її регіонального розвитку. Україна володіє одними з найбільших запасів природного газу в Європі, які за різними оцінками перевищують 1 трлн м³ ресурсної бази [1]. Водночас рівень використання власного ресурсного потенціалу залишається недостатнім порівняно з наявними можливостями.

У 2024 році обсяг видобутку природного газу в Україні становив близько 19,1 млрд м³, що є найвищим показником зростання за останні роки та свідчить

про поступове відновлення галузі навіть в умовах воєнних викликів. Разом з тим енергетичний сектор продовжує потребувати значних інвестицій у геологорозвідку, модернізування видобувної інфраструктури та впровадження сучасних технологій освоєння родовищ. Збереження залежності від імпорту окремих видів енергоресурсів і нафтопродуктів створює додаткові ризики для енергетичної безпеки держави та підсилює актуальність розвитку власної ресурсної бази й локальних енергетичних систем територіальних громад.

В умовах наявності таких ресурсів Україна могла б повністю забезпечувати власні енергетичні потреби і навіть стати експортером вуглеводнів зі щорічним видобутком 35...40 млрд. м³ газу. Проте нині країна змушена імпортувати нафту та нафтопродукти майже на 5 млрд. доларів на рік і ще близько 3 млрд витрачає на імпорт газу. Це створює значне фінансове навантаження і є серйозним викликом для енергетичної галузі [2].

Питання забезпечення енергетичної безпеки, підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та впровадження принципів сталого розвитку є предметом активних наукових досліджень як в Україні, так і за її межами. Особливу увагу сучасні дослідники приділяють формуванню локальних енергетичних систем, здатних забезпечувати надійне енергопостачання територіальних громад в умовах економічних, ресурсних та безпекових викликів.

У науковій літературі значна кількість робіт присвячена питанням енергоефективності, розвитку відновлюваної енергетики, енергетичного менеджменту та підвищення рівня використання місцевих енергетичних ресурсів. Водночас дедалі більшого значення набувають дослідження, спрямовані на обґрунтування концепції енергодостатності територіальних громад як складової їхньої енергетичної безпеки та довгострокової стійкості.

Разом із тим більшість наявних підходів до оцінювання енергетичного стану територій переважно базуються на кількісних показниках енергоспоживання, структурі паливно-енергетичного балансу або джерелах походження енергії. Такі підходи не завжди дозволяють повною мірою врахувати взаємозв'язки між ресурсним потенціалом території, рівнем її енергетичної автономності, ефективністю управління та соціально-економічними аспектами розвитку громади.

Аналіз наукових публікацій, нормативних документів, аналітичних матеріалів Міністерства енергетики України, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, а також матеріалів Інституту сталого розвитку та Харківського енергетичного кластеру свідчить про необхідність формування комплексного підходу до оцінювання енергетичної безпеки територіальних громад. Це обумовлює доцільність розроблення моделі,

яка б поєднувала технічні, економічні, екологічні та управлінські складові розвитку локальних енергетичних систем.

Потребує подальшого осмислення концепція енергетичної безпеки з позиції системного підходу та її операціоналізація на методичному рівні.

Формулювання цілей статті. Метою цієї статті є формування системного бачення енергетичної безпеки територіальних громад та її практичне застосування через модель «4Е» – енергоефективність, енергодостатність, енергонезалежність та енергетична відповідальність. При цьому важливо враховувати стратегічну мету для української енергетики – досягнення енергонезалежності громад. Це не обмежується лише збільшенням обсягів видобутку, а передбачає значне зменшення споживання традиційних ресурсів та заміщення газу локальними джерелами, перш за все біомасою, яка здатна повністю покрити потреби комунальної теплоенергетики. Крім того, важливим напрямом є масштабне впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у децентралізованих мережах.

Останні дослідження та публікації. Для систематизації підходів до оцінювання енергетичної безпеки територіальних громад запропоновано [3] концептуальну модель «4Е». Модель об'єднує чотири взаємопов'язані складові, які характеризують різні аспекти функціонування локальної енергетичної системи. Їхній сукупний вплив формує рівень енергетичної стійкості та здатність громади до довгострокового розвитку.

Таблиця 1

Основні поняття

Складова	Характеристика	Індикатор оцінювання
Енергоефективність	Раціональне використання енергетичних ресурсів	Питоме споживання енергії
Енергодостатність	Забезпечення потреб громади локальними ресурсами	Частка локальних ресурсів у енергобалансі
Енергонезалежність	Зменшення залежності від зовнішніх постачальників	Частка власного генерування
Енергетична відповідальність	Управління, планування та участь населення	Наявність енергостратегії та системи енергоменеджменту

Запропонована модель дозволяє розглядати енергетичну безпеку не як окремий технічний показник, а як результат взаємодії чотирьох складових, кожна з яких впливає на стійкість територіальної громади.

Поняття енергодостатності відображає стратегію та принципи задоволення енергетичних потреб людини з урахуванням можливостей природного середовища. На відміну від більш поширеного терміну «енергоефективність», який акцентує увагу на максимальному використанні потенціалу енергоресурсів згідно з технологічним рівнем розвитку, енергодостатність вводить додаткове обмеження — ресурси слід використовувати максимально ефективно, але в межах того, що дозволяє природа. Тобто головна різниця полягає в тому, що енергоефективність фокусується на технологічній оптимізації, а енергодостатність — на балансі між потребами людини та природними можливостями.



Рис. 1. Енергетична безпека [4]

Питання будинків з нульовим споживанням енергії фактично є прикладом реалізації стратегії енергодостатності на рівні одного домоволодіння. Такий будинок використовує лише ті енергоресурси, які йому необхідні, або навіть менше — тобто він є «енергодостатнім» [5].

Досягнення енергодостатності територіальних громад потребує реалізації комплексного підходу, який охоплює всі етапи енергетичного ланцюга – від

видобутку та транспортування паливно-енергетичних ресурсів до їхнього перетворення, розподілу та кінцевого споживання. Підвищення ефективності на кожному з цих етапів сприяє зменшенню втрат енергії, скороченню витрат на енергозабезпечення та підвищенню рівня енергетичної безпеки громади.

На відміну від традиційного підходу, що зосереджується переважно на показниках енергоефективності, концепція енергодостатності передбачає не лише раціональне використання енергії, а й досягнення балансу між потребами суспільства, можливостями економіки та ресурсним потенціалом навколишнього середовища. Такий підхід відповідає принципам сталого розвитку та сприяє формуванню довгострокової енергетичної стійкості території.

Енергодостатність доцільно розглядати як результат взаємодії трьох ключових складових:

- економічна складова – забезпечення конкурентоспроможності виробництва та сфери послуг шляхом впровадження енергоефективних технологій, модернізування обладнання та оптимізування використання паливно-енергетичних ресурсів;
- екологічна складова – урахування обмеженості природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та збільшення частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі громади;
- соціальна складова – забезпечення належного рівня комфорту та якості життя населення при одночасному раціональному споживанні енергетичних ресурсів, при цьому важливим завданням є формування культури відповідального енергоспоживання без істотного погіршення соціальних умов проживання.

Таким чином, енергодостатність є не лише технічною або економічною характеристикою, а й комплексним показником збалансованого розвитку територіальної громади, який відображає її здатність задовольняти енергетичні потреби населення та господарського комплексу з максимально ефективним використанням наявних ресурсів. [6,7].

Україна залишається однією з найбільш енергомістких економік Європи. За даними аналітичних матеріалів UkraineInvest, енергомісткість валового внутрішнього продукту України є однією з найвищих у світі та приблизно у 2,7 рази перевищує відповідний показник Польщі і у 3,3 рази – Німеччини. Низька енергоефективність економіки призводить до значних втрат енергетичних ресурсів та додаткових витрат, що негативно впливає на конкурентоспроможність національної економіки. Потенціал підвищення енергоефективності залишається одним із ключових резервів зміцнення енергетичної безпеки держави та територіальних громад [8].

Ситуація у сфері енергетики ускладнюється низкою факторів [3], які

негативно впливають на розвиток «зеленої» енергетики. Спочатку було прийнято високі стимулювальні «зелені» тарифи на закупівлі «зеленої» енергії. Це інтенсифікувало розвиток «зеленої» енергетики, що перетворило ці тарифи на ярмо. У результаті відбулося їхнє зниження, що створило уявлення про український енергетичний ринок як ненадійний і відлякало учасників. Іншим побічним ефектом є борги близько 10 млрд. грн, які намагаються виплатити за рахунок іноземних запозичень, що призведе до чергового витка заборгованостей. Нове законодавство спроможно лише частково зменшити обсяг нових заборгованостей, але не вирішити проблему. Поступове старіння потужностей та стагнація ринку ВДЕ відбуваються на фоні збільшення залежності країни від імпортової електроенергії [9].

У роботі [3] запропоновано вихід із цієї ситуації, а саме залучити близько 4 млн. га² малопродуктивних сільськогосподарських земель в енергетичний сектор для вирощування енергетичних культур. Агроенергетика може бути рушієм сільськогосподарського бізнесу, що забезпечує енергетичну самодостатність та стимулює економічну активність у регіонах.

Агроенергетика [3] сьогодні розглядається як один із перспективних напрямів підвищення енергетичної стійкості територіальних громад та розвитку агропромислового комплексу України. Поєднання виробництва сільськогосподарської продукції з генеруванням енергії створює передумови для диверсифікації джерел доходів агропідприємств, підвищення енергонезалежності сільських територій та більш ефективного використання наявних ресурсів. Запропоновано залучати енергосервісні проекти, які можуть виступати додатковим джерелом доходу для аграрних підприємств і водночас інструментом зміцнення енергетичної незалежності територіальних громад [9]. Проте досвід впровадження енергосервісу неоднозначний. Енергосервісні компанії неохоче вкладаються в проекти з тривалою окупністю.

За даними [3] енергетичний потенціал потенційної біомаси еквівалентний приблизно 20 млрд м³ природного газу на рік. Це дозволяє розглядати біоенергетику як один із ключових напрямів зміцнення енергетичної безпеки держави та підвищення енергодостатності територіальних громад [10].

Сонячна енергетика є перспективним джерелом електроенергії та теплоти. У [3] наведено успішні приклади поєднання сонячної енергетики та агротехнологій. Особливістю агрофотовольтаїчних систем є можливість одночасного використання земельних ресурсів для виробництва сільськогосподарської продукції та генерації електричної енергії. Один з таких прикладів – СТОВ «Україна» Дергачівського району Харківської обл. Нове АГРО-ЕНЕРГЕТИЧНЕ господарство отримало назву «Солар Смарт Енерджи» («Solar Smart Energy»). Встановлена потужність першої черги сонячних панелей

– 30 кВт, другої – 200 кВт. Загалом, під сонячною електростанцією (СЕС) розташоване дослідне поле загальною площею 0,4 га.

Спочатку, під час запуску першої черги, землю під сонячними панелями було засіяно кормовими травами. Вони, порівняно з кормовими травами на сусідніх ділянках (при всіх аналогічних умовах зростання), дали підвищення обсягу зеленої маси до 35%. Посаджені під другою чергою овочеві культури (томати й огірки) дали підвищену врожайність до 40%. При цьому їхній строк плодоношення продовжився ще до 1 місяця [11]. Це пояснюється особливим мікрокліматом під сонячними панелями: вдень панелі забезпечують затінення, а вночі акумулюють тепло, що підтримує стабільну температуру ґрунту. Крім того, волога випаровується значно менше, що дозволяє економити на поливі — для рослин достатньо ранкового конденсату (роси), а додатковий полив проводять лише ввечері. Рослини ж своїм охолоджувальним ефектом підвищують ефективність електричного генерування.

Подальший розвиток агроенергетики в Україні потребує формування сприятливих економічних та нормативно-правових умов, зокрема механізмів підтримки вирощування енергетичних культур, розвитку локальної генерації та впровадження інноваційних технологій використання відновлюваних джерел енергії.

Водночас значний потенціал розвитку мають сонячні електростанції або біосолярні дахи (зелені дахи з сонячними панелями), на об'єктах соціальної інфраструктури територіальних громад. Протягом останніх років завдяки міжнародним програмам технічної допомоги, державним та місцевим програмам підтримки в Україні активно впроваджуються дахові сонячні електростанції на будівлях шкіл, дитячих садків, закладів охорони здоров'я та адміністративних спорудах.

Однак практика експлуатації таких об'єктів свідчить про наявність низки обмежень. У більшості випадків вироблена електроенергія використовується лише для власного споживання закладу, а надлишки генерації не забезпечують достатнього економічного ефекту для громади. Особливо це стосується закладів освіти, де в літній період рівень споживання суттєво знижується. За відсутності ефективних механізмів накопичення або спільного використання електроенергії потенціал таких систем використовується не повною мірою, що знижує їх інвестиційну привабливість та ускладнює залучення приватного капіталу до реалізації подібних проєктів [12].

Показовим прикладом використання відновлюваних джерел енергії на рівні територіальної громади є реалізація сонячної електростанції на об'єктах соціальної інфраструктури міста Ірпінь Київської області [13]. Встановлення сонячної електростанції на будівлі дошкільного закладу освіти дозволило

частково забезпечити потреби закладу в електричній енергії за рахунок власного генерування та знизити навантаження на місцевий бюджет.

Практика впровадження подібних проєктів свідчить, що розвиток локальної генерування електроенергії на об'єктах комунальної власності створює низку додаткових переваг для територіальних громад:

- підвищення рівня енергетичної автономності соціальної інфраструктури;
- зменшення витрат місцевих бюджетів на оплату електричної енергії;
- підвищення стійкості критично важливих об'єктів до аварійних відключень електропостачання;
- створення передумов для розвитку локальних енергетичних спільнот та енергетичних кооперативів;
- залучення інвестицій у розвиток розподіленої генерації на рівні громади.

Особливого значення такі проєкти набувають в умовах необхідності підвищення енергетичної безпеки та стійкості територіальних громад. Вони демонструють можливість переходу від моделі пасивного споживання енергоресурсів до моделі активної участі громади у виробництві та управлінні енергією, що повністю відповідає принципам енергодостатності та енергонезалежності.

Яскравим прикладом є проєкт «Енергоефективне село» у селі Веселе Харківського району, який отримав перше місце на Національному конкурсі «Найкращі соціальні проєкти 2018» у сфері енергоефективності [14]. В межах проєкту створено модель енергодостатнього сільського населеного пункту:

- Перший етап — облаштування місцевих об'єктів теплоенергетики, зокрема двох котелень на біомасі.

- Другий етап — опалення ФАПу за допомогою теплового насоса та повна термомодернізація будівлі.

- Третій етап — освітлення 5 км вулиць за допомогою світлодіодних ламп і фотовольтаїчних панелей.

Проєкт у Веселому став прикладом, як громада може залучити зовнішнє фінансування практично без використання власних коштів: від освітлення вулиць і опалення школи біомасою до опалення лікарні геотермальною енергією та будівництва сонячної електростанції. Усі заходи реалізовані за підтримки міжнародної технічної допомоги та слугують демонстраційним прикладом для інших громад, що локальні проблеми можна вирішувати за рахунок зовнішніх ресурсів.

Інший позитивний приклад [3] – дахова СЕС на міській лікарні №1 у місті Біла Церква Київської області. Перша черга потужністю 30 кВт встановлена на дерев'яному даху, через обмежену несучу здатність, проте планується суттєве збільшення потужності. На цей час СЕС забезпечує лікарню електроенергією для

власних потреб, а проєкт реалізовано за рахунок міського бюджету.

Українським громадам корисно переймати досвід європейських країн. Наприклад, у Томашовському повіті Люблінського воєводства (Польща) побудовано вітропарк із 18 турбін потужністю по 2 МВт кожна, який інвестувала португальська державна компанія. Проєкт демонструє ефективну співпрацю між інвестором і місцевою громадою: компанія отримала в оренду 10 земельних ділянок, що належать громаді, а для решти ділянок адміністрація повіту допомогла домовитися з власниками щодо оренди. Конкуренція між кількома повітами за право розміщення вітропарку показує, наскільки важливо створювати вигідні умови для інвесторів [15].

Може здатися, що це схема, де локальна влада відстоює інтереси компанії. Насправді ж мова йде про захист інтересів громади: компанія побудувала нові дороги, створила робочі місця та оживила сільську територію. Крім того, частина виробленої електроенергії надається безкоштовно для освітлення та опалення школи. Також проєкт зареєстровано як окрему юридичну особу в громаді, і саме сюди надходять податки від продажу електроенергії. Висновки та перспективи: такий досвід є дуже актуальним для українських сільських громад, адже вітроенергетичний потенціал Слобожанщини перевищує потенціал Люблінського воєводства.

Недоліком зазначених робіт є відсутність аналізу режиму надходження та споживання. Зокрема, режим надходження сонячної енергії вдень має суттєву випадкову складову через хмарність, а вночі надходжень немає. Тверде паливо важко розпалюється та гаситься, тому маневрувати ним достатньо складно.

Найважливішою складовою успіху є навчитися ефективно співпрацювати з інвестиційними компаніями та фондами, які можуть надати громадам нові ресурси та можливості розвитку. Проте для цього повинен бути чіткий план.

Основна частина. Аналіз досвіду енергонезалежних громад надає можливість запропонувати алгоритм дій, застосовний незалежно від місцевих особливостей:

- створити ініціативну групу в громаді, яка розуміє необхідність енергомодернізації та має бачення кінцевого результату;
- за можливості, встановити партнерські стосунки з іншими громадами, які мають досвід грантової діяльності та роботи з інвесторами;
- залучити аудиторів (бажано, сторонніх навіть за наявності таких у громаді, щоб отримати незалежний погляд – аналогічно тому, як автори рідко бачать залишкові друкарські помилки у власному рукописі без сторонніх додатків і редакторів) для вирішення таких завдань:
 - виявити максимальну кількість наявних енергетичних ресурсів;
 - розділити їх на ресурси з постійним надходженням, незалежно від

потреб, непостійним надходженням, надходження яких залежить від випадкових факторів, маневрові, споживання яких можна швидко регулювати, та важкоманеврові, регулювання виробітку з яких можливе, але ускладнене, при цьому ресурси з постійним надходженням або важкоманеврові можуть не шкодити довкіллю в разі неповного споживання (як-от гідроенергетика) або сприяти тепловому забрудненню атмосфери (як-от спалювання твердого палива);

- отримати звіт енергоаудиту наявного будівельного фонду та інфраструктури (сторонні аудитори – обов’язкова вимога для отримання державних інвестицій);
- у разі планів залучення клімато- та погодозалежних ресурсів, а також отримання громадою доходів від кліматозалежних галузей отримати звіт кліматичного обслуговування з прогнозами наявності цих ресурсів та діяльностей з урахуванням кліматичних змін, причому в Україні такі спеціалісти є завдяки міжнародному проєкту ClimED, який завершується у травні 2026 року [16], а дані ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [17] не можна застосовувати, адже вони не враховують кліматичні зміни з 2010 року і дотепер;
- отримати звіт фінансового аудиту громади;
- на підставі отриманих даних розробити енергетичну стратегію та поетапну Програму модернізування наявного будівельного фонду та інфраструктури, при цьому врахувати потреби комбінування джерел з нестабільним надходженням і маневрових, а також можливості використання заощаджених коштів на наступні етапи та виплати за кредитами, причому стратегія повинна містити аналіз ризиків та можливостей їхнього пом’якшення, а також стратегії пропагування результатів задля широкого інформування інвесторів;
- виконувати створену Програму з постійним аналізуванням відхилень і змін ситуації;
- у разі потреби вносити зміни в Програму та виконувати оновлені положення.

Для ефективного переходу на енергодостатність потрібна інформаційна кампанія. Ця кампанія повинна вирішувати такі стратегічні завдання:

- зацікавлення громад почати енергетичний перехід та донесення основних положень правильного енергетичної модернізування;
- зацікавлення фінансових гравців (інвестори, фонди, кредитні організації тощо) підтримувати громади;
- зацікавлення владних структур щодо законодавчого сприяння подібним ініціативам.

- розповсюдження результатів переходу задля реклами успішними випадками та уникнення повторення помилок.

Таким чином, правильна послідовність дій дозволить максимально використати наявні ресурси для громад з можливістю, у сприятливих умовах, перейти до просьюмерського функціонування – продажу надлишку енергії.

Висновки. Запропонований алгоритм дозволяє обґрунтовано створити енергетичну безпеку громади за принципом 4Е – енергоефективність, енергодостатність, енергонезалежність та енергетична відповідальність. Для цього необхідно обґрунтувати та розробити енергетичну стратегію та поетапну Програму модернізування наявного будівельного фонду та інфраструктури на підставі глибокого аудиту. Не менш важливим є інформаційна кампанія, що має охопити всіх наявних та потенційних учасників подібних проєктів.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення ефективних моделей енергетичного переходу територіальних громад, оцінювання потенціалу відновлюваних джерел енергії на місцевому рівні, а також на вдосконалення механізмів інвестиційного підтримання проєктів у сфері відновлюваної енергетики. Адже формування енергодостатніх та енергонезалежних територіальних громад є одним із ключових чинників зміцнення енергетичної безпеки держави. Активне впровадження відновлюваних джерел енергії, ефективне використання місцевих ресурсів та залучення інвестицій можуть стати основою сталого розвитку регіонів України та підвищення їх економічної конкурентоспроможності.

References

1. Marchenko, Y. "Gas Production in Ukraine: History, Current State and Prospects." *DUFLU*, 25 Mar. 2026, <https://duflu.org.ua/vydobutok-gazu-v-ukrayini-istoriya-suchasnist-i-perspektyvy/>
2. "Section V of the Energy Strategy of Ukraine until 2030." *Liga:Zakon*, with amendments introduced by the Order of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, 26 Mar. 2008, <https://ips.ligazakon.net/document/FIN3853A>.
3. Sokhan I., Skrypnyk O., Skrypnyk D. "Energy sufficiency, energy independence, energy saving and energy patriotism – four bases of territorial communities development." *Efektivna ekonomika*, No. 1, 2021, p. 15, <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.15>
4. Ukraine, Cabinet of Ministers. *On Approval of the Energy Strategy of Ukraine until 2035 "Security, Energy Efficiency and Competitiveness."* Order No. 605-r, 18 Aug. 2017, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017->

%D1%80#Text

5. Lytvyn, V. "Zero-Energy Buildings: Can They Help Overcome the Energy Crisis?" *Association of Energy Auditors of Ukraine*, 2023, <https://epravda.com.ua/columns/2024/09/24/719699/>
6. Hurgula, T. V. "Energy Self-Sufficiency of Communities as a Way to Local Economic Development." *Bulletin of Socio-Economic Research*, vol. 1, no. 72, 2020, pp. 26–41. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(72\).2020.26-41](https://doi.org/10.33987/vsed.1(72).2020.26-41).
7. Vasylieva, O. I., and N. V. Vasylieva. "Conceptual Principles of Sustainable Development of Territorial Communities." *Investments: Practice and Experience*, no. 8, 2018, pp. 74–78.
8. Klymchuk, O. V. "Priorities of Development of Power Policy in the World and in Ukraine." *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU. Seriya: Ekonomichni Nauky*, vol. 1, no. 56, 2019, pp. 123–128.
9. *Energy Sector of Ukraine: Investment Opportunities*. UkraineInvest, 2024, https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2024/12/energetychnyj-sektor-ukrayiny_edited11.pdf
10. Heletukha, H., and T. Zheliezna. *Bioenergy in Ukraine: Current State and Prospects for Development*. Bioenergy Association of Ukraine, 2024, https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/05/1_Geletuha_Rozvytok-bioenergetyky-v-Ukrayini-i-sviti.pdf
11. Ignatiev, S. "How to Transform an Agricultural Holding into an Energy Holding: Experience of the Kharkiv Energy Cluster." *Ecobusiness Group*, 2020, <https://ecolog-ua.com/news/yak-agroholdyng-peretvoryty-u-energoholdyng-znayut-u-harkivskomu-energetychnomu-klasteri>
12. Ignatiev, S. "How to Double the Profitability of Agribusiness through Environmental Innovations: The Solar Smart Energy Project." *Ecobusiness Group*, 2021, <https://ecolog-ua.com/news/yak-zbilshyty-vdvichi-prybutkovist-agrobiznesu-z-dopomogoyu-ekologichnyh-innovacyi-proyekt>
13. Irpin City Council. "Solar Power Plant Installed at the Ivasyk-Telesyk Preschool in Irpin." *My Kyiv Region*, <https://mykyivregion.com.ua/news/u-seli-kozinci-irpinskoyi-gromadi-rozpocalasya-rekonstrukciya-ditsadka-ivasik-telesik-foto>
14. Hema, M. "Vesele Village: How to Become the First Energy-Independent Community in Ukraine." *iPress*, 2018, https://ipress.ua/articles/proekt_energoefektyvne_selo_276541.html
15. Heletukha, H. H., T. A. Zheliezna, and A. K. Prakhovnik. *Analysis of Energy Strategies of EU Countries and the World and the Role of Renewable Energy Sources in Them*. Bioenergy Association of Ukraine, 2015, <http://www.uabio.org/img/files/docs/uabio-position-paper-13-ua.pdf> Accessed

15 Jan. 2021.

16. 'Multilevel Local, Nation- and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation – ClimEd', 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-CBHE-JP, 15.11.2020 – 14.05.2026.
<https://climed.network/>
17. SE NDIBK. Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building Climatology. DSTU N B V.1.1-27:2010, Kyiv.
<https://finance.smr.gov.ua/files/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelna-klimatologiya.pdf>

UDC 696.2:504.1

Post-Graduate **Yaroslav Shvets**

Shvets198507@gmail.com, ORCID: 0009-0008-0997-6989

<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2026.57.110-123>

REVIEW OF FORMING THE SYSTEMIC APPROACH TO ENERGY SECURITY OF TERRITORIAL COMMUNITIES: THE “4E” MODEL

Abstract. *The article proposes a systemic approach to the formation of energy security in territorial communities within the framework of sustainable development. The proposed concept is based on the “4E” model, which includes four key components: energy saving, energy sufficiency, energy independence, and energy patriotism. The effectiveness of these components can be assessed through a system of energy efficiency indicators that characterize the functioning of local energy systems. Unlike traditional approaches that evaluate energy efficiency mainly through energy sources, the proposed model considers energy security as a complex system that integrates technological, environmental, economic, and social factors. In this context, the concept of energy sufficiency plays a key role, emphasizing the balance between human energy needs and the limits of natural resources. The study highlights the importance of renewable energy development and the use of local energy resources to reduce dependence on imported fuels. Particular attention is paid to the potential of agroenergy and agrivoltaic systems, which combine agricultural production with renewable energy generation. These technologies create additional economic opportunities for rural areas and contribute to the sustainable development of territorial communities. Examples of successful energy-efficient community projects in Ukraine and European countries demonstrate the effectiveness of cooperation between local authorities, investors, and international support*

programs. The study concludes that the development of energy-sufficient and energy-independent communities is an important factor in strengthening national energy security and ensuring sustainable regional development. Further research should be directed towards developing effective models of energy transformation of territorial communities, assessing the potential of renewable energy sources at the local level, and improving investment support mechanisms for projects in the field of renewable energy.

Keywords: *energy sufficiency; territorial community; energy independence; energy efficiency; renewable energy sources; sustainable development*

Received/Надійшла до редакції 24.03.2026

Accepted/Прийнято 05.05.2026

Issued/Опубліковано 29.05.2026

 Distributed under the license / Розповсюджується за ліцензією:

Creative Commons Attribution 4.0 International License