

УДК 332.122.001.33:620.91.004.67

Прокіп А. В.

к.е.н., доцент

Національний лісотехнічний університет України

E-mail: aprokip@gmail.com

## ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ РЕГІОНУ

*Розглянуто існуючі підходи до вирішення окремих завдань в межах задачі планування розвитку відновлюваної енергетики регіону, а також встановлено відсутність комплексних підходів для вирішення таких задач. Проаналізовано існуючі поширені методи для виконання окремих етапів задачі планування розвитку використання відновлюваних енергетичних ресурсів у межах регіону, встановлено їх сильні та слабкі сторони. Продемонстровано існування значної кількості невирішених питань у методології та методиці регіонального розвитку відновлюваної енергетики. Запропоновано критерії здійснення SWOT-аналізу стратегій розвитку використання відновлюваних енергоресурсів у регіоні. На основі існуючих недоліків у плануванні розвитку відновлюваної енергетики регіону, а також завдань, які потребують вирішення, запропоновано основні етапи процедури формування регіональної системи використання відновлюваних енергоресурсів. Пропонована процедура ґрунтується на максимальному використанні доступного потенціалу відновлюваних енергоресурсів регіону, покриття дефіциту енергоспоживання та заміщення використання енергії невідновлюваних енергоресурсів за критеріями еколого-економічної доцільності.*

*Ключові слова: відновлювані енергоресурси, відновлювана енергетика, регіон, регіональна енергетична система, планування.*

**Постановка проблеми.** Вищий рівень просторової доступності відновлюваних енергоресурсів порівняно із невідновлюваними, зростання економічних та екологічних ризиків, пов'язаних із використанням останніх, поява та розвиток технологій відновлюваної енергетики, підвищують привабливість її розвитку. Проте просторові та

технологічні особливості використання відновлюваних енергоресурсів, порівняно низький рівень розвитку галузі, імперативність характеру задачі пошуку нових джерел енергозабезпечення актуалізують необхідність просторового планування розвитку відновлюваної енергетики (ВЕ) у відповідності до існуючих енергетичних потреб та кон'юнктури ринку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зважаючи на актуальність проблем просторових диспропорцій в енергозабезпеченні, значний рівень антропогенного навантаження енергетики на довкілля, зрозуміло, що окремі задачі регіонального розвитку ВЕ та включення використання відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР) у існуючі енергетичні мережі вже були предметом розгляду науковців, а для практичної реалізації окремих завдань в межах даної процедури застосовуються різні загальні та спеціальні науково-практичні підходи. Так, окремі аспекти зазначеної проблеми досліджували Д. Войвонтас, К. Кормію, М. Клайпентер, Д. Лаласб, С. Погекар, Й. Террадос та інші науковці. Проте існуючі дослідження не розкривають усіх проблем комплексного використання ВЕР регіону, а відтак, теоретична задача планування регіонального розвитку ВЕ потребує глибшого вивчення та деталізації, розробок нових та удосконалення існуючих критеріїв і методів.

**Формування цілей статті.** Метою статті є дослідження існуючих підходів до планування розвитку відновлюваної енергетики на предмет повноти врахування усіх детермінант використання потенціалу відновлюваних енергоресурсів та удосконалення загального алгоритму комплексного використання відновлюваних енергоресурсів регіону.

**Виклад основного матеріалу.** Покриття енергетичних потреб споживачів та часткове заміщення споживання невідновлюваних енергетичних ресурсів (НЕР) шляхом використання потенціалу ВЕР у різних локаціях ВЕР полягає у формуванні нового енергетичного балансу регіону. Це вимагає здійснення оцінки величини енергетичних потреб споживачів регіону та їх динаміки протягом року, потужності енергетичних виробництв, енергетичного потенціалу ресурсів, їх сезонної та добової динаміки. Реалізація цих завдань по суті являється плануванням регіональної енергетики.

В загальному, методи планування енергетики поділяються на три групи: моделювання, планування за аналогією та планування відповідно до запитів й оцінок експертів [1], а точність їх застосування залежить від періоду планування [2]. Планування

за аналогією дозволяє здійснювати імітацію для випадків з однаковими обсягами енергоспоживання та лагами в менш розвинутих країнах та регіонах за прикладом досвіду більш розвинених [2]. Зрозуміло, застосування методу є утрудненим при формуванні систем використання ВЕР на рівні регіону, оскільки кожен з них є унікальним за структурою та обсягами енергоспоживання, величиною потенціалу різних ВЕР, природними особливостями, а відтак технічно та економічно досяжним потенціалом. Тому використання методу аналогій виявляється доцільним лише для формування достатньо загальних технологічних, організаційних та економічних рішень побудови енергетичної системи регіону (ЕСР). Планування енергетики відповідно до запитів та оцінок експертів передбачає врахування існуючих бар'єрів та вимог розвитку енергетики, доступність потенціалу енергетичних ресурсів (ЕР), техніки та технологій для їх використання, вимог населення щодо екологічності енергетики, вибору місць розміщення енергогенераційних об'єктів.

Планування розвитку ВЕ зводиться до формування реального енергетичного плану та розподілу різних альтернатив використання ВЕР [3]. В [4] запропоновано підхід до вирішення таких задач, який базується на використанні переваг трьох методів, які часто застосовуються до розв'язання подібних завдань: SWOT-аналізу, методу багатокритеріального прийняття рішень та експертних оцінок; схему цього алгоритму представлено на рис. 1.

На першому етапі алгоритму здійснюється аналіз енергетики регіону, а особлива увага приділяється вивченню місцевих ресурсів та шляхам їх звичного використання. Наступним етапом є побудова матриці SWOT-аналізу, що дає можливість формалізувати характеристику ЕСР відповідно до чотирьох груп характеристик об'єкту такого аналізу: сильні сторони (характеристики та оточуюче середовище ЕСР, які сприяють її розвитку, зростанню, підвищенню рівня виробничої потужності та сталості); слабкі (характеристики та оточуюче середовище ЕСР, які обмежують її розвиток, зростання, підвищення рівня виробничої потужності та сталості); можливості (чинники, які можуть полегшити розвиток енергетичної системи регіону та/або покращити рівень її сталості); загрози (чинники, які можуть вплинути на функціонування ЕСР, призвівши до сповільнення її розвитку та погіршення сталості). Все ж з [4] не цілком зрозумілими залишаються критерії здійснення процедури SWOT-аналізу ЕСР (формальні та неформальні). Підходи до здійснення такого

аналізу ці ж автори не описують і в іншій своїй праці [5], а лише наводять результати проведеного аналізу для конкретного регіону.



Рис. 1. Схема планування розвитку відновлюваної енергетики регіону [4]

Здійснення SWOT-аналізу ЕСР на предмет потенційного розвитку ВЕ, на нашу думку, повинно ґрунтуватись на оцінці та зіставленні характеристик використання ВЕР та НЕР у регіоні, рівня їх доступності та стану енергетичної інфраструктури, а саме: величини теоретичного, технічно та економічно досяжного потенціалу ВЕР; рівня забезпеченості регіону НЕР та економічних характеристик їх переробки. Тому вважаємо, що такий аналіз доцільно здійснювати за оцінкою наступних показників:

- частка ВЕР та НЕР у первинному енергоспоживанні регіону;
- частка власних та імпортованих у регіон використовуваних ЕР;

- теоретичний потенціал ВЕР регіону за їх видами та рівень концентрації в просторі; близькість концентрації потенціалу ВЕР до основних вузлів енергоспоживання та енергетичних мереж;
- частка мобільних ВЕР (паливних) у загальному потенціалі ВЕР регіону;
- рівень використання теоретичного, технічного досяжного та економічно доступного потенціалу ВЕР у регіоні;
- перспективи забудови регіону, які можуть вплинути на зміну величини потенціалу ВЕР;
- наявність законодавчих стимулів та бар'єрів до використання ВЕР суб'єктами господарювання та домогосподарствами;
- рівень доступності технологій для використання ВЕР;
- можливості приєднання нових локацій ВЕР до існуючих енергетичних мереж регіону.

Наступний етап зазначеного в [4] алгоритму планування розвитку ВЕ регіону – початковий відбір стратегій за допомогою здійснення SWOT-аналізу, шляхом зіставлення сильних та слабких сторін, можливостей і загроз. В [4] визначають чотири загальні варіанти стратегій розвитку ВЕ регіону: стратегія виживання – запобігання перетворення слабких сторін розвитку ЕСР в загрози; стратегія переорієнтації – зміна слабких сторін для здобуття переваг чи можливостей; стратегія «оборони» – зниження небезпеки загроз шляхом використання сильних сторін ЕСР; стратегія «нападу» – розвиток сильних сторін для отримання вигід від існуючих переваг.

Приклади стратегій розвитку ВЕ регіону (на прикладі о. Крит) наведено в [6]. Такими автори визначили: стратегію «заморожування» (встановлюється мораторій на подальший розвиток ВЕ безпосередньо на острові; існуючі вітроелектростанції продовжують свою діяльність; отримання енергії передбачається здійснювати через прокладання підводних електрокабелів); комунально орієнтована стратегія (передбачає прийняття пропозиції місцевої енергетичної компанії з будівництва нової електростанції, яка використовуватиме паливні НЕР; експлуатацію існуючих вітроелектроенергетичних установок буде продовжено, аналогічно, як і в попередній стратегії); стратегія орієнтації на енергетичний попит (аналогічна попередній, але додатково передбачається здійснення заходів з підвищення енергоефективності); помірного централізованого розвитку ВЕ

(стратегією передбачається впровадження найефективніших відпрацьованих технологій використання ВЕР та будівництво енергогенераційних об'єктів у найпридатніших для цього локаціях; передбачається побудова нових вітрових електростанцій; вибір локацій будівництва визначається централізовано для забезпечення найбільшої ефективності роботи та найнижчої вартості енергії, з урахуванням існуючої інфраструктури та топографії місцевості); помірною збалансованого розвитку ВЕ (подібна до попередньої, але розвиток вітрової енергетики відбувається децентралізовано за участю зацікавлених в цій сфері сторін; місцева влада стимулює розвиток ВЕР з використанням найбільш досконалих технологій в умовах даного регіону; стратегії притаманний вищий рівень розсіяності вітроелектростанцій в просторі; паралельно здійснюватимуться заходи з енергозбереження); стратегія співпраці (місцева влада та інші зацікавлені сторони здійснюють заходи для стимулювання впровадження найефективніших відпрацьованих технологій використання ВЕР та запобігання будівництву нової електростанції, яка працює з використанням НЕР; передбачається будівництво двох енергогенераційних заводів, які використовуватимуть сільськогосподарські відходи, та будівництво вітроустановок, рівномірно розміщених територією острова, для зниження ризику нестабільності роботи енергетичної мережі; паралельно передбачається здійснення заходів з енергозбереження); максималістична стратегія (всі учасники процесів розвитку відновлюваної енергетики повинні докладати максимальних зусиль для запобігання будівництву нової електростанції, яка працює з використанням НЕР; стратегія є найоптимістичнішою і полягає в реалізації заходів для підвищення енергоефективності та масштабному розвитку децентралізованої ВЕ; передбачається будівництво енергогенераційних та когенераційних установок на біомасі, малих гідроелектростанцій, а також вітроенергетичних установок рівномірно розміщених територією регіону); інноваційна (передбачає централізований розвиток нових, не цілком перевірених в конкретних умовах роботи технологій використання ВЕР для запобігання будівництву нової електростанції, яка використовує НЕР; зокрема стратегією передбачається створення плантацій енергетичної біомаси та будівництво сонячних термальних енергостанцій, реалізація енергоощадних програм; розвитку вітрової енергетики планується приділяти значно менше уваги) [6].

Первинний відбір стратегій з використанням SWOT-аналізу забезпечує зменшення кількості ітерацій наступного кроку алгоритму – оцінки стратегій експертами, для чого в [4] пропонується користуватися методом Делфі. На даному етапі також можуть розроблятися нові стратегії або ж коригуватися вже існуючі. Після цього альтернативні стратегії ранжуються з використанням методів багатокритеріального прийняття рішень, що забезпечує підкріплення висновків експертів формальними критеріями. Суть цього методу полягає у зіставленні альтернатив, які порівнюються між собою за певним переліком критеріїв. Отримані результати згортаються до єдиного показника з використанням обраних коефіцієнтів вагомості шляхом застосування різних методів або ж залученими експертами [3]. Для застосування методу автори [4] пропонують технологічні критерії (загальна економія первинних ЕР; відпрацьованість технологій; рівень залучення ноу-хау; безперервність та рівень прогнозованості використання ЕР), екологічні (безпечність за критерієм обсягів забруднення оксидами вуглецю; безпечність за критерієм обсягів забруднення іншими продуктами згоряння паливних ЕР; шумове забруднення; вплив на ландшафти), соціоекономічні (створення нових робочих місць; відповідність локальним, регіональним та національним політикам), а також оцінку експертів, отриману методом Делфі. Проте, на нашу думку, цей перелік не можна вважати єдиним та вичерпним і може змінюватися залежно від тих видів ЕР, які приймаються до розгляду, природних, соціальних та економічних характеристик регіону, який є об'єктом аналізу тощо.

Дещо ширший перелік критеріїв для використання цього методу запропоновано в [6], де автори розділяють їх на дві групи: техніко-економічні показники (поділені на групи економічних та технічних показників) та соціальні (поділені на політичні та екологічні). До економічних в [6] віднесено величину інвестицій та поточно-експлуатаційних витрат; до технічних – надійність покриття пікових навантажень, рівень готовності технологій до використання ВЕР, рівень стабільності мереж. До політичних віднесено єдність дій учасників процесу на регіональному рівні та рівень зайнятості у регіоні. Екологічні показники включають в себе ризик кліматичних змін, захищеність екосистем, рівень використання земель, рівень впровадження екологічної політик ЄС та показники, які характеризують якісь докільця для місцевих громад. До останніх авторами [6] віднесено

якість життя мешканців (якість повітря та рівень шумового забруднення), а також привабливість краєвидів.

На наступному етапі планування розвитку ВЕ регіону (відповідно до прийнятого нами базового алгоритму, представленого на рис. 1), аналізуються плани розвитку енергетики регіону, якщо такі були розроблені. За існування планів алгоритм покликаний перевірити їх, вибрати найкращий та внести в нього поправки, відповідно до визначеної стратегії, рішень експертів та перевірки за різними критеріями. Останнім етапом планування розвитку ВЕ регіону є вибір стратегій відповідно до обраного плану розвитку та конкретних цілей та показників рівня залучення кожного виду ВЕР у ЕСР.

Запропонований в [4] алгоритм (рис. 1) регіону не включає важливого етапу – вибору конкретних видів ВЕР з усього переліку та встановлення величини їх технологічно доступного та економічно доцільного потенціалу. В [7] автори виділяють такі елементи процедури встановлення величини теоретичного, екологічно доступного, технологічно та економічного досяжного потенціалу ВЕР: встановлення величини існуючого потенціалу ВЕР; оцінка впливу місцевих чинників на величину потенціалу ВЕР; встановлення обмежень відповідно до доступних технологій; оцінка очікуваних економічних вигід. Слід зазначити, що у випадку планування розвитку ВЕ у масштабі регіону, доступний потенціал ВЕР кожної локації не може розглядатись окремо; потенціал ВЕР усіх локацій повинен розглядатись у комплексі з урахуванням обсягів, структури та просторових диспропорцій енергетичних потреб.

Аналіз та зіставлення просторових даних про величину теоретичного, технологічно досяжного та економічно доступного потенціалу ВЕР регіону може здійснюватись за даними геоінформаційних систем (ГІС). У більшості наукових праць, об'єктом розгляду яких було вивчення можливості використання ГІС даних для використання ВЕР в межах регіону, наводяться вже результати аналізу та розрахунків щодо можливості використання певного виду ВЕР у конкретному регіоні. При цьому, автори посилаються на використання даних спеціалізованих комп'ютерних пакетів прийняття рішень, не звертаючись до алгоритмів формування регіональної системи використання ВЕР та не пропонуючи власних методичних підходів. Інші автори лише наводять коротку схему здійснення такого дослідження без належної деталізації та пояснення змісту його етапів; таке, наприклад, має місце в [8, 9].



Судити про загальну схему використання ГІС для оцінювання доцільності використання ВЕР регіону можна, наприклад, з [9]. У зазначеній праці автори здійснювали такі етапи оцінки доцільності використання ВЕР (на прикладі сонячної енергії) на основі даних ГІС систем, більшість із яких виконуються для кожного квадрату місцевості: оцінка теоретичного потенціалу ЕР; визначення квадратів у яких є можливість розміщення енергогенераційного обладнання та встановлення величини технічно досяжного потенціалу ЕР; визначення сценаріїв розвитку відновлюваної енергетики для регіону загалом; оцінка чистої теперішньої вартості проектів з виробництва енергії з використанням ВЕР у кожному квадраті; оцінка зниження забруднення оксидом вуглецю за кожним квадратом та в регіоні загалом [9].

Фактично узагальнюючий алгоритм використання ВЕР регіону та формування регіональної системи використання ВЕР, пропонують автори [7], який представлено на рис. 2. В межах алгоритму передбачається врахування природних, економічних, технологічних та інших детермінант використання ВЕР регіону, а також розглядаються аспекти формування законодавчих та фінансових стимулів використання ВЕР. Водночас, автори зазначеного алгоритму не визначають конкретних умов та етапів формування енергетичної мережі, обмежуючись лише констатацією того, що за такий критерій приймається показник внутрішньої віддачі інвестицій; процедура прийняття рішень щодо кожної локації використання ВЕР та співставлення її з енергетичними потребами регіону не описується.

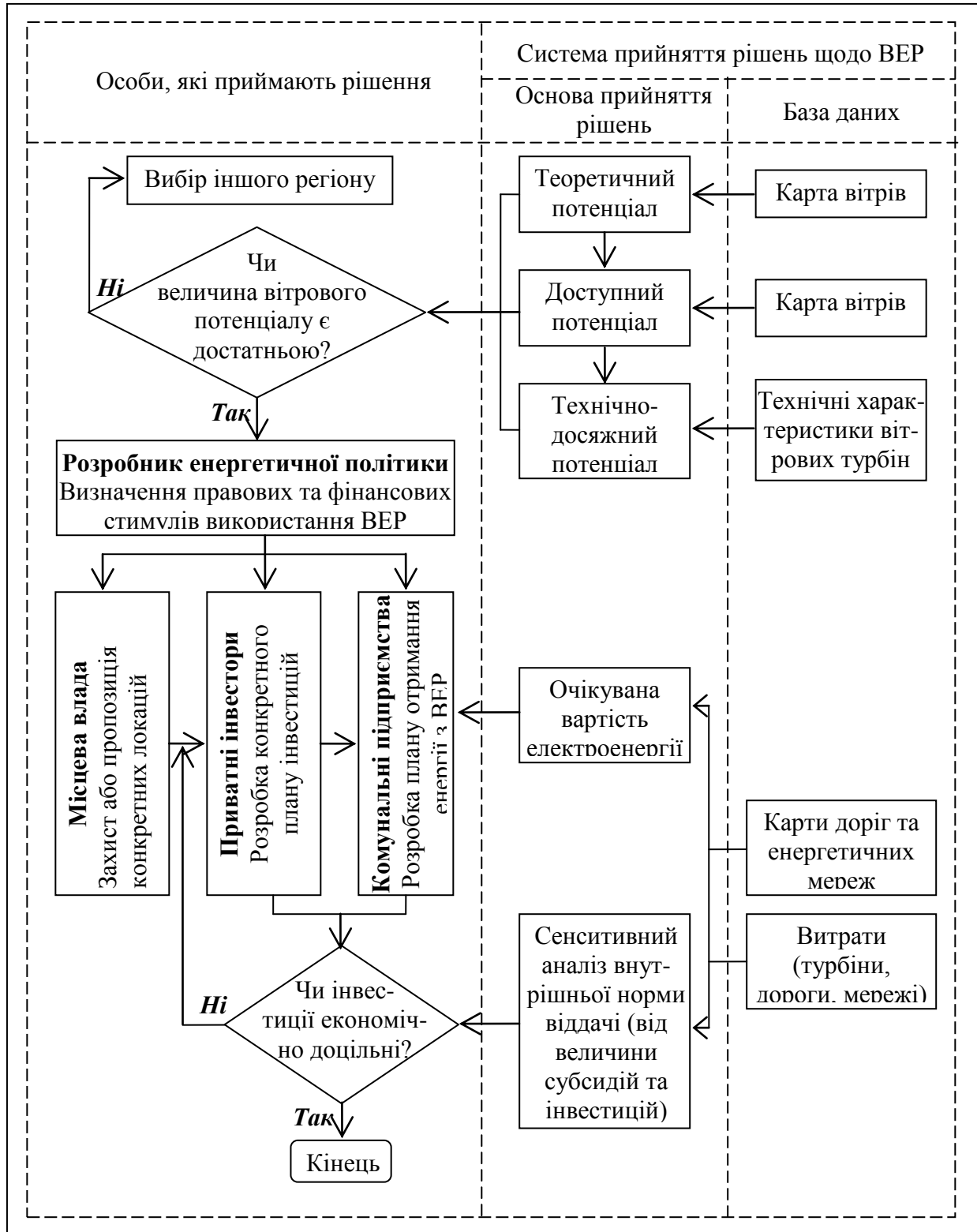


Рис. 2. Загальна схема алгоритму оцінки потенціалу ВЕР регіону (на прикладі вітрової енергії), з використанням ГІС-пакетів підтримки прийняття рішень [7]

Алгоритм використання даних ГІС-моделювання для встановлення енергетичного потенціалу ресурсів біомаси пропонується в [10]. Автори зазначають, що реалізація алгоритму застосування ГІС-методології для встановлення енергетичного потенціалу ВЕР певного регіону повинна відбуватися відповідно до актуальних енергетичних потреб споживачів регіону для окремого виду ресурсів (наприклад, конкретний вид біологічних культур). Схему реалізації даного алгоритму представлено на рис. 3.

З алгоритму зрозуміло, що він передбачає розподіл запасів невикористаних енергетичних культур між споживачами, які знаходяться в певних околах (визначених радіусом доцільності транспортування ресурсів) локацій розміщення цих ресурсів. При цьому в [10] не визначено критеріїв та пріоритетів розподілу ресурсів між різними способами отримання енергії та категоріями споживачів. Розрахунок показників величини потенціалу біологічних ВЕР та рівня його використання, які використовуються у алгоритмі на рис. 3, здійснюється наступним чином [10]:

$$rp_i = \sum_j lrs_{ij} - \sum_j lrd_{ij},$$

$$turs = tlrs - rp,$$

де  $rp_i$  – надлишок ресурсу  $i$ -тої локації розміщення енергетичної культури;

$lrs_{ij}$  – локальний запас ресурсу  $i$ -тої локації для отримання  $j$ -ого типу енергії;

$lrd_{ij}$  – попит на ресурс  $i$ -тої локації для отримання  $j$ -ого типу енергії;

$turs$  – загальний корисний запас ресурсів;

$tlrs$  – загальний локальний запас ресурсу;

$rp$  – надлишок ресурсу.

Розрахунок величини локального запасу ресурсу з врахування структури споживання ресурсу за типами отримуваної енергії здійснюється, якщо локації отримання різних типів енергії з одного ресурсу знаходяться поруч [10].



Рис. 3. Алгоритм розподілу енергетичного потенціалу енергетичних культур в просторі, на основі даних географічних інформаційних систем [10]

Недоліком такого підходу є те, що він ґрунтується лише на врахуванні енергетичного потенціалу культур та енергетичних потреб, а економічні характеристики (вартість вирощування, переробки та транспортування ресурсів) та екологічні (порівняння рівнів забруднення, які мають місце при використанні певної культури, порівняно з іншими видами біологічних ВЕР та НЕР). В алгоритмі не здійснюється порівняння ефективності використання різних видів ВЕР за вартістю та потенціалом забруднення; не

зрозумілим є принцип розподілу вільних обсягів ресурсів між отриманням енергії різних типів.

Іншим очевидним недоліком алгоритму є розгляд лише одного виду енергетичної культури. Автори пропонують розподіл інших видів ресурсів здійснювати окремими етапами виконання алгоритму. Зрозуміло, що в різних локаціях економічна доцільність використання певної енергетичної культури може значно різнитися, і очевидно, що не завжди видається можливість проранжувати різні біологічні ВЕР за доцільністю використання. Відтак, ітераційне виконання алгоритму для різних видів ВЕР не забезпечуватиме економічної та еколого-економічної ефективності використання ресурсів регіону та формування енергетичної мережі використання ВЕР. Формування енергетичної мережі регіону повинно ґрунтуватись на одночасній оцінці доцільності використання всього переліку доступних ВЕР у різних локаціях регіону, що не передбачено підходами, які ми розглядали вище.

Головною перевагою застосування даних ГІС для планування розвитку ВЕ в регіоні є оцінка потенціалу цих ресурсів у кожній локації. Водночас, використання цих методів пов'язане з низкою труднощів. Перш за все, такий підхід вимагає наявності масивів даних про величину теоретичного енергетичного потенціалу ВЕР, а вони своєю чергою, не є постійними в часі: потенціал біологічно відновлюваних ресурсів визначається змінними характеристиками біоценозів та кліматично-погодними умовами, діяльністю сільськогосподарських та лісових підприємств; величина вітрового енергетичного потенціалу залежить від змін рельєфу тощо. Крім цього слід враховувати зміни в структурі енергоспоживання регіону та потребах у відновлюваній енергії. Відтак, наповнення відповідних ГІС вимагатиме регулярного оновлення.

Слушно зазначено в [11], що застосування даних ГІС моделей пов'язано з низкою труднощів, які унеможливають використання даного інструменту в якості єдиного та універсального для вирішення просторових задач (у тому числі, й планування розвитку відновлюваної енергетики регіону), а саме: недостатня кількість аналітичних алгоритмів та методів, вбудованих в геоінформаційні системи, а ті, які використовуються, є надто загальними та неуніверсальними. В будь-якому разі, використання ГІС для формування системи використання ВЕР у регіону, вдається можливими лише у випадку наявності відповідних комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень, а також даних про

потенціал різних ВЕР у регіоні. Попри це, неможливо заперечувати усіх сильних сторін використання цього інструменту планування ВЕ регіону.

Наступним етапом формування ЕСР, після встановлення переліку локацій ВЕР регіону, ресурси яких можуть бути використані, є формування моделі енергетичної мережі. Це завдання полягає у виборі технологій енергогенерації та формуванні зв'язків зі споживачами енергії. В [12] запропоновано оптимізаційну модель оновлення енергетичної мережі конкретного регіону та включення в її структуру ВЕР для виробництва електроенергії. Вибір локацій розміщення ВЕР, як зазначають автори, може здійснюватись з використанням даних ГІС моделювання. Таким чином, результатом розв'язку оптимізаційної задачі буде оптимальна схема енергетичної мережі регіону для використання ресурсів визначених наперед локацій ВЕР.

Автори розглядають три групи ВЕР: сонячна, вітрова енергія та біомаса. Енергетичне використання біомаси розглядається лише в частині її транспортування до вузлів – існуючих енергогенераційних об'єктів, в яких розглядається варіант спільного спалювання вугілля та біомаси. Тобто в межах задачі, викладеної в [12], не розглядається варіант децентралізації енергетики регіону та встановлення енергогенераційного обладнання для використання біомаси малими підприємствами та домогосподарствами.

В якості критерію задачі оновлення енергетичної мережі (цільової функції запропонованої оптимізаційної моделі) автори [12] пропонують обирати один із двох варіантів: мінімізація витрат на виробництво електроенергії або мінімізація обсягів викидів забруднювальних речовин (діоксиди вуглецю та сірки, оксиди азоту) за умови виробництва певного необхідного мінімуму електроенергії. Задача мінімізації річних витрат на оновлення ЕСР шляхом включення в неї використання ВЕР, за пропозиціями авторів [12], ґрунтується на врахуванні середніх річних інвестиційних витрат (у масштабі горизонту окупності даного інвестиційного проекту), постійних та змінних поточно-експлуатаційних витрат. Задача мінімізації обсягів забруднення при формуванні енергетичної мережі використання ВЕР, викладена в [12], передбачає лише мінімізацію загальної маси викидів забруднювальних речовин без урахування порівняльної величини їх шкідливості чи економічної оцінки відповідних екологічних ефектів. Єдиним фінансовим обмеженням, яке накладають автори, є встановлення граничної величини загальних інвестиційних витрат на розвиток ВЕ регіону. Слушність такого обмеження

полягає в тому, що вітрова та сонячна енергетика забезпечують нижчі обсяги забруднення довкілля порівняно з енергетичним використанням біомаси, проте й капітальні витрати у випадку сонячної та вітрової енергетики є значно вищими.

Недоліком запропонованого в [12] підходу є орієнтація на врахування лише параметрів та змінних, які мають місце в регіоні, обраному авторами; алгоритм обмежується лише кількома варіантами використання ВЕР регіону. Вибір мінімізації обсягів забруднення в процесах енергогенерації в якості критерію розвитку ВЕ регіону, не цілком правомірний з точки зору еколого-економічної доцільності, оскільки зниження обсягів забруднення (а отже й отримані внаслідок цього вигоди) не зіставляється з граничними витратами на його досягнення. Інакше кажучи, можна припустити існування інших способів зниження обсягів забруднення в процесах енергогенерації із нижчими витратами порівняно з величиною інвестиційного бюджету. Відтак, описаний підхід не можна вважати універсальним, проте ми не применшуємо цінність отриманих результатів для вирішення тих задач, які ставились авторами [12].

На основі окремих етапів трансформації ЕСП, шляхом включення в її структуру ВЕР, можна визначити та сформулювати основні етапи процедури формування регіональної системи використання ВЕР, яка повинна включати:

- 1) аналіз теоретичного та технічно-досяжного потенціалу ВЕР регіону;
- 2) аналіз обсягів та структури енергоспоживання регіону за групами отримуваної енергії, категоріями споживачів та технічними й технологічними вимогами до поставок енергії;
- 3) встановлення обсягів дефіциту енергії та потенціалу заміщення енергоспоживання в регіоні;
- 4) проектування та формування енергетичної мережі регіону:
  - a) вибір максимального радіусу транспортування ресурсу та отриманої з нього енергії від локації ВЕР до споживачів;
  - b) встановлення максимального околу покриття вузлів енергоспоживання для кожної локації ВЕР;
  - c) розподіл ВЕР кожної локації за типами отримуваної енергії, відповідно до визначеного потенціалу енергозаміщення;

- d) розподіл потенціалу ВЕР локацій між споживачами околу за критерієм максимального економічного чи еколого-економічного ефекту;
- e) перерахунок вартості отримуваної енергії для локацій з невикористаним потенціалом відповідно до величини використаного потенціалу;
- f) формування енергетичної мережі, шляхом включення в неї ВЕР;
- 5) розробка заходів для отримання зеленого тарифу виробниками відновлюваної енергії;
- б) розробка напрямів стимулювання розвитку ВЕ на регіональному рівні та оновлення енергетичної мережі регіону.

Встановлення потенціалу заміщення енергоспоживання полягає у визначенні тієї кількості енергії, яка покривається за рахунок власних чи імпортованих НЕР, скорочення споживання яких не зумовить зниження рівня ділової активності в регіоні та не призведе до закриття окремих енергогенераційних об'єктів з причин їх збитковості із виникненням нових енергодефіцитних зон.

**Висновки.** Проблема розвитку ВЕ регіону та включення відповідних ресурсів в існуючу ЕСР є доволі складною за кількістю виконуваних етапів та проміжних завдань задачею. Відтак, навіть існування доволі великої кількості методів не вичерпує актуальність та перспективи розвитку даної задачі. Досягнення ефективного використання ВЕР повинно передбачати аналіз всіх альтернатив використання доступних ресурсів, врахування прямих та опосередкованих економічних та екологічних вигід, для досягнення максимального рівня енергетичного самозабезпечення в регіоні.

#### Список використаної літератури

1. Kleinpeter, M. Energy planning and policy / M. Kleinpeter. – New York: Wiley, 1995. –533 p.
2. Cormio, C. A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints / C. Cormio, M. Dicorato, A. Minoia, M. Trovato // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2003. – Vol. 7, Iss. 2. – P. 99–130.
3. Pohekar, S.D. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – A review / S.D. Pohekar, M. Ramachandran // Renewable and Sustainable Energy Reviews. –2004. –Vol.8, Iss. 4. –P. 365-381.



4. Terrados, J. Proposal for a combined methodology for renewable energy planning. Application to a Spanish region / J. Terrados, G. Almonacid, P. Perez-Higueras // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. – № 13. – P. 2022-2030.
5. Terrados, J. Regional energy planning through SWOT analysis and strategic planning tools. Impact on renewables development / J. Terrados, G. Almonacid, L. Hontoria // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2007. – Vol. 11, Iss. 6 (Aug). – P. 1275-1287.
6. Georgopoulou, E. A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option / E. Georgopoulou, D. Lalasb, L. Papagiannakisa // *European Journal of Operational Research*. – 1997. – Vol. 103, Iss. № 1. – P. 38-54.
7. Voivontas, D Evaluation of Renewable Energy potential using a GIS decision support system / D. Voivontas, D. Assimacopoulos, A. Mourelatos // *Renewable Energy*. – 1998. – Vol. 13 (3), Mar 1. – P. 333-344.
8. Höhn, J. A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland / J. Höhn, E. Lehtonen, S. Rasi, J. Rintala // *Applied Energy*. – Vol. 113. – 2014, P. 1-10.
9. Sun, Y.-W. GIS-based approach for potential analysis of solar PV generation at the regional scale: A case study of Fujian Province / Y.-W. Sun, A. Hof, R. Wang, J. Liu, Y.-J. Lin, D.-W. Yang // *Energy Policy*. – 2013. – Vol. 58. – P. 248-259.
10. Thomas, A. A GIS based assessment of bioenergy potential in England within existing energy systems / A. Thomas, A Bond, K. Hiscock // *Biomass and Bioenergy*. – 2013. – Vol.55 (Aug). – P. 107-121.
11. Sendra, J.B. Hacia Un Sistema De Ayuda A La Decisión Espacial Para La Localización De Equipamientos / J.B. Sendra, M.G. Delgado, A.M. Jiménez, F. dal Pozzo // *Estudios geográficos*. – 2000. – T. LXI, №241. – P. 567-598.
12. Arnette, A. An optimization model for regional renewable energy development / A. Arnette C.W. Zobel // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2012. – Vol. 16, Iss. 7. P. 4606-4615.

**ПРОКИП А.В. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕГИОНА**

*Рассмотрены подходы к решению отдельных задач в рамках задачи планирования развития возобновляемой энергетики региона, а также установлено отсутствие комплексных подходов для решения таких задач. Проанализированы существующие распространенные методы для выполнения отдельных этапов задачи планирования развития использования возобновляемых энергетических ресурсов в пределах региона, определены их сильные и слабые стороны. Продемонстрировано существование значительного количества нерешенных вопросов в методологии и методике регионального развития возобновляемой энергетики. Предложены критерии осуществления SWOT-анализа стратегий развития использования возобновляемых энергоресурсов в регионе. На основе существующих недостатков в планировании развития возобновляемой энергетики региона, а также задач, требующих решения, предложены основные этапы процедуры формирования региональной системы использования возобновляемых энергоресурсов. Предлагаемая процедура основывается на максимальном использовании доступного потенциала возобновляемых энергоресурсов, покрытии дефицита энергопотребления и замещение использования энергии невозобновляемых энергоресурсов согласно критериям эколого-экономической целесообразности.*

**Ключевые слова:** возобновляемые энергоресурсы, возобновляемая энергетика, регион, региональная энергетическая система, планирование.

**PROKIP A. THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ISSUES OF  
REGIONAL RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT PLANNING**

*Existing approaches to solving separate problems of regional renewable energy planning were examined. Absence of common and complex decisions in the field was grounded. Existing development methods and procedures for solving separate tasks and stages conducting of regional renewable energy planning were examined; theirs strengths and weaknesses were defined. Existence of not solved issues in the methodology of regional development of renewable energy sources usage was grounded. List of criteria for renewable energy development strategies SWOT analyses was grounded. Basing on existing method's limitations and tasks that have to be solved, stages procedure of regional renewables usage developing system were grounded. The*

*procedure is based on usage of accessible renewable energy sources, clearing energy deficit and substituting of nonrenewable energy sources usage under economic and environmental efficiency.*

**Keywords: energy renewables, renewable energy, region, regional energy system, planning.**

Стаття надійшла до редакції 17.03.2016 р.

## Авторська довідка

	Українською мовою	Англійською мовою
ПІБ/ Last name, first name	Прокіп Андріан Володимирович	Andrian V. Prokip
Науковий ступінь/ Scientific degree	к.е.н.	PhD in economics
Вчене звання/ Scientific rank	доцент	Associate Professor
Посада/ Position	доцент кафедри менеджменту зовнішньоекономічної діяльності	Associate Professor of the Department of International Business
Установа/ Establishment	Національний лісотехнічний університет України	Ukrainian National Forestry University