

Географічні аспекти розвитку відновлювальної енергетики в Чернівецькій області

Володимир КОСТАЩУК ^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-8351-4856>

УДК 551.58+537.2

ПОШУКОВА СТАТТЯ

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра географії України та регіоналістики

Листування – *v.kostaschuk@chnu.edu.ua

Ключові слова: Ключові слова: відновлювальна енергетика, географічні чинники, сталий розвиток, сонячна енергетика, вітрова енергетика, малі гідроелектростанції.

Анотація: Відновлювальна енергетика є одним із пріоритетних напрямків розвитку енергетичного комплексу України в післявоєнний період на засадах сталого розвитку та відродження економічного потенціалу. Тому важливим напрямком географічних дослідження є виявлення та вивчення потенціалу розвитку даної галузі господарства в різних регіонах держави. Особливо дані проблеми актуальні в умовах російської агресії, коли однією із пріоритетних цілей ворога є енергетичні об'єкти України та її енергетична інфраструктура.

Основою розвитку відновлювальної енергетики слугують природні умови та ресурси які характеризуються значним поширенням, можуть швидко відновлювати свої якісні та кількісні параметри, а їх використання не призводить до негативних екологічних та соціально-економічних наслідків. Таким чином, даний вид енергетики є основою сталого розвитку територій.

В запропонованій статті розкрито географічні чинники розвитку в Чернівецькій області таких напрямків відновлювальної енергетики як сонячна, вітрова енергетика, а також мала (безнапірна) гідроенергетика. В результаті було встановлено істотні залежності розвитку вище зазначених галузей відновлювальної енергетики від зміни природно-географічних умов території.

1. ВСТУП

В умовах російської агресії енергетична галузь України зазнала чи не найбільших руйнувань. Це призвело до істотного зменшення як обсягів генерації енергії так і проблем щодо її передачі споживачам та перерозподілу в межах єдиної енергетичної системи України. Тому важливим завданням географічної науки є пошук альтернативних джерел енергії та обґрунтування їх територіального розміщення. Одним із таких джерел покриття енергетичного дефіциту України є відновлювальна енергетика.

Під відновлювальною енергетикою розуміється галузь енергетичного комплексу, що спеціалізується на виробництві електроенергії на основі використання природних ресурсів які постійно відновлюються. Такі ресурси за звичай є обмеженими за потенціалом на певній території однак, через здатність постійно відновлюватись, вони є необмеженими за часом (тривалістю) використання.

2025, 854; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2025.854.119-129>

<https://geochnu.top/>

Open Access. © 2025 В. КОСТАЩУК

опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



Відповідно до класифікації ООН виділяють наступні види відновлювальних енергетичних ресурсів:

- сонячна й вітрова енергія;
- геотермальна енергія;
- енергія падаючої води, включаючи ГЕС, потужністю меншою за 1 МВт;
- енергія від використання торфу, біомаси, включаючи відходи сільського, лісового, промислового й комунального сектору;
- хвильова енергія, включаючи енергію течій, припливів і відливів, а також енергія температурних перепадів океану;
- енергія залишкового тепла землі (низькопотенціальна енергія) ([Джерело](#))

В сумі наявність тих чи інших видів відновлювальних енергетичних ресурсів на певній території, а також їх кількісні та якісні характеристики визначають відновлювальний енергетичний потенціал території. Одним із ключових чинників які впливають на формування відновлювального енергетичного потенціалу є географічне положення. Власне даним чинником, в значній ступені, визначається максимальний обсяг сонячної радіації, напрям та сила вітрів, наявність геотермальних джерел, продукування біомаси придатної для виробництва відновлювальної енергії, а також, при наявності виходів до морів та океанів, енергії течій, припливів та відливів.

Тому досліджуючи географічні аспекти формування відновлювального енергетичного потенціалу в Чернівецькій області акцентується увага на можливостях розвитку сонячної генерації, потенціалу будівництва вітрових електростанцій та “малих” безнапірних ГЕС на гірських річках.

2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

При дослідженні географічних аспектів розвитку відновлювальної електроенергетики в Чернівецькій області використовуються наступні методи: статистичний – для оцінки зміни параметрів розвитку відновлювальної енергетики; порівняльно-географічний – для визначення територіальних відмінностей в забезпеченні різними видами відновлювальних природних ресурсів, як основи розвитку відновлювальної енергетики.

Сучасний стан, актуальні проблеми та перспективи розвитку сонячної електроенергетики в Україні досліджуються в працях [Савчук \(2019\)](#); [Березовська \(2016\)](#); [Прохорова, Веремєнко \(2017\)](#); [Соловей \(Ред.\) \(2007\)](#); [Соловей та ін. \(2007\)](#). Роль сонячної електроенергетики, як важливої альтернативи «традиційній енергетиці» та її економічну ефективність розкрито в працях: [Желих, В.М., Омельчук, О.В., Шаповал, С.П., Венерин, І.І. \(2015\)](#); [Стогній, Жовтянський \(2005\)](#); [Вороновський, Г.К., Денисюк, С.П., Кириленко, О.В. \(2005\)](#); [Шидловський \(Ред.\) \(2007\)](#); [Кудря, Тучинський \(2001\)](#). Актуальні проблеми розвитку вітрової генерації розкрито в працях: [Березовська \(2016\)](#); [Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П. \(2018\)](#); [Чумаченко С. М., Пісня Л. А., Черепньов І. А. \(2015\)](#). Потенціал розвитку малої гідроенергетики: [Осадчий \(2020\)](#); [Прокопчук \(2022\)](#); [Касіч \(2023\)](#).

Інформаційною основою дослідження слугували дані: Архів погоди в Чернівцях (аеропорт) ([Джерело](#))

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Географічні аспекти розвитку сонячної енергетики. Ключовим географічним чинником який є визначальним для розвитку сонячної генерації слід вважати кількість сонячної радіації, яка надходить до поверхні землі і завдяки фотоелементам, що об'єднуються в сонячні панелі перетворюється на електроенергію. Кількість сонячної радіації на певній території залежить від кута падіння сонячних променів. Даний показник визначається географічною широтою території на якій потенційно може бути розташована сонячна

В. Костащук

Географічні аспекти розвитку відновлювальної енергетики в Чернівецькій області

електростанція. Значний вплив на кількість сонячної радіації мають також переважаючі кліматичні умови (хмарність неба), тривалість світлового дня, а також загальна експозиція схилів різних форм рельєфу (горбів, ярів, кар'єрів тощо). В таблиці 1 відображено основні географічні чинники які мають істотний вплив на ефективність виробництва сонячної електроенергії.

Таблиця 1. Основні показники, що найбільше впливають на виробництво сонячної енергії в Чернівецькій області.

№ п/п	Показник	Значення показника				
		Зима	Весна	Літо	Осінь	За рік
1.	Кут падіння сонячних променів (с. Сарата)	18°46'37"	42°16'37"	65°44'37"	42°16'37"	41°45'37"
2.	Кут падіння сонячних променів (с. Репуженці)	17°49'29"	41°19'29"	64°49'29"	41°19'29"	40°28'29"
3.	Тривалість світлої пори доби (дня)	9 :07:34.	13:35:55	15:18:25	10:53:54	11:28:42
4.	Хмарність	7,84	6,51	5,42	6,68	6,55

Чернівецька область розташована в помірних широтах між 47°43'23" (крайня південна точка, що розташована за 5,79 км. на захід від церкви Івана Хрестителя на хуторі Сарата) та 48°40'31" (крайня північна точка, що розташована на правому березі р. Дністер за 2,82 км на північ від Покровської церкви в с. Репуженці). Це означає, що в межах досліджуваного регіону кут падіння сонячних променів до горизонтальної площини буде змінюватись від 18°46'37" в період зимового сонцестояння (22 грудня) до 65°44'37" в літні місяці (22 червня) у південній частині області. На півночі області дані показники відповідно будуть становити 17°49'29" в зимові місяці (22 грудня) та 64°49'29" літом (22 червня). Незначні відмінності в даних показниках зумовлені перш за все незначною протяжністю області з півночі на південь 118,2 км., по прямій лінії між крайніми точками.

Максимальна кількість електроенергії виробляється за умови, що сонячні промені падають на панелі під кутом 90°. Враховуючи особливості кутів падіння сонячних променів в досліджуваному регіоні рекомендується розміщувати сонячні панелі із нахилом до горизонтальної площини під кутом 35-40° переважно в південній експозиції. Таке розташування дозволяє отримати максимальну протягом року кількість електроенергії.

Не менш важливим чинником економічної ефективності сонячних електростанцій в регіоні є тривалість світлового дня. Даний показник відображає тривалість доби протягом якого сонячна радіація може потрапляти на панелі, а отже виробляється електроенергія.

В Чернівецькій області тривалість дня (від сходу до заходу Сонця) протягом року істотно змінюється. Так в зимові місяці пересічна тривалість дня становить 9 годин, 07 хвилин, 34 секунди. Найменша 22 грудня - 8 годин 23 хвилини 35 секунд. Весною даний показник пересічно становить 13 год., 35 хв., 55 сек. Літом тривалість дня пересічно становить – 15 год., 18 хв., 25 сек. Максимальних значень даний показник сягає 22 червня - 16 год., 09 хв., 26 сек. Пересічна тривалість світлої пори доби восени становить 13 год. 09 хв. 26 сек. Таким чином найсприятливіші умови для виробництва сонячної енергії в області формуються у весняно-літній період.

В. Костащук

Географічні аспекти розвитку відновлювальної енергетики в Чернівецькій області

Окрім вище зазначених чинників істотний вплив на обсяг виробництва електроенергії має рівень закритості неба хмарами – хмарність. При суцільній хмарності (10 балів) продуктивність сонячних панелей може падати на 75-80% від номінальної потужності. В Чернівецькій області пересічний рівень хмарності протягом року становить 6,55 бали, що призводить до зменшення виробництва електроенергії сонячними станціями 25-35 % від їх номінальної потужності. Зимом даний показник набуває максимальних значень і становить 7,84 бали, що призводить до втрати майже половини від номінальної потужності сонячних панелей. Весною та восени даний показник наближається до пересічно річних показників та становить відповідно 6,51 та 6,68 балів. Найкращі погодні умови для виробництва сонячної електроенергії в Чернівецькій області формуються літом, коли хмарність становить всього 5,42 бали.

Отже найкращі природно-географічні умови для розвитку сонячної енергетики в Чернівецькій області формують у весняно-літній період. В цей час спостерігається зростання кута падіння сонячних променів та тривалості світлої пори доби (дня), а також знижується закритість небосхилу хмарами.

Географічні аспекти розвитку вітрової енергетики. Одним із найбільш використовуваних джерел відновлювальної енергії в світі є вітер. Енергія вітру є екологічно чистим та відносно стабільним джерелом виробництва електроенергії, що відповідає базовим принципам сталого розвитку регіонів України та світу.

Вирішальне значення для формування потенціалу розвитку вітрової енергетики на певній території мають показники швидкості, а як наслідок і сили вітру та їх постійність. Дані показники залежать від особливостей географічного положення території відносно постійних потоків повітряних мас, висоти, перспективної для розвитку даного виду електроенергетики, місцевості над рівнем моря (вододіли, гірські хребти), а також відкритості місцевості, що виражається у відсутності перешкод для зростання швидкості вітру (забудова, лісові масиви тощо).

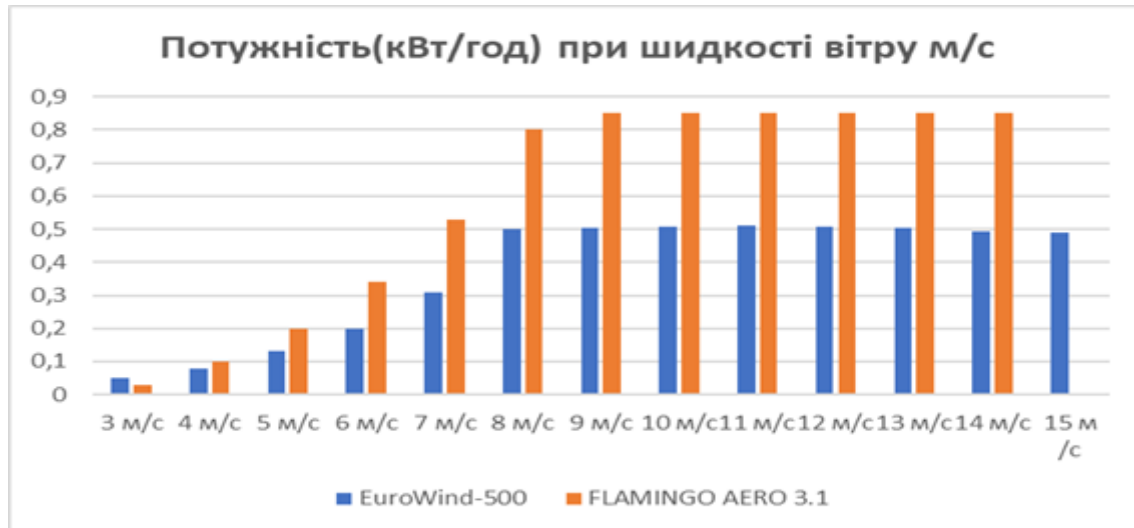


Рис.1. Потужність деяких типів вітрогенераторів при різних значеннях швидкості вітру.

Чернівецька область розташована в межах впливу західного переносу повітряних мас, однак континентальне її розташування впливає на формування швидкості, сили та напрямків вітрових потоків. Дані показники істотно впливають на потужність вітрових генераторів а отже і на їх економічну ефективність. Необхідно зазначити, що для виробництва вітрової електроенергії для більшості вітрогенераторів необхідна мінімальна швидкість вітру у 2,0 м/с. При менших показниках швидкості вони не мають змоги виробляти електроенергію. Із збільшенням швидкості вітрового потоку зростають і обсяги виробництва електроенергії. (Рис 1.)

Як зазначено на рисунку 1 для вітрогенераторів моделі EuroWind-500 (номінальною потужністю 0,5 кВт) та FLAMINGO AERO 3.1 (0,8 кВт) мінімальна швидкість вітру необхідна для початку виробничих процесів становить 3 м/с. Із зростанням швидкості вітру простежується поступове зростання обсягів продукуваної електроенергії. При досягненні швидкості вітру 8 м/с дані вітрогенератори досягають номінальних значень власної потужності і надалі швидкість вітру практично не впливає на обсяги виробленої електроенергії. Необхідно зазначити, що максимальні обсяги виробництва електроенергії для різних типів вітрогенераторів можуть істотно змінюватись. Для малопотужних вітрових генераторів (номінальна потужність 0,5 – 1,0 кВт) швидкість вітру для виходу на максимальну потужність достатня в 7-8 м/с. В той же час генератори із номінальною потужністю 3 - 5 кВт, (Vestas V126 - номінальна потужність 3000 кВт); Gamesa G128-4.5 MW – 4500 кВт; Gamesa G132-5.0 MW – 5000 кВт) для виходу на максимальну потужність потребують швидкості вітру в 12-15 м/с.

В межах Чернівецької області можна простежити істотні відмінності в швидкостях вітру протягом тривалого часу. Необхідно зазначити що швидкість вітру з часом може істотно змінюватись. Так з 2009 по 2023 роки пересічні за рік швидкості вітру коливались від 2,69 м/с у 2009 році до 3,1 м/с у 2022. (Архів погоди в Чернівцях (аеропорт) URL [\(Джерело\)](#) (Рис.2)



Рис. 2. Пересічна за рік швидкість вітру в Чернівецькій області за 2009-2023 роки

Важливим елементом дослідження потенціалу розвитку вітрової енергетики в Чернівецькій області є встановлення повторюваності вітрів із різними швидкісними діапазонами. (Рис. 3).

Необхідно зазначити, що в досліджуваному регіоні протягом 37,6 % часу спостерігається безвітряна (штиль) та слабо вітряна (до 2 м/с) погода. При таких швидкостях виробництво вітрової електроенергії, за сучасного рівня розвитку технологій практично відсутнє. Вітри із швидкістю 2-6 м/с спостерігаються протягом 59,3 % часу, а із швидкістю 6-10 м/с – 12,5 %. В той же час сильні вітри із швидкістю понад 10 м/с в регіоні спостерігаються тільки в 0,6% від загальної кількості спостережень.

Отже, отримані дані засвідчують про те що в межах Чернівецької області сформувався досить потужний потенціал для розвитку вітрової енергетики. Вітри із швидкістю понад 2 м/с (мінімальна швидкість вітру необхідна для початку генерації) тут спостерігаються протягом 65 % спостережень. В той же час для виходу на номінальну потужність необхідно значно вищі показники сили і швидкості вітру. Для малопотужних вітрогенераторів даний показник становить 7-8 м/с. Вітри такої сили в регіоні спостерігаються всього протягом 13,1% від загальної кількості спостережень. В той же час на при вододільних місцевостях Дністра і

Прута, Прута і Сірету, а також в межах хребтів Покутсько-Буковинських хребтів швидкість вітру може бути значно вищою, що створює сприятливі умови для розвитку в цих місцевостях вітрової енергетики.

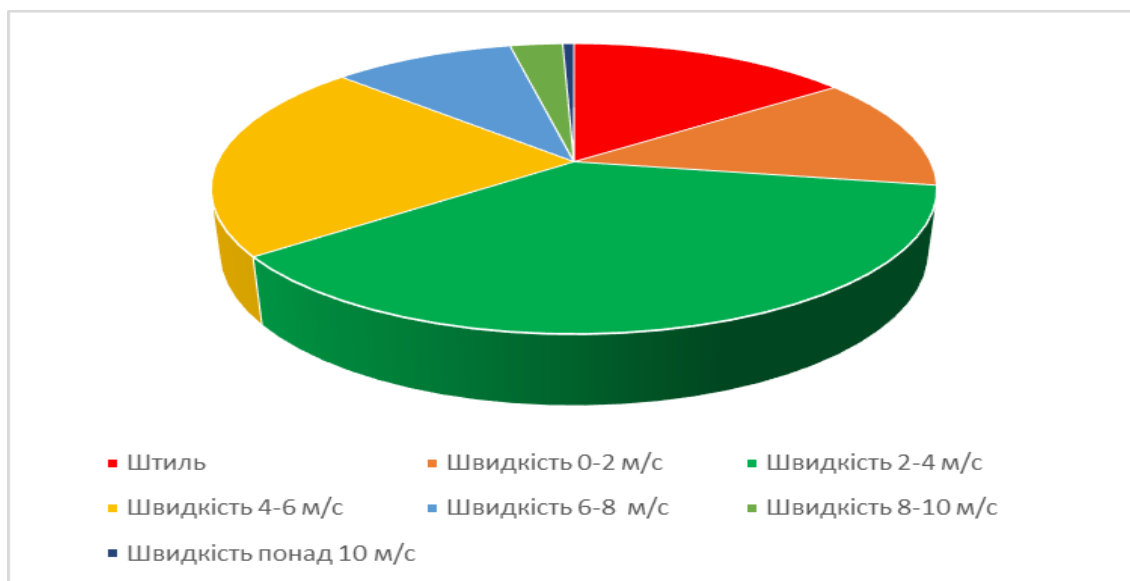


Рис. 3. Розподіл швидкісних діапазонів вітрів у Чернівецькій області (% до загальної кількості спостережень)

Географічні аспекти розвитку малої (безнапірної) гідроенергетики. Гідроенергетичні ресурси є важливим джерелом формування енергетичного потенціалу багатьох країн світу (Норвегія, Бразилія, Парагвай). Даний вид ресурсів характеризується низькою собівартістю виробництва електроенергії, однак при спорудженні великих ГЕС можна спостерігати значні екологічні, соціальні та частково і економічні втрати. Тому для спорудження таких електростанцій важливий вибір місця розташування, а також гідрологічні характеристики річок на яких вони споруджуються. В той же час спорудження малих, безнапірних (без спорудження потужної греблі) ГЕС дозволяє уникнути вищезазначених ризиків та отримати значну кількість дешевої електроенергії.

Для розвитку малої енергетики пропонується використовувати Капланівські та Шнекові турбіни. Вони характеризується простотою конструкції, високою надійністю, а головне можливістю роботи при малих витратах води (менше 1 м³/с). Дані гідроагрегати є екологічно безпечними, оскільки дозволяють проходження риби та інших організмів, адже для ефективної роботи їм достатньо незначних перепадів висот.

Географічні особливості Чернівецької області дозволили сформуватись тут значному гідроенергетичному потенціалу для розвитку малої (безнапірної) гідроенергетики. Перш за все це стосується гірської та передгірської частини області в якій протікає значна кількість гірських річок гідрологічні характеристики яких є сприятливими для розвитку малої гідроенергетики. Ключовими гідрологічними характеристиками які найбільше впливають на розвиток даного виду відновлювальної енергетики є: витрата води, довжина річки, ширина, глибина, швидкість течії та її похил (зниження русла річки на одинцю її довжини). Основні гідрологічні характеристики найбільших річок Чернівецької області в контексті розвитку відновлювальної енергетики відображено в таблиці 2.

Річка Прут один із найбільш використовуваних в господарських цілях водний об'єктів Чернівецької області. Саме на її берегах розташований обласний центр – м. Чернівці. Річка являється лівою притокою Дунаю і впадає в нього за 105 кілометрів від його гирла поблизу

м. Галац (Румунія). Довжина річки Прут становить 967 км (з них на території України – 272 км); відстань по прямій лінії між його витоків і гирлом – тільки близько 437,5 км.

Таблиця 2. Гідрологічні характеристики річки Чернівецької області

№ п/п	Гідрологічні показники	Річки		
		Прут	Черемош ¹⁾	Сірет
1.	Довжина річки в межах Чернівецької області (км)	130	131 ¹⁾	100
2.	Ширина (м)	50-150	15-44	10-50
3.	Глибина (м)	1,5-8	1,5-6	1,1 – 6,0
4.	Швидкість течії (м/с)	1,2-4,0	2,3-5,6	1,2 - 4,5
5.	Похил (м/км)	1,1	3,3 – 9,5	1,2-2,3
6.	Витрати (м ³ /с)	69,2	34,5	23,5

Примітка: 1) з притокою Білий Черемош.

Площа басейн річки Прут – 27,5 тис. км². Басейн Прута порівняно невеликий, за своєю площею далеко не відповідає загальній довжині річки. Це є наслідком того, що остання з обох сторін на близькій відстані супроводжується вододілами: на сході – вододілом річки Дністер, на заході – річок Серет і Бирлат.

Похил річки змінюється від 100 м/км (біля г. Говерла – у Верхній течії) до 0,05 м/км (біля гирла). Різниця рівнів витоку (931 м) і гирла (22 м) – 909 м, середнє падіння становить майже 1,1 м на кілометр.

Середня витрата становить 69,2 м³/с. Річка Прут характеризується підвищеним зимовим стоком і часто виходить з берегів під час весняних паводків або літніх дощових паводків.

В межах Чернівецької області річка Прут протікає на протязі майже 130,0 кілометрів в загальному напрямі із північного-заходу на південний схід від с. Оршівці до с. Тарасівці. Далі протікає в загальному напрямку із заходу на схід, і являється прикордонною річкою з Румунією до с. Мамалига.

Від витоків і майже до міста Чернівці ріка Прут має яскраво виражений гірський характер течії, русло дуже розгалужене, правий берег стрімкий, подекуди поперечний профіль русла має вигляд урвища. Ширина Прута тут коливається від 50-70 до 150 м, на розгалужених ділянках – 500-800 м. Глибина в межах становить не більше 0,5-1,5 м, а при найбільших рівнях води – до 8 м. Швидкість течії у верхів'ї дуже велика – до 1-1, 2 м/с, під час паводків сягає 4 м/с. Дно кам'янисте та гравійно-галечникове. Береги дуже порізані, лісисті. Нижче міста Чернівці ріка виходить на рівнину. Тут її русло часто міняє свій напрямок, а швидкість течії сповільнюється. Похил річки до м. Чернівці становить близько 1,1 м/км., а нижче обласного центру – 0,75м/км.

Річка Черемош одна із найперспективніших для розвитку малої енергетики річок України.

Черемош – права притока Прута (басейн Дунаю). Довжина ріки 80 км, площа басейну складає 2560 км². Це класична гірська річка з досить швидкою течією (8-20 км/год). Похил річки 3,3 м/км. Річище звивисте, пересічна ширина 15-25 м, найбільша – 44 м. Черемош бере початок від злиття рік Чорний Черемош та Білий Черемош.

Білий Черемош довжиною 51 км, площа басейну 632 км². Похил річки – 9,5м/км.

Річка Сірет – ліва притока Дунаю. Бере початок в межах Чернівецької області на північно-західному схилі гори Борсукової на висоті 1100 м над рівнем моря, після злиття струмків Барсуки та Ластун. По території області тече верхня частина Сирету довжиною близько 100 км (загальна довжина річки - 513 км). У межах області площа водозбору річки становить 2070 км², загальне падіння ріки – 435 м.

В. Костащук

Географічні аспекти розвитку відновлювальної енергетики в Чернівецькій області

Водозбірний басейн ріки в межах області має найбільшу довжину - 62 км, ширину – 23 км і межує з басейнами Черемошу та Пруту. Головні притоки річки – Петровець, Звараш, Зубринець, Мигова, Міхідра, Малий Сірет, Котовець та ін.

Спочатку Сірет протікає в межах Покутсько-Буковинських Карпат, а біля смт. Берегомет він витікає на рівнинну територію. Річка в межах на рівнинній ділянці має ширину 10-20 м., а під час повеней може сягати 50 і більше метрів. Глибина річки, як і інших середніх річок Чернівецької області в межинь становить 0,5-1,0 метри, хоча іноді в руслі утворюються ями глибиною 2 і більше метрів. Під час паводків та повеней глибина річки може зростати на 4-6 м.

Отже, річки Чернівецької області мають достатні гідрологічні характеристики для розвитку відновлювальної гідроенергетики. Особливо сприятливі умови для розвитку даної галузі сформувались на річці Черемош та її притоках.

4. ВИСНОВКИ

Географічне положення Чернівецької області а також природні умови та ресурси дозволили сформуватись в її межах значному потенціалу для розвитку відновлювальної енергетики. Даний потенціал по території регіону розміщений вкрай неоднорідно.

Обсяги виробництва сонячної електроенергії перш за все залежать від кількості сонячної радіації яка є доступна в межах певного регіону. Розміщення області в помірних широтах загалом створює сприятливі умови для будівництва сонячних електростанцій. Найбільшу кількість електроенергії вони здатні продукувати у весняно-літній період. Цьому сприяють низький рівень хмарності та значна тривалість світлої пори доби. Зимом та восени сонячні електростанції продукують значно менше електроенергії, що спричинене як меншою тривалістю дня так і зростанням рівня хмарності.

Для Чернівецької області характерними є відносно низькі швидкості вітрів та як наслідок відносно малий потенціал розвитку вітрової генерації. В той же час наявність вододілів великих річок (Дністра і Прута; Прута і Сірету) а також в західній частині регіону гірських хребтів дозволяють стверджувати, що розвиток даного виду відновлювальної енергетики має свої перспективи.

Гірські річки та їх гідрологічні характеристики є сприятливими для розвитку малої (безнапірної) гідроенергетики. Найсприятливішими для розвитку даного виду енергетики є гідрологічні умови на річці Черемош та його притоках а також у верхів'ях річки Сірет. Дещо гірші передумови формуються на рівнинних ділянках річок Прут та Сірет.

Отже природні умови та ресурси Чернівецької області загалом сприяють розвитку різних видів відновлювальної енергетики. Для цього, в перспективі, необхідно чітко визначити найкращі для розвитку того чи іншого виду енергетики території та сприяти залученню інвестицій в дану галузь економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Березовська Ю.** (2016) Відновлювана енергетика. Точки зростання. Чи може відновлювана енергетика стати одним із драйверів розвитку в Україні. Український тиждень. Київ, 40 (464) [Berezovska Yu. (2016) Vidnovliuvana enerhetyka. Tochky zrostannia. Chy mozhe vidnovliuvana enerhetyka staty odnym iz draiveriv rozvytku v Ukraini. Ukrainskyi tyzhden. Kyiv, 40 (464)]
2. **Вороновський, Г.К., Денисюк, С.П., Кириленко, О.В.** (2005) Енергетика світу та України. Цифри та факти. Київ : Українські енциклопедичні знання. [Voronovskiy, H.K., Denysiuk, S.P., Kyrylenko, O.V.(2005) Enerhetyka svitu ta Ukrainy. Tsyfry ta fakty. Kyiv : Ukrainski entsyklopedychni znannia.]
3. **Желих, В.М., Омельчук, О.В., Шаповал, С.П., Венерин, І.І.** (2015) Енергетичний потенціал сонячної радіації на території України. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва, 823, 117-121. [Zhelykh, V.M., Omelchuk, O.V., Shapoval, S.P., Veneryn, I.I. (2015) Enerhetychnyi potentsial soniachnoi radiatsii na terytorii Ukrainy. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnikha». Teoriia i praktyka budivnytstva, 823, 117-121.]

4. Касіч Ю. (2023) Розвиток малої гідроенергетики підніме промисловість та зміцнить безпеку України. Енергобізнес, 5-6 (1270/71). [Kasich Yu. (2023) Rozvytok maloi hidroenerhetyky pidnime promyslovist ta zmitsnyt bezpeku Ukrainy. Enerhobiznes, 5-6 (1270/71).]
5. Кудря, С.О. (Ред.). (2020) Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України. [Kudria, S.O. (Red.). (2020) Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii Ukrainy. Kyiv : Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy.]
6. Кудря, С., Тучинський, Б. (2001) «Бізнесопридатність» вітроенергетики України. Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке», 89-91. [Kudria, S., Tychynskiy, B. (2001) «Biznesoprydatnist» vitroenerhetyky Ukrainy. Dokl. II Mezhdunar. konf. «Netradytsyonnaia enerhetyka v XXI veke», 89-91.]
7. Прокопчук С. (2022) Мала гідроенергетика — потужний потенціал України. Урядовий кур'єр. — 31 травня 2022 року [Prokopchuk S. (2022) Mala hidroenerhetyka — potuzhnyi potentsial Ukrainy. Uriadovyi kurier. — 31 travnia 2022 roku]
8. Прохорова, Л.А. Веремченко, О.В. (2017) Сучасний стан та перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні. Північне Приазов'я: проблеми регіонального розвитку у міжнародному контексті: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної конференції (Мелітополь, 14–15 вересня), 63-66. [Prokhorova, L.A. Veremenko, O.V. (2017) Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku soniachnoi enerhetyky v Ukraini. Pivnichne Pryazovia: problemy rehionalnoho rozvytku u mizhnarodnomu konteksti: materialy Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii (Melitopol, 14–15 veresnia), 63-66.]
9. Сиротюк С. В., Боярчук В. М., Гальчак В. П.. (2018) Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру: навчальний посібник. Львів: Магнолія, 182. [Syrotiuk S. V., Boiarchuk V. M., Halchak V. P.. (2018) Alternatyvni dzherela enerhii. Enerhiia vitru: navchalnyi posibnyk. Lviv: Mahnoliia, 182.]
10. Соловей, О.І. (Ред.). (2007). Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії : Навчальний посібник. Черкаси : ЧДТУ. [Solovei, O.I. (Red.). (2007). Netradytsiini ta ponovliuvalni dzherela enerhii : Navchalnyi posibnyk. Cherkasy : ChDTU.]
11. Осадчий В. І., Білетська І. В. (2020) Вплив кліматичних змін на водні ресурси Карпатського регіону України. Географія і природні ресурси, 3, 45–56. [Osadchyi V. I., Bilietska I. V. (2020) Vplyv klimatychnykh zmin na vodni resursy Karpatskoho rehionu Ukrainy. Neohrafiia i pryrodni resursy, 3, 45–56.]
12. Чумаченко С. М., Пісня Л. А., Черепньов І. А. (2015) Впровадження вітроенергетичного потенціалу України для середнього та малого бізнесу АПК. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 156, 626–635. [Chumachenko S. M., Pisia L. A., Cherepnov I. A. (2015) Vprovadzhennia vitroenerhetychnoho potentsialu Ukrainy dlia serednoho ta maloho biznesu APK. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 156, 626–635.]

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

13. Архів погоди в Чернівцях (аеропорт) [\(Джерело\)](#)
14. Види відновлюваної енергії [\(Джерело\)](#)
15. Відновлювана енергетика: джерела й технології [\(Джерело\)](#)
16. ENERGOSTAR UKRAINE [\(Джерело\)](#)
17. International Energy Agency. [\(Джерело\)](#)

Volodymyr Kostashchuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
Department of Geography of Ukraine and Regional Studies

Geographical aspects of renewable energy development in Chernivtsi region

Keywords: renewable energy, geographical factors, sustainable development, solar energy, wind energy, small hydroelectric power plants.

Abstract: Renewable energy is one of the priority areas for the development of the energy complex of Ukraine in the post-war period on the basis of sustainable development and revival of economic potential. Therefore, an important area of geographical research is the identification and study of the development potential of this sector of the economy in different regions of the state. These problems are especially relevant in the context of Russian aggression, when one of the priority goals of the enemy is the energy facilities of Ukraine and its energy infrastructure.

В. Костащук

Географічні аспекти розвитку відновлювальної енергетики в Чернівецькій області

The basis for the development of renewable energy is natural conditions and resources that are characterized by significant distribution, can quickly restore their qualitative and quantitative characteristics, and their use does not lead to negative environmental and socio-economic consequences. Thus, this type of energy is the basis for sustainable development of territories.

The proposed article reveals the geographical factors of development in the Chernivtsi region of such areas of renewable energy as solar, wind energy and small (non-pressure) hydropower. As a result, significant dependences of the development of the above-mentioned branches of renewable energy on changes in the natural and geographical conditions of the territory were established. The key geographical factor that is decisive for the development of solar generation should be considered the amount of solar radiation that reaches the earth's surface and is converted into electricity by photovoltaic cells combined into solar panels. The amount of solar radiation in a certain territory depends on the angle of incidence of the sun's rays. This indicator is determined by the geographical latitude of the territory on which a solar power plant can potentially be located. The prevailing climatic conditions (cloudiness of the sky), the duration of daylight, as well as the general exposure of slopes of various landforms (hills, ravines, quarries, etc.) also have a significant impact on the amount of solar radiation. The best natural and geographical conditions for the development of solar energy in Chernivtsi region are formed in the spring-summer period. At this time, there is an increase in the angle of incidence of sunlight and the duration of daylight hours (daytime), and the coverage of the sky by clouds decreases.

One of the most widely used sources of renewable energy in the world today is wind. Wind energy is an environmentally friendly and relatively stable source of electricity production, which meets the basic principles of sustainable development of regions of Ukraine and the world.

Of decisive importance for the formation of the potential for the development of wind energy in a certain territory are the speed indicators and, as a consequence, the wind force and their constancy. These indicators depend on the characteristics of the geographical position of the territory relative to constant air mass flows, the height, promising for the development of this type of electricity, the terrain above sea level (watersheds, mountain ranges), as well as the openness of the terrain, which is expressed in the absence of obstacles to the growth of wind speed (buildings, forests, etc.).

Chernivtsi region is located within the influence of the western air mass transfer, however, its continental location affects the formation of the speed, strength and direction of wind flows. These indicators significantly affect the power of wind generators and therefore their economic efficiency. It should be noted that for the production of wind electricity, most wind generators require a minimum wind speed of 2.0 m/s. At lower speeds, they are unable to produce electricity. With an increase in the wind speed, the volume of electricity production also increases. It should be noted that in the studied region, windless (calm) and slightly windy (up to 2 m/s) weather is observed for 37.6% of the time. Winds with a speed of 2-6 m/s are observed for 59.3% of the time, and with a speed of 6-10 m/s - 12.5%. At the same time, strong winds with a speed of over 10 m/s are observed in the region quite rarely - 0.6% of the total number of observations.

Therefore, the obtained data indicate that within the Chernivtsi region, a fairly powerful potential for the development of wind energy has been formed. Winds with a speed of more than 2 m/s (the minimum wind speed required to start generation) are observed here for 65% of the day. At the same time, significantly higher wind speed and force indicators are required to reach nominal power. For low-power wind generators, this indicator is 7-8 m/s. Winds of such force in the region are observed for only 13.1% of the total number of observations. At the same time, in the watershed areas of the Dniester and Prut, Prut and Siret, as well as within the Pokutsko-Bukovyna ridges, the wind speed can be significantly higher, which creates favorable conditions for the development of wind energy in these areas.

For the development of small-scale energy, it is proposed to use Kaplaniv and Shnekov

turbines. They are characterized by simplicity of design, high reliability, and most importantly, the ability to operate at low water flow rates (less than 1 m³/s). These hydropower units are environmentally friendly, as they allow the passage of fish and other organisms, because for their effective operation, insignificant height differences are enough.

The geographical features of the Chernivtsi region have allowed the formation of a significant hydropower potential for the development of small (non-pressure) hydropower. First of all, this applies to the mountainous and foothill parts of the region, in which a significant number of mountain rivers flow, the hydrological characteristics of which are favorable for the development of small hydropower. The key hydrological characteristics that most affect the development of this type of renewable energy are: water flow, river length, width, depth, flow speed and its slope (reduction of the river bed per unit of its length).

The rivers of the Chernivtsi region have sufficient hydrological characteristics for the development of renewable hydropower. Particularly favorable conditions for the development of this industry have been formed on the Cheremosh River and its tributaries.

The natural conditions and resources of the Chernivtsi region generally contribute to the development of various types of renewable energy. For this, in the future, it is necessary to clearly identify the best territories for the development of a particular type of energy and to promote investment in this sector of the economy.