

## ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 551.553, 004.056:681.3

### СВІТОВИЙ ДОСВІД ОЦІНЮВАННЯ ВІТРОВИХ РЕСУРСІВ

**С. О. Кудря<sup>1</sup>, М. А. Ткаленко<sup>2</sup>, Л. В. Яценко<sup>3</sup>, Л. Я. Шинкаренко<sup>4</sup>**

Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 02094, м. Київ, вул. Гната Хоткевича 20А, 02094,  
Україна, тел. +380442062809, e-mail: [renewable@ukr.net](mailto:renewable@ukr.net)

*У роботі представлено аналіз світових методів оцінки ресурсів вітрової енергії.  
**Ключові слова:** Вітрова енергія, вітроелектричні установки, картографування енергії вітру.*

### WORLD EXPERIENCE OF WIND RESOURCES EVALUATION

**S. Kudrya<sup>1</sup>, M. Tkalenko<sup>2</sup>, L. Yatsenko<sup>3</sup>, L. Shynkarenko<sup>4</sup>**

Institute of Renewable Energy, National Academy of Science of Ukraine

*The paper presents an analysis of global methods for estimating wind energy resources  
**Keywords:** Wind energy, wind power plants, mapping of wind energy.*

Головною метою при оцінці ресурсу вітрової енергії є вибір ефективного методу, який забезпечить найбільшу достовірність даних. Вторинна мета – забезпечити координацію проведення досліджень при оцінці ресурсу вітру.

Для встановлення достовірних даних рекомендується залучати декілька різних методів оцінки, що включають експертизу вихідних даних і топографічних карт, різні числові моделюючі методи і програми вимірювання вітру, зроблені перед вибором місцеположення. Існують розбіжності між розробниками моделей і експериментаторами щодо найбільш ефективного шляху визначення потоку вітру в конкретній області. Фактично різні підходи мають як свої переваги, так і свої недоліки. Кожен підхід служить для збільшення достовірності іншого методу.

Європа займає одну із лідируючих позицій в області проведення наукових досліджень і вдосконалення вітрових технологій. Використання досвіду країн ЄС, що активно розвивають технології виробництва електроенергії за рахунок використання енергії вітру, може позитивно вплинути на розвиток вітроенергетики України.

Особливої уваги заслуговує вивчення європейського досвіду щодо створення атласів вітрів, методології яких дають змогу передавати детальну інформацію про середні показники вітру від одного прогнозованого місця до іншого. Місцем прогнозування може бути метеорологічна станція/щогла моніторингу вітру або це може бути точка сітки в області мезомасштабного моделювання. В останньому випадку модельну точку сітки можна розглядати як віртуальну метеорологічну станцію. Передбачувана ділянка часто відповідає розташуванню та висоті конкретного вітрогенератора [1].

Глобальний атлас вітру — це веб-додаток, розроблений для того, щоб допомогти інвесторам визначити потенційні зони високого вітру для виробництва енергії практично в будь-якій точці світу та виконати попередні розрахунки. Він забезпечує безкоштовний доступ

до даних про щільність енергії вітру та швидкість вітру на різних висотах, використовуючи останні дані про погоду та моделювання з вихідною роздільною здатністю 250 метрів. Він належить і обслуговується Департаментом вітроенергетики Технічного університету Данії (DTU Wind Energy) і в останні роки був розроблений у тісному партнерстві зі Світовим банком за фінансування Програми допомоги в управлінні енергетичним сектором (ESMAP). Оригінальна версія Глобального атласу вітру (GWA 1.0) була розроблена DTU Wind Energy в рамках Міністерства чистої енергії (CEM) і, зокрема, Робочої групи CEM з сонячних і вітрових технологій, очолюваної Німеччиною, Іспанією та Данією. Програма розвитку та демонстрації технологій Датського енергетичного агентства (EUDP 11-II, 64011-0347) фінансувала GWA 1.0 як внесок Данії у цілі робочої групи. GWA 1.0, запущений у 2015 році, був створений у співпраці з Міжнародним агентством з відновлюваної енергії (IRENA) та Інститутом MASDAR. Глобальний атлас відновлюваної енергії IRENA створив спеціальну платформу для надання даних GWA 1.0 світовій аудиторії.

Останній випуск Глобального атласу вітру (3.0) був запущений 25 жовтня 2019 року. Він має подальші вдосконалення методологічного моделювання, всі нові вихідні дані (на основі 10-річного моделювання мезомасштабних часових рядів), що охоплюють 200 кілометрів від берега, дві додаткові висоти (дані зараз на 10, 50, 100, 150 і 200 м над рівнем землі/моря). Запроваджено абсолютно новий калькулятор виходу енергії, що дозволяє користувачам вказати типову або спеціальну вітрову турбіну та створити завантажувані ГІС-дані для річного виробництва енергії, коефіцієнта потужності або годин повного навантаження для оцінки виробництва електроенергії для будь-якої даної точки або області [2].

Глобальний атлас вітру допомагає спеціалістам з вітроенергетики з усього світу оцінити потенціал вітрової енергії в будь-якому місці на землі. Нова версія з покращеними даними про вітрові ресурси дозволяє користувачам розраховувати річний вихід енергії, коефіцієнт потужності або години повного навантаження онлайн. Середньорічні дані про вітровий ресурс були отримані з Global Wind Атлас (GWA 1.0), розробленого Технічним Університетом Данії (DTU) у співпраці з IRENA та інших міжнародними інститутами.

У Європейському атласі представлено показники наступних країн: Бельгія, Данія, Франція, Німеччина, Греція, Ірландія, Італія, Люксембург, Нідерланди, Португалія, Іспанія, Великобританія. Карти показують узагальнений вітровий клімат у Європі, який також іноді називають регіональним вітровим кліматом або просто вітровим атласом [1, 3].

На азіатському ринку вітрової енергетики на сьогоднішній день також спостерігається тенденція до стрімкого зростання, чому сприяє проведення постійних наукових досліджень щодо вивчення ресурсів вітрової енергії та державна підтримка.

Для сприяння розвитку вітроенергетики як для комунального господарства, так і для сільської електроенергетики та інших потреб розроблено Атлас вітроенергетичних ресурсів Південно-Східної Азії [4].

Атлас вітроенергетичних ресурсів Південно-Східної Азії випускається як у друкованому вигляді, так і у вигляді інтерактивного формату на CD-ROM. Окрім кольорових карт ресурсів вітру, атлас містить інформацію про розподіл частот і рози вітрів для вибраних точок та табличний потенціал вітрової енергії для кожної країни. Користувачі можуть переглядати карти у різних масштабах, роздруковувати їх або копіювати в інші програми, а також досліджувати або зберігати дані про ресурси вітрової енергії для вибраних точок.

Результати досліджень, представлені у картографічних матеріалах Атласу, показали наявність значного потенціалу вітрової енергії у певних регіонах Азії. Це надає можливості як для впровадження великомасштабних вітроенергетичних установок, так і для невеликих сільських електростанцій там, де раніше такі можливості не враховувались. Використовуючи карти Атласу, уряди, інвестори та кредитори, а також забудовники можуть почати

планування розвитку вітрової енергетики, зосередившись на перспективних майданчиках і різних сферах використання енергії вітру.

Для оцінки вітрових ресурсів та вибору місць для впровадження азіатських вітрових проєктів використовується MesoMap, що являє собою інтегрований набір імітаційних моделей атмосфери, глобальної погоди та географічних баз даних, а також комп'ютерні системи та системи зберігання даних. Вона була розроблена за підтримки Управління енергетичних досліджень і розробок штату Нью-Йорк (NYSERDA) та Міністерства енергетики США.

MesoMap має ряд переваг перед звичайними методами оцінки вітрових ресурсів і спрощеними моделями вітрового потоку, такими як WASP і WindMap. MesoMap безпосередньо моделює довгострокові умови вітру, таким чином усуваючи необхідність невизначеного кліматологічного коригування з використанням кореляції між коротко- та довгостроковими вимірюваннями поверхні. В основі системи MesoMap лежить MASS (Mesoscale Atmospheric Simulation System), найсучасніша модель чисельного прогнозу погоди.

Карта вітру створюється шляхом запуску MesoMap протягом кількох сотень змодельованих днів за 15- або 20-річний період. Дні вибираються за схемою стратифікованої випадкової вибірки кожен місяць і сезон. Кожне моделювання враховує показники вітру і змінні погоди по всій області моделі, а зміни щогодини зберігаються у файлах даних інтервалів. Кілька тисяч вихідних файлів обробляються і узагальнюються в різних форматах, включаючи кольорові карти середньої швидкості та потужності вітру, щільність на різних висотах над землею, діаграми рози вітрів і параметри розподілу частоти.

Основними продуктами системи MesoMap є карти з кольоровим кодуванням. На картах зазначено конкретна висота над землею, або середня швидкість вітру, щільність потужності або потужність турбіни (для певного типу турбіни) у будь-якій точці регіону. Середня швидкість вітру є найпростішим і найвідомішим показником якості вітрового ресурсу. Це середня швидкість вітру, створена моделлю за кожну годину кожного імітованого дня.

## Посилання

1. *European Wind Atlas* [Online]. Режим доступу: <https://www.wasp.dk/wind-atlas/european-wind-atlas>
2. Version 3 of the Global Wind Atlas is now online [Online]. Режим доступу: <https://medium.com/nazka-mapps/version-3-of-the-global-wind-atlas-sees-the-light-a425dabaa9df>
3. European Wind Atlas, map+legend+notes, 600dpi, colour, jpg (10,245KB) [Online]. Режим доступу: [https://www.wasp.dk/wind-atlas/european-wind-atlas/european-wind-atlas\\_vi/ewa-mapandlegendandnotes-600dpi-jpg](https://www.wasp.dk/wind-atlas/european-wind-atlas/european-wind-atlas_vi/ewa-mapandlegendandnotes-600dpi-jpg)
4. Атлас вітроенергетичних ресурсів Південно-Східної Азії [Online]. Режим доступу: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/252541468770659342/pdf/318700Wind0energy0atlas0complete.pdf>

УДК 338.45:621.548(477)

## ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОГНОЗИ НА МАЙБУТНЄ

**Л. В. Левківська<sup>1</sup>, С. А. Левківський<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кан. техн. наук, доц. каф. вищої математики, <sup>2</sup>старш. викладач каф. дорожніх машин

<sup>1,2</sup>Національний транспортний університет, Київ

тел. <sup>1</sup>+380975475724, <sup>2</sup>+380978316547, e-mail: <sup>1</sup>[l.v.g.ntu@gmail.com](mailto:l.v.g.ntu@gmail.com), <sup>2</sup>[s.a.levkovsky@gmail.com](mailto:s.a.levkovsky@gmail.com)

*У статті розглянуто сучасний стан та перспективи розвитку вітроенергетики як одного з основних і найбільш доступних джерел альтернативної енергії. Викладаються аргументи щодо використання вітрової енергії в Україні. Зроблено висновок про необхідність стимулювання розвитку відновлювальних джерел енергії з метою стабілізації і зрівноваженого розвитку української та світової енергетик.*