

# Можливість використання порушених гірничими роботами територій Кривбасу для розвитку вітроенергетики

Ольга Медведєва , Заряна Гальченко ,  
Олексій Демченко 

**Purpose.** Determination of the Natural Resource Potential of the Territories Disturbed by Mining Operations of Mining and Processing Plants on the Example of the Territories of the Kryvyi Rih Mining Region. **Design / Method / Approach.** The article considers the feasibility of using the territories disturbed by mining operations, in particular, waste heaps in Kryvbas, for the placement of wind power plants. On the basis of the research conducted, the authors have proved the efficiency of using wind turbines with a vertical axis of rotation. Calculation of wind energy potential for vertical and horizontal wind turbines in Kryvyi Rih. **Findings.** Areas disturbed by mining operations are promising for wind energy. It is advisable to install wind turbines with a vertical axis of rotation on waste heaps. This makes sense from an economic and environmental point of view. **Theoretical Implications.** Today, wind energy has not been studied enough, which makes it an interesting area for research. **Practical Implications.** The use of areas disturbed by mining operations for wind power allows enterprises to have energy independence for important technological processes and reduces the environmental impact. **Originality / Value.** In today's environment, industry is energy-intensive and energy-dependent, so using areas disturbed by mining operations for wind power is an innovative approach. The use of wind farms in areas with low wind speeds (such as Kryvbas) is a new approach to providing mining companies with renewable and environmentally friendly electricity. **Research Limitations / Future Research.** The authors plan to further study wind power plants, select optimal designs and calculate technological parameters for their installation. Study of the peculiarities of post-manufacturing landscapes of Kryvbas for the placement of wind power plants. **Paper Type.** Analytical Paper.

## Keywords:

wind energy, post-man-made landscapes, waste heaps, natural resourcpotential potential, vertical axis turbines, horizontal axis turbines, energy independence

---

## Contributor Details:

Olha Medvedieva, Dr.Sc., Senior Researcher, M. S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine: Dnipro, UA, medvedevaolga1702@gmail.com

Zariana Halchenko, MSc, PhD Student, M. S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine: Dnipro, UA, zhalchenko85@gmail.com

Oleksii Demchenko, PhD Student, Ukrainian State University of Science and Technologies: Dnipro, UA, dem4enkoalex@gmail.com

---



Гірнича промисловість є одним з найбільш потужних факторів антропогенного впливу на ландшафт. В районах розробки корисних копалин відбуваються локальні порушення природних ландшафтів. Велика кількість і широке розповсюдження кар'єрів з розробки корисних копалин та відвали розкритих порід суттєво впливають на загальний фон природних ландшафтів. Розрізняють прямий та непрямий вплив гірничого виробництва на природні ландшафти.

Прямий вплив складається з руйнування та перетворення ландшафтів процесами техногенної денудації та акумуляції, які відбуваються безпосередньо при гірничодобувній діяльності.

Непрямий вплив гірничодобувних підприємств полягає в забрудненні природних об'єктів токсичними викидами і скидами, забруднювачами, які розсіюються при дефляції відвалів, експлуатації енергетичних об'єктів, підприємств з переробки видобутих корисних копалин. Тривалий або інтенсивний вплив на природні ґрунтово-рослинні компоненти ландшафту призводять до їх повної деструкції і наступну активізацію природних екзогенних процесів, водної або вітрової ерозії, що, в першу чергу, призводить до порушення земель, а в подальшому повному перетворенню існуючих раніше ландшафтів і втраті ними попередньої продуктивності.

В результаті в гірничопромислових районах формуються нові за своїм генезисом, структурою і функціонуванням техногенні ландшафти. На сучасному етапі найважливішими завданнями раціонального природокористування гірничодобувних регіонів є: комплексне використання мінеральних ресурсів, видобутих із надр, охорона природного середовища, економічна ефективність існування ландшафту. Вирішення цих завдань пов'язане з визначенням поняття природно-ресурсного потенціалу ландшафту і в результаті розробкою принципово нових і вдосконаленням існуючих технологій вилучення корисних компонентів з надр, комплексної переробки видобутої мінеральної сировини із застосуванням замкнених і маловідходних схем, використання посттехногенних ландшафтів як ділянок для розміщення об'єктів альтернативної енергетики.

## **Мета**

Розглянути доцільність використання порушених гірничими роботами територій, зокрема породних відвалів Кривбасу, для встановлення вітроенергетичних установок (ВЕУ). Доказати ефективність використання ВЕУ з вертикальною віссю обертання

## **Матеріали та методи**

Природно-ресурсний потенціал – це здатність природного комплексу або окремих його компонентів задовольняти потреби суспільства в енергії, сировині, здійснювати різні види господарської діяльності.

В гірничодобувних районах, зокрема і в Кривбасі, природно-ресурсний потенціал складають порушені гірничими роботами території. Необхідно

враховувати і той факт, що негативний вплив порушених гірничими роботами територій на навколишнє середовище з часом в більшості випадків тільки посилюється, тому дуже важливо знайти можливість їхнього використання.

Проблема порушених гірничими роботами територій погіршується двома факторами – високою концентрацією гірничого виробництва – і близькістю гірничодобувних підприємств до житлової забудови. Великі порушення природних ландшафтів спостерігаються в тих місцях, де ділянки відкритих гірничих робіт чергуються або знаходяться на одних площинах з підземним видобутком.

Із розвитком добувної промисловості гостро постає проблема техногенно порушених територій. Крім прямого економічного збитку, пов'язаного з вилученням продуктивних угідь, порушені землі наносять навколишньому природному середовищу серйозний екологічний збиток.

Техногенний вплив на порушених гірничими роботами територіях полягає у наступному:

- знищення первинних природних ландшафтів або їхня глибока трансформація;

- вилучення з природного середовища корисних копалин; земельних ресурсів; рослинності; поверхневих та підземних вод;

- внесення в навколишнє середовище забруднюючих речовин в твердій фазі (розкриті породи, пуста порода, хвости збагачення, запилювання відвалів і териконів, пил від вибухів у кар'єрах); в рідкій фазі (рудничні і шахтні води, стічні води, пульпа, шлами); в газоподібному вигляді (вентиляційні викиди шахтних і рудничних газів, газоподібні речовини від вибухів в кар'єрах);

- зміна геофізичних і фізичних полів – гравітаційного, електричного, магнітного, температурного; електромагнітного випромінювання; шуму (Півняк et al., 2015).

Особливий вплив на появу порушених земель надають відкриті та підземні гірничі роботи.

На сучасному етапі найважливішими завданнями раціонального природокористування гірничодобувних регіонів є комплексне використання мінеральних ресурсів, що видобуті з надр, охорона природного середовища, економічна ефективність існування ландшафту.

Ландшафти Криворізького гірничодобувного регіону в значній мірі обумовлені промисловою діяльністю та гірничим видобутком. Наявність великої кількості відчужених земель є перспективою ефективного використання техногенно порушених земель в гірничодобувних регіонах. Зараз Криворізький залізорудний комплекс представлений 5 гірничо-збагачувальними комбінатами з 9 кар'єрами, 8 діючими шахтами, а також низкою допоміжних структур. Загальна площа відчужених земель в Криворіжжі становить 69,9 тис. га. З них під кар'єри відведено 15%, під відвали – 25%, під хвостосховища – 28%. Але з порушених площ рекультивовано всього близько 1%, а близько 8% площ знаходяться поза проведенням гірничих робіт і не

використовуються в сільському господарстві. Таким чином, існують перспективи використання альтернативних джерел енергії в умовах техногенно змінених ландшафтів гірничодобувних регіонів країни (Korach et al., 2022; Шапар et al., 2015).

## Обговорення та результати

Дуже цікавими і перспективними, в контексті ефективного використання порушених гірничими роботами територій, є можливості використання посттехногенних ландшафтів для розміщення відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), зокрема вітроенергетики (Rogers et al., 2006).

В Україні у промислових масштабах застосовуються вітрогенератори із горизонтальною віссю обертання. Стартова швидкість вітру для вітрогенераторів з горизонтальною віссю обертання становить 3,5-4,5 м/с, а номінальна – 8-12 м/с. Ці цифри притаманні для території Азовського узбережжя, але в цілому для більшості території України середня швидкість вітру складає улітку 3-6 м/с, узимку вітри сильніші – 5-8 м/с, тому для більшості території країни (в тому числі і Кривбасу) використання вітрогенераторів з горизонтальною віссю обертання є неможливим. Тому для умов Кривбасу доцільно розглянути інший вид вітрогенераторів – з вертикальною віссю обертання. Стартова швидкість таких вітрогенераторів складає 0,5 м/с і при швидкості вітру вже 3 м/с вітрогенератор може виходити на свою номінальну потужність (Климчук, 2016).

З екологічної точки зору, крім явних переваг використання вітрогенераторів, таких як: відсутність викидів і скидів, безпечність для тварин і птахів, низький рівень шуму тощо, суттєвим стає те, що для їх розташування можна і доцільно використовувати земельні ділянки, які виведені з використання за призначенням, тобто техногенно порушені землі. До них можна віднести малозаселені регіони, пустощі та виведені з дії земельні ділянки, на яких розташовано об'єкти гірничих підприємств. Наприклад, це доцільно для територій Кривбасу, де існує багато порушених гірничими роботами вільних територій. Більш раціональним і перспективним є можливість використання техногенно порушених земель для встановлення вітроенергетичних установок. Наприклад, можна розташовувати ВЕУ на породних відвалах різних висот, тим самим збільшуючи виробництво електроенергії. Середня швидкість вітру на висоті 10 м дорівнює 6 м/сек, то на висоті 100 м – вже 9,6 м/сек. Таким чином, на високих відвалах вітроенергетичний потенціал буде на 60% перевищувати рівнинний. На території міста Кривий Ріг налічується 19 відвалів розкривних порід і некондиційних руд, які займають площу близько 6,0 тис. га, а середньорічна швидкість вітру складає 2,5-3,5 м/с – ці землі є придатними для встановлення на них малих ВЕУ з вертикальною віссю обертання. В таблиці 1 представлено розрахунок вітроенергетичного потенціалу в умовах м. Кривий Ріг для вертикальних і горизонтальних ВЕУ (Medvedieva et al., 2024; Cedar Lake Ventures, Inc., 2021). З таблиці 1 видно, що для умов Кривого Рогу більш ефективним є застосування вертикальних ВЕУ, причому доведено, що їх ефективність стрімко зростає з висотою, а вироблення

електроенергії починається на більш низьких швидкостях вітру.

**Таблиця 1 – Розрахунок вітроенергетичного потенціалу для вертикальних і горизонтальних ВЕУ в умовах м. Кривий Ріг за 2021 рік (Джерело: Medvedieva et al., 2024)**

Кількість днів з вітром	Середньорічна швидкість вітру на висоті установки ВЕУ		Потужність вертикального вітряка на висоті, %		Виробництво електроенергії кВт·днів для вертикальної ВЕУ (500 кВт) на висоті		Потужність горизонтального вітряка на висоті, %		Виробництво електроенергії кВт·днів для горизонтальної ВЕУ (500 кВт) на висоті	
	20 м	100 м	20 м	100 м	20 м	100 м	20 м	100 м	20 м	100 м
12	1,15	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-
68	2,3	3,2	2	6	680	2040	-	-	-	-
97	3,45	4,8	10	21	4850	10185	-	-	-	-
81	4,6	6,4	20	40	8100	16200	-	4	-	1620
50	5,75	8	32	57	8000	14250	3	12	750	3000
29	6,9	9,6	46	80	6670	11600	7	20	1015	2900
13	8,05	11,2	57	100	3705	6500	12	48	780	3120
7	9,2	12,8	71	100	2485	3500	22	78	770	2730
4	10,35	14,4	86	100	1720	2000	39	100	780	2000
4	11,5	16	100	100	2000	2000	58	100	1160	2000
					За рік <b>38210</b>	За рік <b>68275</b>			За рік <b>5255</b>	За рік <b>17370</b>

Виходячи з результатів розрахунку (таблиця 1), при розташуванні вітроагрегатів на висоті 20 м, в умовах Кривого Рогу вертикальні вітроенергетичні установки можуть виробляти електроенергії більше ніж в 7 разів за традиційні (горизонтальні). Кількість виробленої електроенергії збільшується з висотою розташування ВЕУ.

Розташування горизонтальних вітроенергетичних установок на поверхні високого відвалу висотою 100 м збільшує кількість виробленої електроенергії з 5255 кВт·днів до 17370 кВт·днів, тобто в 3,3 рази.

Вертикальна вітроенергетична установка при аналогічних умовах розташування збільшує кількість виробленої енергії з 38210 до 68275 кВт·днів, тобто в 1,8 рази.

Порівнюючи показники вертикальних та горизонтальних установок при їх розташуванні на відвалах (68275:17370 кВт·днів) можна зробити висновок, що ефективність вертикальних ВЕУ зростає в 3,9 рази.

## Висновки

Природно-ресурсний потенціал – сукупність природних ресурсів території, що визначає міру можливого використання (при заданих технічних і соціально-економічних можливостях і при умові дотримання екологічних обмежень) компонентами природного середовища з урахуванням їхньої здатності до відновлення. Відображає ступінь участі компонентів природного середовища в задовільненні різноманітних потреб суспільства. Негативний вплив порушених гірничими роботами територій на навколишнє

середовище з часом в більшості випадків тільки посилюється, тому дуже важливо їхнє подальше використання. Таким чином необхідно знайти можливість, не повного відновлення цих територій, а ефективного їх залучення у господарську діяльність регіону.

Для Кривбасу існує можливість залучення порушених гірничими роботами територій для вітроенергетики. При виробництві електроенергії ВЕУ не забруднюють ні повітря, ні воду, ні ґрунт і не виробляють небезпечних відходів. Доказана ефективність використання вертикальних ВЕУ.

## Посилання

- Cedar Lake Ventures, Inc. (2021). *2021 Past Weather at Kryvyi Rih/Lozuvatka International Airport*. Weather Spark. <https://weatherspark.com/h/y/148677/2021/Historical-Weather-during-2021-at-Kryvyi-Rih-Lozuvatka-International-Airport-Ukraine>
- Копач, Р., Yakubenko, L., Mormul, T., Danko, T., Gorobets, N., & Halchenko, Z. (2022). Assessment of natural resource potential of territories disturbed by mining works in the context of effective use of post-technogenic landscape. *Geo-Technical mechanics Interdepartmental collection of scientific works*, (162), 38–47. <https://doi.org/10.15407/geotm2022.162.038>
- Medvedieva, O. O., Lariouov, H. I., & Halchenko, Z. C. (2024). To the selection of technology parameters for the use of renewable energy sources on man-made disturbed lands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1319(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1319/1/012011>
- Rogers, A. L., Manwell, J. F., & Wright, S. (2006). Wind turbine acoustic noise. *Renewable Energy Research Laboratory, Amherst: University of Massachusetts*. <https://www.wind-watch.org/documents/wind-turbine-acoustic-noise/>
- Климчук, А. (2016). *Вертикальні та горизонтальні вітрогенератори: порівняння та переваги*. Енергія природи. <https://alternative-energy.com.ua/uk/vertikalni-ta-gorizontalni-vitrogeneratori-porivnyannya-ta-perevagi/>
- Півняк, Г., Шкрабець, Ф., Нойбергер, Н., & Ципленков, Д. (2015). *Основи вітроенергетики*. Національний гірничий університет. <https://core.ac.uk/download/pdf/48405972.pdf>
- Шапар, А. Г., Емець, М. А., & Копач, П. І. (2015). Перспективи використання альтернативних джерел енергії в умовах техногенно змінених ландшафтів у гірничодобувних регіонах. *Екологія і природокористування*, 19, 20–30. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecolpr\\_2015\\_19\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecolpr_2015_19_5)