

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.05.051>

УДК 551.582.2, 551.583.1

В.І. Осадчий¹, О.А. Скриник², Д.О. Ошуток¹, О.Я. Скриник¹

¹ Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України і НАН України, Київ

² Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

E-mail: skrynuk@uhmi.org.ua

Оцінка вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів із складним рельєфом

Представлено членом-кореспондентом НАН України В.І. Осадчим

Проаналізовано можливості використання метеорологічного препроцесора CALMET для кліматологічної оцінки вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів зі складним рельєфом. Ефективність запропонованої методології протестовано на прикладі розрахунку вітроенергетичного потенціалу Тернопільської області за період 1981–2010 рр.

Ключові слова: метеорологічний препроцесор CALMET, вітроенергетичні ресурси, питома потужність вітру, Тернопільська область.

Альтернативна енергетика, зокрема і вітроенергетика, активно розвивається в багатьох країнах, особливо в країнах з розвинутою економікою. Високотехнологічні суспільства давно прийшли до розуміння необхідності збереження довкілля та клімату, а одним із шляхів досягнення цього якраз і є використання альтернативних (викопним ресурсам) джерел енергії. Вітер — одне з найпотужніших джерел, яке може використовувати людство для вироблення електроенергії, зберігаючи при цьому природу. В Україні використання вітрової енергії також поступово збільшується, встановлюються вітрові генеруючі установки у приватних господарствах, створюються вітрові електростанції для промислового виробництва.

Економічна ефективність (собівартість встановлення та експлуатації) вітроенергетичних установок (ВЕУ) у різних районах України, залежить від їх природних запасів вітрових ресурсів. Очевидно, що проведення попередньої оцінки цих запасів є необхідним підготовчим етапом розробки та експлуатації об'єктів вітроенергетики. Тому коректна аргументована оцінка просторового розподілу вітрових ресурсів (вітроенергетичного потенціалу) із високою просторовою роздільною здатністю є надзвичайно важливою прикладною і науковою задачею. Сформульована задача досить складна, оскільки характеристики вітру залежать від великої кількості факторів, а тому є дуже мінливими в просторі та часі.

© В.І. Осадчий, О.А. Скриник, Д.О. Ошуток, О.Я. Скриник, 2017

ISSN 1025-6415. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2017. № 5

В Україні активно досліджуються різні методи оцінки просторового та часового розподілу вітрових енергетичних ресурсів на окремих частинах території країни [1–4]. Проведено районування її території за значенням вітропотенціалу [5], створено карту його географічного розподілу [6]. Проте ці результати мають недостатню просторову роздільну здатність, що ускладнює їх практичне використання.

У представленій публікації пропонується метод оцінки вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів із складним рельєфом на основі використання мезомасштабної діагностичної метеорологічної моделі CALMET. На нашу думку, метод хоч і трудомісткий, проте досить простий у використанні і має ряд переваг порівняно з методами просторової інтерполяції та вертикальної екстраполяції, що зазвичай використовуються при оцінці вітрових ресурсів.

Метеорологічний препроцесор CALMET. CALMET – метеорологічний препроцесор відомої дифузійної моделюючої системи CALPUFF, рекомендованої Агентством з охорони навколишнього середовища США (US EPA) для моделювання процесів атмосферної дифузії на різних просторових масштабах. CALMET – діагностична не гідродинамічна метеорологічна модель [7]. Тобто просторовий розподіл вітру визначається за допомогою інтерполяції без залучення рівнянь гідродинаміки. Проте під час розрахунку враховується багато ефектів, які дають змогу “вловити” вплив основних факторів (таких як рельєф, шорсткість підстильної поверхні, тип температурної стратифікації та ін.) на швидкість та напрям вітру.

Зазначимо, що для проведення розрахунків з використанням CALMET необхідно підготувати великий об’єм вхідної геофізичної та метеорологічної інформації для вибраної області моделювання. Геофізична інформація – це дані про висоту земної поверхні, тип рослинності й землекористування. Метеорологічна інформація складається із даних наземних станцій (необхідними є дані про атмосферний тиск, температуру повітря, відносну вологість, висоту нижньої границі хмар та їх бальність, напрям та швидкість вітру, кількість опадів) і вертикальних зондувань (профілі тиску, температури, відносної вологості, напрямку й швидкості вітру). Метеорологічна інформація, отримана на наземних станціях, повинна мати 1-годинну часову роздільну здатність. Дані вертикальних зондувань повинні бути отримані не більше ніж із 12-годинним інтервалом.

Поле вітру в CALMET обчислюється у два, а з урахуванням розрахунку початкового поля – у три етапи. На підготовчому етапі розраховується початкове поле вітру. Дані наземних станцій екстраполюються у вищі шари розрахункової сітки на основі теорії подібності Моніна–Обухова для приземного шару атмосфери:

$$v(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \Psi_M \left(\frac{z}{L} \right) + \Psi_M \left(\frac{z_0}{L} \right) \right], \quad (1)$$

де $v(z)$ – модуль швидкості вітру на висоті z ; u_* – динамічна швидкість; k – стала Кармана ($k \approx 0,4$); Ψ_M – функція стійкості атмосфери, аналітичний запис якої є відомим [7]; L – масштаб Моніна–Обухова; z_0 – параметр шорсткості підстильної поверхні. Всі масштабні параметри формули (1) визначаються на основі вхідної метеорологічної інформації. Зауважимо, що у вітроенергетиці для визначення швидкості вітру на висотах у приземному шарі

використовують логарифмічний профіль, проте зазвичай не враховують його залежність від типу температурної стратифікації/атмосферної стійкості. Після екстраполяції значення горизонтальних компонент вітру (дані вертикальних зондувань і проєкстрапольовані наземні дані) інтерполюють у вузли розрахункової сітки на кожному із вертикальних рівнів методом зважених обернених квадратів відстаней.

На наступному етапі здійснюється підгонка розрахованого початкового поля до особливостей рельєфу області моделювання, тобто до дрібномасштабних особливостей земної поверхні. Початкове поле вітру модифікується із застосуванням параметризації таких ефектів: кінематичного, спричиненого рельєфом; схилових потоків вздовж схилів гірських масивів; термодинамічного блокуючого; мінімізації тривимірної дивергенції. Детальний фізико-математичний опис ефектів наведений у [7].

На завершальному етапі здійснюється включення даних метеорологічних спостережень за вітром (даних наземних метеорологічних станцій та радіозондувань) у розраховані поля вітру і проводиться об'єктивний аналіз для отримання фінального поля. Включення даних спостережень (у кожній інтерполяційній точці) відбувається на кожному окремому вертикальному шарі на основі формули

$$(v_1, v_2)_{ij2} = \frac{(v_1, v_2)_{ij1}/R^2 + \sum_{k=1}^N (v_{1\text{ obs}}, v_{2\text{ obs}})_k / R_k^2}{1/R^2 + \sum_{k=1}^N 1/R_k^2},$$

де $(v_1, v_2)_{ij2}$ – остаточні значення горизонтальних компонент вітру в інтерполяційному вузлі ij ; $(v_1, v_2)_{ij1}$ – значення в цьому ж інтерполяційному вузлі після першого етапу (з урахуванням ефектів впливу земної поверхні); R – ваговий коефіцієнт, який задається користувачем; $(v_{1\text{ obs}}, v_{2\text{ obs}})_k$ – значення компонент швидкості вітру на станції з індексом k ; R_k – відстань від k -ї станції до інтерполяційного вузла ij ; N – кількість станцій, які лежать в околі вузла ij (його радіус теж задається користувачем).

Зауважимо, що останній етап проводиться, оскільки початкове поле вітру може розраховуватись не тільки на основі даних наземних станцій та вертикальних зондувань. Можливі інші способи його розрахунку чи задання, наприклад – використання результатів прогностичних метеорологічних моделей.

Тестові розрахунки вітроенергетичних ресурсів обмеженої території зі складним рельєфом (на прикладі Тернопільської області). Для перевірки ефективності використання CALMET для кліматологічної оцінки вітрових ресурсів було вибрано територію із просторовими масштабами $\sim 100 \times 200$ км² (рис. 1). Область розрахунків включає в себе Тернопільщину та прилеглі території. Рельєф області розрахунків досить складний, оскільки вона розташована на Подільській височині, а з південного заходу знаходиться потужний гірський масив Карпат. Крім того, по досліджуваній території протікає декілька великих річок, найбільша з яких Дністер, які формують систему долин у масиві Подільської височини. Тип підстильної поверхні (тип рослинності та землекористування) також досить різноманітний з основними категоріями: сільськогосподарські угіддя та лісові насадження.

Розрахункова сітка, вхідна геофізична та метеорологічна інформація. Для проведення розрахунків була вибрана розрахункова сітка з просторовим кроком 2,5 км і шістьма вертикальними

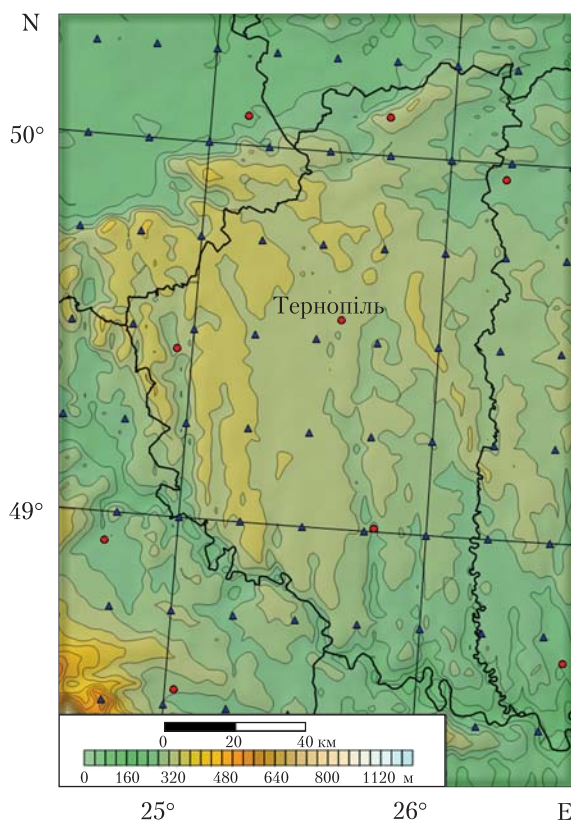


Рис. 1. Область проведення розрахунків та її рельєф. Локалізація метеорологічних станцій (●) та даних реаналізу (▲), використаних у розрахунках

ми рівнями — 10, 30, 50, 70, 90 та 110 м, що включають основні висоти розташування ВЕУ.

Як цифрову модель рельєфу використано глобальні дані SRTM30, отримані Геологічною службою США. Їх горизонтальна роздільна здатність дорівнює ~1 км. Рис. 1 отримано з урахуванням вказаних даних.

Для оцінки типу рослинності та землекористування використано глобальні дані Global (Eurasia) Land Cover Characteristics Data Base Version 2.0, які теж були отримані Геологічною службою США. Їх просторова роздільна здатність становить ~1 км.

Вхідна метеорологічна інформація (строкові дані наземних станцій) отримана з оцифрованих таблиць, що зберігаються у Галузевому державному архіві Гідрометслужби України. Розрахунки проведено з урахуванням

даних усіх станцій Тернопільської області (Кременець, Тернопіль, Бережани, Чортків) і станцій сусідніх областей (Ямпіль, Кам'янець-Подільський, Броди, Івано-Франківськ та Коломия) (див. рис. 1). Усі станції входять до регулярної мережі Гідрометслужби України. Перед використанням строкових даних у моделі було проведено їх часову лінійну інтерполяцію для отримання 1-годинної часової роздільної здатності. На жаль, даних вертикального зондування, що проводяться на аерологічних станціях Львів, Чернівці та Шепетівка і які могли б бути використаними в розрахунках, немає в електронному вигляді, а їх оцифрування — справа надзвичайно трудомістка. Тому як альтернативу для вертикальних зондувань використано дані реаналізу ERA-Interim з просторовою роздільною здатністю $0,25 \times 0,25^\circ$ та часовим кроком 6 год [8], які є у вільному доступі на сайті Європейського центру середньострокових прогнозів.

Результати та їх обговорення. Детальніший аналіз результатів розрахунків вітроенергетичних ресурсів Тернопільської області наведено в [9]. Основний результат — це розраховане поле вітру (швидкості та напрямку) на вказаних висотах з 1-годинним часовим кроком за період 1981–2010 рр. Це надзвичайно великий об'єм інформації, який може служити основою для подальших розрахунків показників, важливих для вітроенергетики. Одним із таких показників є усереднене за весь період значення енергетичного потенціалу (\bar{P}) (рис. 2).

З аналізу наведених карт можна зробити висновок про існування певної кореляції між значенням \bar{P} та висотою місцевості. Кореляційний зв'язок збільшується з висотою над землею поверхнею.

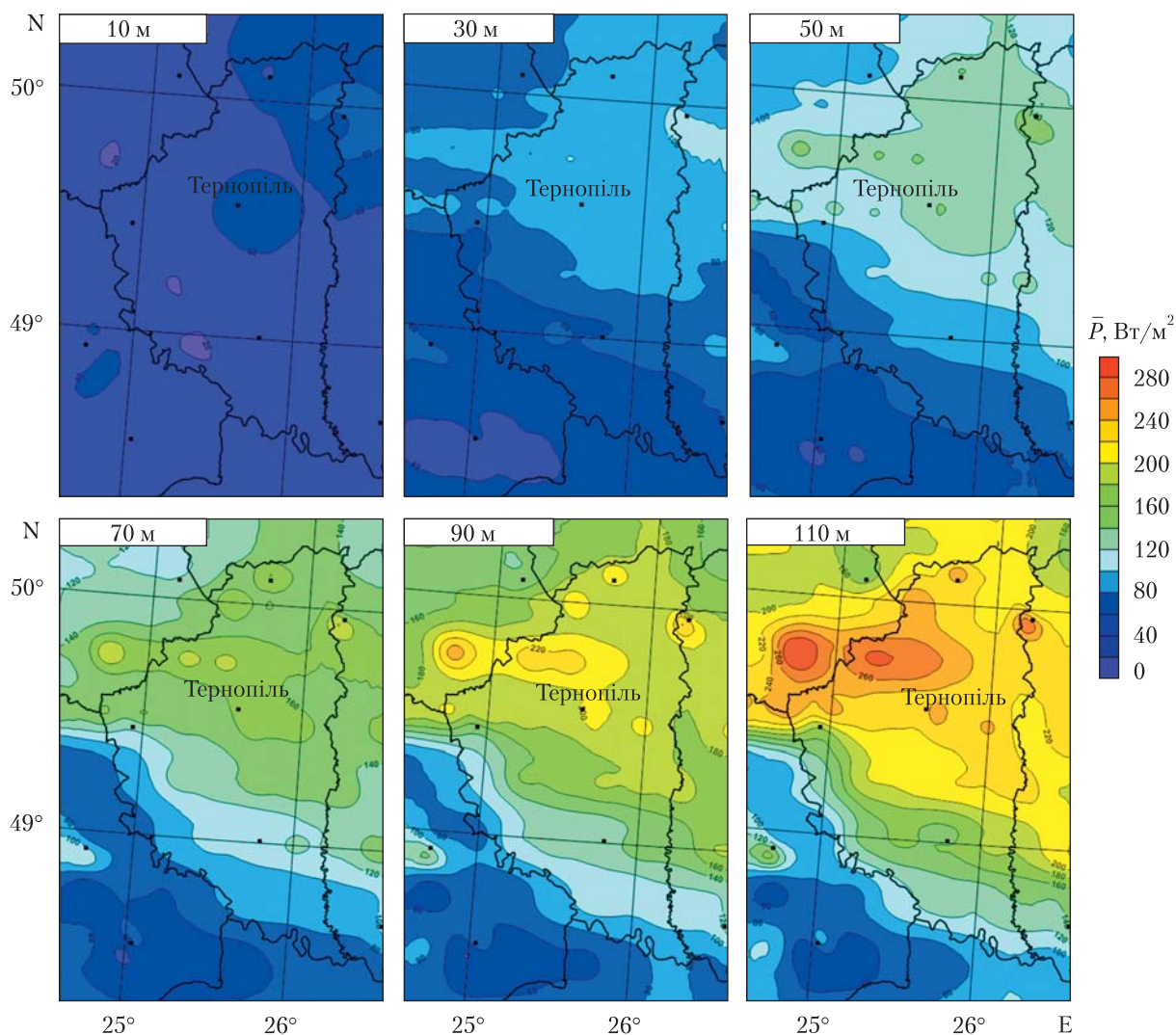


Рис. 2. Вітроенергетичний потенціал ($\text{Вт}/\text{м}^2$) Тернопільської області на висотах 10, 30, 50, 70, 90 та 110 м, усереднений за період 1981–2010 рр.

Чітко прослідковується зона низьких значень у долині р. Дністер. Причому малі запаси вітрової енергії тут спостерігаються на всіх висотах. Низькі значення вітропотенціалу можуть бути також і наслідком “вітрової тіні” від Карпатських гір. Підтвердженням цієї гіпотези є факт, що на північному сході області відмічаються високі значення \bar{P} при відсутності особливостей рельєфу (височин).

Підвищеним значенням енергопотенціалу (особливо на висотах у приземному шарі) виділяються Кременецькі гори та Гологори (північно-західніше Тернополя): на висоті 110 м значення вітропотенціалу максимальні (>280 $\text{Вт}/\text{м}^2$), і їх можна розглядати як найперспективніші місця для встановлення ВЕУ великої потужності. Крім того, вся північно-східна частина області (частина плато Подільської височини) має досить значні запаси вітрової енергії і може бути придатна для розміщення ВЕУ як малої потужності, що вста-

новлюються на висотах 10–30 м і які можуть використовуватися в приватних господарствах (значення \bar{P} тут досягають 40–80 Вт/м² на висоті 10 м і 80–120 Вт/м² на висоті 30 м), так і великогабаритних та потужних установок, що можуть утворювати цілі вітроелектростанції ($\bar{P} > 200$ Вт/м² на висоті 90 м і >240 Вт/м² на висоті 110 м).

Проте існують райони, де кореляція між висотою та вітроенергетичним потенціалом \bar{P} відсутня. Наприклад, між долинами річок Золота Липа та Стрипа (західна околиця області) існує досить вузьке, але значне підвищення рельєфу, проте ми не отримали тут високих запасів вітрової енергії. Можливо, це справді так, і цей факт можна пояснити вітровою тінню від Карпат, а можливо, модель CALMET не спроможна, при використанні просторової дискретності розрахункової сітки та вхідної метеорологічної інформації вловити вказану особливість підстильної поверхні.

Цікавою є залежність просторового розподілу вітроенергетичного потенціалу від висоти. На висоті 10 м розподіл \bar{P} є менш-більш однорідним і коливається в межах від 20 до 100 Вт/м² (амплітуда просторових змін ~ 80 Вт/м²). А на висоті 110 м різниця між найменшим та найбільшим значенням \bar{P} у досліджуваній області вже становить 240 Вт/м² (збільшилась у 3 рази). Причиною такої поведінки потенціалу може бути зменшення області вітрової тіні з висотою.

Виділяється зона навколо метеостанції Ямпіль (північний захід Хмельницької області). На нашу думку, це пов'язано з майже повною відкритістю горизонту на цій станції (її закритість $< 2^\circ$ за всіма румбами). Закритість горизонту (деяка усереднена величина за всіма румбами) на інших станціях коливається в межах $5\text{--}20^\circ$. Максимальні значення у Чорткові — $10\text{--}15^\circ$, Кам'янець-Подільському — $15\text{--}20^\circ$. Очевидно, що закритість горизонту обумовлює зниження виміряних на станціях значень швидкості і, відповідно, зниження оцінок вітроенергетичних ресурсів. Тому реальні запаси вітрової енергії у Тернопільській області можуть бути більшими.

Очевидно, що проблема впливу закритості горизонту на виміряні значення швидкості вітру, а отже і на оцінку вітроенергетичних ресурсів, є важливою. Проте в даній публікації цей вплив не розглядається.

З метою з'ясування ефективності запропонованого підходу (із залученням CALMET) проведено якісне порівняння отриманих результатів із раніше опублікованими оцінками вітроенергетичних ресурсів Тернопільської області [1, 2, 6]. Кількісне порівняння зробити важко через відсутність оцифрованих даних, відмінність проєкцій, розрахункових сіток. Слід також зазначити, що оцінка потенціалу в [1, 2] приведена до висоти шорсткості 0,1 м, тому результати можуть значно відрізнятися. У порівняльному аналізі ми звертали увагу лише на можливість виділення/локалізації зон із значними запасами вітрової енергії, що дуже важливо для практичного використання результатів.

Отже, всі оцінки на різних висотах збігаються за порядком величини. Результати, опубліковані в Атласі, мають дуже грубу просторову роздільну здатність — уся Тернопільська область входить у одну виділену область за значеннями вітроенергетичного потенціалу. Результати, отримані на базі даних проєкту CARPATCLIM, характеризуються значно більшою просторовою роздільною здатністю. Існує багато збіжностей між цими результатами і наведеними в даній публікації. Збігаються зони із значними запасами вітрової енергії, описані вище (Кременецькі гори, зона північно-західніше Тернополя). Але є й певні розбіжності

ті. Найбільша з них — відсутність потужної вітрової тіні від Карпатських гір у оцінках [5, 6]. Зазначимо також, що в результатах [5, 6] спостерігається чіткий кореляційний зв'язок (практично детермінований) між висотою та вітроенергетичним потенціалом, який зумовлений використанням інтерполяційним алгоритмом.

На нашу думку, метод із залученням CALMET є більш фізично обґрунтованим. Проте для з'ясування, який метод оцінки є коректнішим, потрібні подальші дослідження із залученням складніших (гідродинамічних) моделей для точного відтворення вітрових потоків у складній орографії.

Результати порівняльного аналізу свідчать про ефективність запропонованого підходу для оцінки вітроенергетичних ресурсів обмежених територій зі складним рельєфом та локалізації зон із запасами вітрової енергії.

Таким чином, нами проаналізовано можливість та ефективність використання метеорологічного препроцесора CALMET для кліматологічної оцінки вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів із складним рельєфом. Запропонована методологія протестована на прикладі розрахунку вітроенергетичного потенціалу Тернопільської області за період 1981–2010 рр. Розраховано осереднені за цей період значення вітроенергетичного потенціалу у вузлах сітки з просторовою роздільною здатністю 2,5 км на основних висотах встановлення ВЕУ — 10, 30, 50, 70, 90 та 110 м. Проведений порівняльний аналіз отриманих оцінок просторового розподілу вітроенергетичного потенціалу з раніше опублікованими результатами показав ефективність використання CALMET для визначення вітроенергетичних ресурсів обмежених територій невеликих просторових масштабів зі складним рельєфом. Виявлено райони, які можуть бути перспективними для виробництва вітрової електроенергії як у промислових обсягах, так і в приватних господарствах.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Осадчий В.І., Скриник О.А., Скриник О.Я. Оцінка сучасного стану вітрових ресурсів Українських Карпат та їх зміни відносно базового кліматичного періоду. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2015. № 8. С. 95–99. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.08.095>
2. Осадчий В.І., Скриник О.А., Скриник О.Я., Радченко Р.Ю. Вітроенергетичні ресурси Українських Карпат. *Наукові праці УкрНДГМІ.* 2014. Вип. 266. С. 3–8.
3. Волковая О.О., Третьяков О.С., Черванов І.Г. Моделювання вітрового потенціалу локальної ділянки лісостепу для потреб вітроенергетики з використанням ГІС-технологій. *Укр. географ. журн.* 2015. № 4. С. 10–16. doi: <https://doi.org/10.15407/ugz2015.04.010>
4. Ефимов В.В., Барабанов В.С., Шокуров М.В., Робустова Р.С., Яровая Д.А. Численное моделирование ветрового энергипотенциала Украины. *Відновлювана енергетика.* 2010. № 1. С. 44–50.
5. Дмитренко Л.В., Барандіч С.Л. Вітроенергетичні ресурси в Україні. *Наукові праці УкрНДГМІ.* 2007. Вип. 256. С. 166–173.
6. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. Київ, 2001. 41 с.
7. Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E., YamartiNo. R.J. A User`s Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5). Concord, MA: Earth Tech, Inc., 2000.
8. Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J. et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J. R. Meteorol. Soc.* 2011, **137**. P. 553–597. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.828>
9. Осадчий В.І., Скриник О.Я., Ошурок Д.О., Скриник О.А. Вітрові ресурси Тернопільської області. *Наукові праці УкрНДГМІ.* 2017. Вип. 270. С. 3–10.

Надійшло до редакції 04.11.2016

REFERENCES

1. Ocachy, V. I., Skrynyk, O. A. & Skrynyk, O. Y. (2015). Estimation of a modern stage of wind resources in the Ukrainian Carpathians and their changes regarding the base climatological period. *Dopov. Nac. acad. nauk Ukr.*, No. 8, pp. 95-99 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2015.08.095>
2. Ocachy, V. I., Skrynyk, O. A., Skrynyk, O. Y. & Radchenko, R. Y. (2014). Wind energy resources Ukrainian Carpathians. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, Iss. 266, pp. 3-8 (in Ukrainian).
3. Volkovaia, O. O., Tretyakov, O. S. & Chervaniov, I. G. (2015). Local forest-steppe area wind potential modeling for the wind energy needs with the use of gis technology. *Ukr. geogr. z.*, No. 4, pp. 10-16. doi: <https://doi.org/10.15407/ugz2015.04.010>
4. Efimov, V. V., Barabanov, V. C., Shokurov, M. V., Robustova, R. S. & Yarovaya, D. A. (2010). Numerical modeling of the wind energy potential of Ukraine. *Vidnovliuvana enerhytyka*, No. 1, pp. 44-50 (in Russian).
5. Dmytrenko, L. V. & Barandich, S. L. (2007). Wind energy resources in Ukraine. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, Iss. 256, pp. 166-173 (in Ukrainian).
6. Atlas of power budget of renewable and non-conventional sources of energy. Kiev, 2001 (in Ukrainian).
7. Scire, J. S., Robe, F. R., Fernau, M. E. & Yamartino, R. J. (2000). A User's Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5). Concord, MA: Earth Tech, Inc.
8. Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Holm, E. V., Isaksen, I., Kallberg, P., Kohler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thepaut, J.-N. & Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 137, pp. 553-597. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.828>
9. Ocachy, V. I., Skrynyk, O. Y., Oshurok, D. O. & Skrynyk, O. A. (2017). Wind resources of the Ternopil region. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, Iss. 270, pp. 3-10 (in Ukrainian).

Received 04.11.2016

В.І. Осадчий¹, О.А. Скриник², Д.А. Ошурок¹, О.Я. Скриник¹

¹ Украинский гидрометеорологический институт ГСЧС Украины и НАН Украины, Киев

² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

E-mail: skrynyk@uhmi.org.ua

ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ОГРАНИЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МАСШТАБОВ СО СЛОЖНЫМ РЕЛЬЕФОМ

Проанализированы возможности использования метеорологического препроцессора CALMET для климатологической оценки ветроэнергетических ресурсов ограниченных территорий малых пространственных масштабов со сложным рельефом. Эффективность предложенной методологии протестирована на примере расчета ветроэнергетического потенциала Тернопольской области за период 1981–2010 гг.

Ключевые слова: метеорологический препроцессор CALMET, ветроэнергетические ресурсы, удельная мощность ветра, Тернопольская область.

V.I. Osadchy¹, O.A. Skrynyk², D.O. Oshurok¹, O.Ya. Skrynyk¹

¹ Ukrainian Hydrometeorological Institute under the State Emergency Service of Ukraine and the NAS of Ukraine, Kiev

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev

E-mail: skrynyk@uhmi.org.ua

ESTIMATION OF WIND POWER RESOURCES OF A SMALL DOMAIN WITH COMPLICATED TOPOGRAPHY

We have analyzed the capability of the meteorological preprocessor CALMET to estimate wind resources of a small domain with complicated topography. The efficacy of the methodology proposed has been tested by calculating the wind power of the Ternopil region for the period of 1981–2010.

Keywords: CALMET preprocessor, wind resources, wind power, Ternopil region.