



Державна служба
геології та надр
України



ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут геологічних наук Національної академії наук України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка

2024 

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

IX міжнародна науково-практична конференція

НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

7-11 жовтня 2024, м. Львів, Україна

IX international scientific-practical conference

SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

7-11 october 2024, Lviv, Ukraine

ГЕОГРАФІЧНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Лопушанська М.Р.^{1,3,5}, аспірантка, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua,

Іванов Є.А.¹, д. геогр. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,

Лопушанська Ю.Р.², y.lopushanska@nordikbud.com.ua,

Циганок Л.В.³, liudmyla.paeu@gmail.com,

Башинська Ю.І.⁴, к. екон. н., с. н. с., yu.bashynska@ukr.net,

Вишва А.М.⁵, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,

Доманський А.С.⁶, ves_yuva@ukr.net,

1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,

2 – ПП “Проект-Буд”, м. Львів, Україна,

3 – Асоціація професіоналів довкілля “РАЕВ”, м. Київ, Україна,

4 – ДУ “Інститут регіональних досліджень ім. М. Долишнього НАН України”, м. Львів, Україна,

5 – ТОВ “НОРДІК-БУД”, м. Львів, Україна,

6 – ТОВ “ВЕС-ЮВА”, м. Шепетівка, Україна

На функціонування і розвиток відновлюваної енергетики, на відміну від традиційної енергетики, важливу роль відіграють географічні чинники, зокрема геофізичні, геологічні, геоморфологічні, кліматичні, гідрологічні, агроґрунтові, суспільні (соціально-економічні) та екосистемні послуги. Вплив кожного із географічних чинників на об'єкти відновлюваної енергетики залежить від конкретного виду енергетики, та зумовлює як розвиток, так і неможливість реалізації діяльності.

GEOGRAPHICAL FACTORS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN THE LVIV REGION

Lopushanska M.^{1,3,5}, postgraduate, mariia.lopushanska.agrn@lnu.edu.ua,

Ivanov Y.¹, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., yevhen.ivanov@lnu.edu.ua,

Lopushanska Y.², y.lopushanska@nordikbud.com.ua,

Tsyganok L.³, liudmyla.paeu@gmail.com,

Bashynska Y.⁴, Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, yu.bashynska@ukr.net,

Vyzhva A.⁵, a.vyzhva@nordikbud.com.ua,

Domanskyi A.⁶, ves_yuva@ukr.net,

1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,

2 – Private company “PROEKT-BUD”, Lviv, Ukraine,

3 – Professional Association of Environmentalists of the World (PAEW), Kyiv, Ukraine,

4 – LLC “NORDIK-BUD”, Lviv, Ukraine,

5 – Dolishniy Institute of Regional Research of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,

6 – LLC “VES-YUVA”, Shepetivka, Ukraine

The functioning and development of renewable energy, unlike traditional energy, is influenced by geographical factors, including geophysical, geological, geomorphological, climatic, hydrological, agro-soil, social (socio-economic) and ecosystem services. The impact of each of the geographical factors on renewable energy projects depends on the specific type of energy and determines both the development and the impossibility of implementing activities.

Актуальність поставленої проблеми. Для розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області, на відміну від традиційної енергетики, важливу роль відіграє не лише сировина, а й географічне розташування об'єктів, яка зумовлена специфічними географічними чинниками для певної території, зокрема геологічні, геоморфологічні, гідрологічні, кліматичні, ґрунтові, біотичні тощо. Під географічними розуміємо чинники, які зумовлені географічним розташуванням об'єкта та мають вплив на розвиток відновлюваних джерел енергії. До таких чинників відносимо геофізичні, геологічні, кліматичні, гідрологічні, агроґрунтові та суспільні (соціально-економічні), а також екосистемні послуги.

Матеріали і методика дослідження. У роботі використано дані здійснено аналіз та узагальнення зібраних даних щодо впливу географічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. Із використанням геоінформаційної системи QGIS 3.26 ство-

рено картосхеми з метою візуалізації впливу кліматичних чинників на розвиток відновлюваної енергетики та подано числові значення.

Об'єктом дослідження є діючі і перспективні об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області, предметом – вплив географічних чинників на розвиток відновлюваної енергетики Львівської області.

Результати дослідження. Значущість кожного із географічних чинників для об'єктів відновлюваної енергетики є різною і залежить від конкретного виду енергетики, що зумовлює як розвиток, так і неможливість реалізації діяльності. Розглянемо детальніше вплив географічних чинників на функціонування і розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області та їхню значимість в ефективності виробництва електроенергії.

Геофізичні чинники мають найменший вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема, лише при поштовхах понад шість балів.

Геологічні та геоморфологічні чинники можуть мати вплив на об'єкти відновлюваної енергетики лише за умови поширення їхніх проявів на ділянках потенційних для об'єктів відновлюваної енергетики. Це залежить від географічного положення об'єкта.

Кліматичні чинники відіграють важливу роль при виборі ділянки для майбутніх проектів сонячної, вітрової і зеленої водневої енергетики. Наявність сприятливих кліматичних показників у межах ділянки дозволяє отримувати хороші показники генерації електроенергії. Для інших об'єктів відновлюваної енергетики цей чинник не є вирішальним.

На розвиток малої гідроенергетики і зеленої водневої енергетики важливим чинником виступають *гідрологічні чинники*. Для біоенергетики ці чинники відіграють роль за умови використання води для зрошення полів, де вирощуються енергетичні культури.

Агрогрунтові чинники мають важливий вплив виключно на розвиток біоенергетики (вирощування енергетичних культур).

Суспільні чинники та екосистемні послуги мають прямий вплив на розвиток всіх видів відновлюваної енергетики (табл. 1).

Геофізичні (сейсмічні) чинники. До геофізичних чинників розвитку об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні відносимо землетруси. Для аналізу землетрусів та їх впливу на об'єкти відновлюваної енергетики Львівської області опрацьовано дані: історія багаторічних спостережень за землетрусами, фондові матеріали сейсмічних досліджень для будівництва об'єктів відновлюваної енергетики [12].

Згідно з даними карти загального сейсмологічного районування України, сейсмічні явища із періодом повторюваності один раз на п'ять тисяч років для середніх ґрунтових умов та ймовірності перевищення розрахункової інтенсивності протягом 50 років 1 % рівнинна частина Львівської області належить до зони інтенсивностей струсів у сім балів MSK64, а гірська частина – у вісім балів [3].

Геологічні і геоморфологічні чинники. До геологічних чинників, вплив яких оцінено для досліджуваних об'єктів відносяться грязьовий вулканізм, зсуви, обвали та осипи, осідання (провалля) земної поверхні, карстові процеси та підвищення рівня ґрунтових вод, що може призвести до підтоплення, а також ерозійні процеси. Перелік геологічних чинників обрано на основі КНС [11].

Грязьовий вулканізм. Для Львівської області не характерні прояви грязьового вулканізму.

Зсуви, обвали, осипи, осідання (провалля) земної поверхні. Широкий розвиток у гірській частині Львівської області та в межах Стривігор-Болозівського передгір'я і Сянсько-Дністровського опілля притаманний для гравітаційних та зсувних процесів, що становить значну геоекологічну небезпеку. Також у гірській частині області можуть виникати селеві процеси. У Львівській області розвиток карстових процесів можливий на 81,6 % площі регіону. Інтенсивність карстових процесів зумовлена різним типом перекриття і літологічним складом гірських порід, зокрема карбонатних, сульфатних і галогенних (соляних). У зонах прояву карстових процесів спостерігають підвищену тріщинуватість і мережу тектонічних порушень, яка й сприяє утворенню карсту [2].

Таблиця 1

**Характеристика значимості географічних чинників
на розвиток відновлюваних джерел енергії**

Об'єкт відновлюваної енергетики	Сонячна енергетика	Вітрова енергетика	Зелена воднева енергетика	Мала гідроенергетика	Біоенергетика	Геотермальна
Географічні чинники						
Геофізичні <i>Землетруси</i>	+*	+*	+*	+*	+*	+*
Геологічні і геоморфологічні <i>Грязьовий вулканізм</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Зсуви, обвали та осипи, осідання (провалля) земної поверхні</i>	+	+	+	-	+	+
<i>Карстові процеси</i>	+	+	+	-	-	+
<i>Ерозійні процеси</i>	+	+	+	-	+	-
Кліматичні <i>Температура атмосферного повітря</i>	+	-	+	+	+	-
<i>Інсоляція</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Альbedo</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Хмарність</i>	+	-	+	-	-	-
<i>Швидкість вітру</i>	-	+	+	-	-	-
<i>Опади</i>	-	-	-	+	+	-
Гідрологічні <i>Поверхневі водні об'єкти</i>	-	-	+	+	+***	-
<i>Підземні води</i>	-	-	+	-	+***	+
<i>Гідрологічні надзвичайні ситуації поверхневих вод</i>	+**	+**	+**	-	+***	-
Агрогрунтові <i>Малопродуктивні та деградовані землі</i>	_****	_****	_****	-	+	-
Суспільні (соціально-економічні)	+	+	+	+	+	+
Екосистемні послуги	+	+	+	+	+	+

Примітки: * – у разі поштовхів понад 6 балів; ** – у разі розміщення об'єкта у заплаві річок; *** – використання води для зрошення полів, де вирощуються енергетичні культури; **** – земельні ділянки використовуються виключно для розміщення об'єктів, проте не є вирішальним чинником розміщення.

Кліматичні чинники. Для розвитку відновлюваної енергетики кліматичні чинники є вирішальним, зокрема для сонячної та вітрової енергетики. Львівська область розташована у межах помірного поясу, а клімат регіону визначено як помірно континентальний. Для розвитку сонячної енергетики головними чинниками виступають температура атмосферного повітря, інсоляція (глобальне горизонтальне і глобальне нахилене випромінювання), альbedo підстилаючої поверхні, сніговий покрив, хмарність та висота Сонця над горизонтом.

За геоданими ресурсу Global Solar Atlas [13] глобальне горизонтальне випромінювання (Global horizontal irradiation, GHI) є найважливішим параметром для розрахунку виробництва енергії та оцінки ефективності плоских фотоелектричних технологій (ФЕП). Для Львівської області цей показник коливається в межах 980 кВт/м² (у Сколівських Бескидах і на вершинах

хребтів Верхньодністровських Бескид) до 1 150 кВт/м² (на Вододільному хребті і на сході Вехньодністерської рівнини).

Для об'єктів вітроенергетики у Львівській області розглянуто показники середньорічної швидкості вітру на висоті 50 і 100 м, оскільки висота сучасних турбін функціонує у цьому проміжку висот. Згідно з геоданими ресурсу Global Wind Atlas [13], середньорічні показники швидкості вітру у регіоні змінюються від 4 (долини річок у межах гірської частини області) до 8 м/с і вище на гірських хребтах. В середньому у низовинних місцевостях області середньорічні швидкості вітру нижчі, ніж на височинних.

Гідрологічні чинники. У формуванні і подальшому розвитку мережі об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області важливу роль відіграють гідрологічні чинники, до яких відносять наявність поверхневих водних об'єктів, забезпеченість підземними водами та ймовірність виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій. Розглянемо детальніше для кожного із зазначених чинників та їх вплив на формування мережі об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні. Наявність поверхневих водних об'єктів має найбільший вплив на розвиток МГЕС, оскільки такі електростанції розміщені в межах русла річки, на греблях водосховищ тощо. У свою чергу наявність водних ресурсів у поверхневих чи підземних водозаборах є однією із важливих передумов розвитку зеленої водневої енергетики.

У разі розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у заплавах річок ймовірний негативний вплив на навколишнє природне середовище під час прояву гідрологічних надзвичайних ситуацій, таких як повінь, паводок, льодохід тощо. У період маловоддя на міні гідроелектростанції припустиме планове припинення роботи електростанції, аж до моменту забезпечення достатнього рівня води у річці. Для об'єктів біоенергетики водні ресурси необхідні для зрошення ділянок, де вирощуються енергетичні культури. Для біоустановок, які використовують для генерації теплової або електричної енергії використання води не передбачено технологічними процесами.

Агрорунтові чинники мають важливий вплив тільки на розвиток біоенергетики, зокрема вирощування енергетичних культур (енергетичної верби, тополі, міскантуса гігантського, цукрового сорго, проса прутіподібного “світчграсу” тощо). У Директиві ЄС 2018/2001 від 11 грудня 2018 р. про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел зазначені вимоги щодо земель, де не повинна вирощуватись сировина для виробництва біопалива [4]. До таких земель відносяться землі з високою цінністю біорізноманіття, землі з високими вуглецевими запасами і торфовища.

Суспільні (соціально-економічні) чинники відіграють важливу роль у розвитку відновлюваної енергетики. До цих чинників відносимо економічне стимулювання, міжнародні зобов'язання України, стратегічні цілі та забезпечення покращення умов життя громад.

Екосистемні послуги. При плануванні і реалізації проектів з відновлюваної енергетики важливо застосовувати екосистемний підхід, який полягає у визначенні взаємозв'язків екосистем з людьми та іншими екосистемами, що є їхньою складовою та є нерозривним від екосистемних послуг.

Екосистемними послугами є всі корисні ресурси і вигоди, які людина може отримати від природи. Від екосистемних послуг залежить задоволення нагальних потреб людини у довкіллі і продуктах харчування, а також визначає рівень життя суспільства [1, 5–10].

Висновки. Географічні чинники мають значний вплив на функціонування і розвиток об'єктів відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема:

- вплив геофізичних чинників на основі історії сейсмічних спостережень у регіоні, відсутність катастрофічних землетрусів та передумов для їхнього виникнення варто оцінювати як мінімальний;
- серед геологічних чинників, найбільший вплив на об'єкти відновлюваної енергетики можуть мати карстові процеси та ерозійні процеси. На сонячних електростанціях, що змонтовані на зовнішніх відвалах, відзначають повільне просідання окремих ділянок,

пов'язане із засипаними карстовими полями та окремими лійками. Будівництво об'єктів відновлюваної енергетики заборонено у зонах активних карстових процесів. За останні десятиліття у Львівській області провідне місце за наслідками та масштабами проявів серед усіх деградаційних процесів посідає водна ерозія;

➤ кліматичні чинники відіграють важливу, нерідко вирішальну, роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. Серед цих чинників виокремимо такі показники як середньорічну температуру атмосферного повітря, інсоляцію сонячної радіації, альbedo земної чи техногенної поверхні, затіненість ділянки і хмарність. Найкращими територіями для розміщення наземних сонячних станцій у регіоні є відкриті рівнинні місцевості, на яких відсутні лісові масиви та інші природно-господарські об'єкти, що можуть служити джерелами затінення фотомодулів. У гірській місцевості спостерігаємо менш сприятливі умови для розміщення сонячних станцій, зокрема через особливості форм рельєфу і високу хмарність;

➤ гідрологічні чинники відіграють важливу роль у функціонуванні та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області, зокрема наявність поверхневих водних об'єктів є головним чинником формування мережі МГЕС, а близькість водних об'єктів під час виникнення гідрологічних надзвичайних ситуацій може мати негативні, інколи катастрофічні, наслідки для окремих об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні. Цей чинник відіграватиме важливе значення на розміщення об'єктів зеленої водневої енергетики у майбутньому. Найоптимальнішими площами для розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у досліджуваному регіоні вважаємо ділянки за межами заплави і першої надзаплавної тераси карпатських річок, а також територій, які можуть потенційно підтоплені під час повеней і паводків. Важливо враховувати природоохоронні обмеження для водних об'єктів, що розміщені у Львівській області під час обґрунтування будівництва об'єктів відновлюваної енергетики;

➤ агроґрунтові чинники мають важливий вплив тільки на розвиток біоенергетики, зокрема вирощування енергетичних культур (енергетичної верби, тополі, міскантуса гігантського, цукрового сорго, проса прутоподібного “світчґрасу”);

➤ суспільні (соціально-економічні) чинники відіграють важливу роль у розвитку відновлюваної енергетики. До цих чинників відносимо економічне стимулювання, міжнародні зобов'язання України, стратегічні цілі та забезпечення покращення умов життя громад. Одним із головних механізмів стимулювання розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області є “зелений” тариф, який розглядають як перспективу ринку електроенергії.

Під час проектування та експлуатації об'єктів відновлюваної енергетики у регіоні надзвичайно важливим є врахування екосистемних послуг території, де здійснюється планована діяльність, або яка може зазнати впливу від діяльності цих об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги : огляд / БО “БФ “Фонд захисту біорізноманіття України”. Київ, 2020. 84 с. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/EcoPosluga_web_new.pdf.
2. Геоекологія Львівської області : монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
3. ДБН В.1.1-12-2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Державні будівельні норми України. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 110 с.
4. Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 р. “Про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел” (нова редакція). URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/direktiva-evropeyskogo-parlamentu-i-radi-es-2018-2001.pdf>.
5. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Гідрологічні чинники та їхня роль у розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки* : наук.-практ. журн. 2023. № 4 (49). С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.14>.

6. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Вплив карстових процесів на об'єкти відновлюваної енергетики у Львівській області. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : зб. матер. VIII Міжнарод. молодіжн. конгрес. Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2023. С. 93.
7. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Кліматичні чинники та їхня роль у розвитку сонячної енергетики у Львівській області. *Екологічні науки* : наук.-практ. журн. 2022. № 6(45) С. 54–59. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.9>.
8. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А. Сейсмічні явища та їх вплив на розвиток відновлюваної енергетики у Львівській області. *Географічна освіта і наука: виклики і поступ* : матер. міжнарод. наук.-практ. конф. У 3-ох т. Львів : Простір-М, 2023. Т. 3. С. 61–65.
9. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Циганок Л. В. Суспільні (соціально-економічні) чинники розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2024. Вип. 20. С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2024-20-5>.
10. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Циганок Л. В., Вижва А. М., Абдуллаєв Ф. Ш., Лопушанська Ю. Р. Роль географічних чинників у розвитку біоенергетики у Львівській області. *Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті* : матер. XXV-ої міжнарод. наук.-практ. конф. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2024. С. 489–490.
11. Національний класифікатор. ДК 019:2010 “Класифікатор надзвичайних ситуацій” / Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>.
12. Сейсмічне мікрорайонування майданчика будівництва ВЕС 40 МВт на території Лавочненської, Верхнічківської, Хітарської, Жупанської та Ополицької сільської ради Сколівського р-ну Львівської обл. / Фондові матеріали ТОВ “Атлас Глобал Енерджи”. Сколе–Львів, 2018. 105 с.
13. Global Solar Atlas : офіційний сайт. URL: <https://globalsolaratlas.info/map>.