

Павлик А.В.

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

*У цій статті проаналізовані результати досліджень позитивних та негативних еколого-економічних наслідків використання відновлюваних джерел енергії. Розглянуто декілька методів для оцінювання наслідків широкомасштабного використання. Запропоновано узагальнення можливих наслідків упровадження відновлювальних джерел енергії.*

**Ключові слова:** відновлювальні джерела енергії, відновлювана енергетика, еколого-економічні наслідки, екологоорієнтований розвиток.

**Постановка проблеми.** Загальна думка стосовно відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) базується на аксіомі, що енергія, одержана за рахунок ВДЕ, є чистою, а широкомасштабне її використання приведе до зменшення викидів CO<sub>2</sub> та антропогенного впливу на навколишнє середовище (далі – НС). Із боку наукової спільноти поширюється думка про необхідність детальних досліджень наслідків широкомасштабного впровадження та використання ВДЕ.

На сьогодні виявлено вплив вітряних електростанцій на птахів та інших літунів. Сонячні електростанції потребують охолодження та можуть підвищувати температуру над поверхнею панелей. У свою чергу, великі об'єкти одержання теплової чи електричної енергії від геотермальних джерел потребують великої кількості води для їх функціонування.

У загальному виробництві енергії в Україні за видами енергоресурсів ВДЕ має дуже малий відсоток. Із цієї причини необхідно аналізувати міжнародний досвід упровадження різних видів ВДЕ для розуміння наслідків від їх використання для країни в цілому та для кожного її мешканця.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У своїх дослідженнях Н. Г. Шейх (N. J. Sheikh) [14], У. Аль-фаруг (U. Al-faruq) [1], А. Еванс (A. Evans) [5], В. Моутиньо (V. Moutinho) [10], А. Н. Менегаки (A. N. Menegaki) [9], Ю. Фенг (Yu. Fang) [6] та С. Чо (S. Cho) [4] приділяють увагу таким питанням, як економічний ефект від упровадження [6, 16], кореляція економічних показників із кількістю впроваджених ВДЕ [2, 9, 12] та перспектив і екологічних наслідків їх використання [1, 5]. Основна частина досліджень присвячена певним аспектам і наслідкам використання відновлювальних джерел енергії, проте питання економічних, екологічних та

інших наслідків, їх перелік та масштаб при використанні відновлювальних джерел енергії є невіршеною частиною загальної проблеми.

**Формулювання цілей статті.** Основна мета статті полягає в детальному дослідженні негативних та позитивних наслідків від упровадження ВДЕ. Необхідне чітке розуміння впливу на еколого-економічні показники від широкомасштабного використання ВДЕ.

**Опис основного матеріалу дослідження.** За визначенням еколого-економічний вплив ВДЕ на навколишнє середовище – це грошове оцінювання зміни екологічних параметрів навколишнього середовища, що відбувається під впливом суспільного виробництва. Цей вплив може бути як позитивним (прибуток), так і негативним (збиток).

Як згадувалося раніше, загальна думка полягає в тому, що енергія, одержана за рахунок ВДЕ, є чистою, а її використання приводить до зменшення викидів CO<sub>2</sub> та антропогенного впливу на НС. Із цього приводу Г. М. Філіпсен (G. J. M. Phylipsen) [11] пропонує оцінювати весь цикл виробництва продукції та враховувати вплив відходів основного виробництва на НС. Таке дослідження проведене Л. Шлейснер (L. Schleisner) [13, 15], що було спрямоване на оцінювання впливу вітрових електростанцій на мігруючих птахів.

А. Еванс [5] оцінювала кількість викидів CO<sub>2</sub> під час виробництва 1 кВт енергії (див. табл. 1). Дані таблиці є усередненими і в різних країнах можуть мати відхилення. Розбіжність показників при порівнянні викопних джерел енергії з ВДЕ вражаюча, проте, незважаючи на малу кількість викидів, їх необхідно враховувати під час оцінювання загального ефекту від упровадження. Досліджуючи весь життєвий цикл виробництва енергії за джерелами, зокрема негативний вплив на НС під час виробництва обладнання, найменшим за викидами CO<sub>2</sub> в атмосферу серед інших ВДЕ є вітрова енергія, яка має показник

25 г CO<sub>2</sub>/1 кВт · г, що у 40 разів менше за викиди CO<sub>2</sub> від вугілля.

Цей метод має певні недоліки у своїх розрахунках, як зазначає Л. Гегнон (L. Gagnon)

та співавтори [7]. Він не враховує подвійного ефекту від гідроелектростанцій або фактор надійності електропостачання.

Таблиця 1

**Ціна та кількість викидів CO<sub>2</sub> під час виробництва електроенергії за різними видами джерел енергетичних ресурсів [5]**

Вид електростанції	Дол. США/кВт · г	г CO <sub>2</sub> /кВт · г
СЕС	0,24	90
ВЕС	0,07	25
ГЕС	0,05	41
Геотермальна електростанція	0,07	170
ТЕЦ (вугілля)	0,042	1 004
ТЕЦ (газ)	0,048	543

Стосовно гідроелектростанцій важливо звернути увагу на фактор поверхневого випаровування води на водосховищах під час роботи ГЕС. Складно врахувати ці втрати води. Їх величина значно варіюється залежно від розміру греблі, об'єму на квадратний метр і температури навколишнього середовища, як зазначає Х. Інхейбер (H. Inhaber) [8]. Ще складніше врахувати випаровування за відсутності греблі для їх порівняння, адже ця вода все одно випаровується з річок та озер із природних причин. Як і у випадку з усіма методами аналізу, існує також складність привласнення повної вартості для більш гнучких варіантів генерації [3, 5].

Х. Інхейбер [8] у своїх публікаціях звертає увагу на використання води для функціонування різних видів ВДЕ. Вона підкреслює складність одержання достовірних даних щодо вилучення води (взята вода, потім повернена в обіг) та спожитої води (вода вилучена з обігу) (табл. 2).

У загальному порівнянні щодо впливу на НС вітрові електростанції мають кращі позиції, проте існує перелік специфічних наслідків від їх впровадження. Наприклад, шум від роботи, що впливає не лише на тваринний і рослинний світ, а й спричинює занепокоєння та незадоволення з боку місцевих жителів.

Таблиця 2

**Потреби у воді різних видів джерел енергетичних ресурсів [8]**

Джерело енергії	Витрати води у літрах на 1 кВт · г
СЕС	10
ВЕС	1
ГЕС	36
Геотермальна енергія	12–300
ТЕЦ (вугілля)	78
ТЕЦ (газ)	78

Частина цього шуму має інфразвук на частотах, нижчих ніж звуковий діапазон людини. Цей інфразвук може призвести до вібрації будинків та інших споруд, він породжується турбулентністю, що встановлюється обертовими лопатями, і взаємодіє зі структурою вежі. Також існує можливість зменшення швидкості вітру при використанні численного обладнання у

великих вітрових парках, а в деяких випадках може впливати на радіосигнали.

Кожний із видів ВДЕ має свої недоліки, які необхідно враховувати під час оцінювання їх використання, проте перелік і розмір цього впливу потребують подальшого дослідження. Пропонується узагальнення еколого-економічних наслідків від використання ВДЕ за

стадіями життєвого циклу (табл. 3). Воно дозволить дослідити можливі негативні ефекти від використання ВДЕ на етапі планування та вжити заходів для мінімізування впливу на НС.

Таблиця 3

## Узагальнені еколого-економічні наслідки впровадження ВДЕ\*

Стадія життєвого циклу ВДЕ	Екологічний наслідок
<b>Будівництво</b>	1. Збитки від виробництва компонентів обладнання ВДЕ (упродовж усього життєвого циклу). 2. Зміна ландшафту.
<b>Використання</b>	1. Негативний вплив на тваринний та рослинний світ регіону. 2. Негативний вплив на природні ресурси: повітря, воду, ґрунту. 3. Шумове забруднення. 4. Наявність електромагнітного фону. 5. Наявність вібрації. 6. Токсичність викидів та скидів.
<b>Утилізація</b>	1. Знешкодження відходів від використання обладнання ВДЕ. 2. Утилізація елементів обладнання ВДЕ після закінчення терміну його експлуатації.

\* Авторська пропозиція

Ці наслідки є загальним переліком можливих еколого-економічних наслідків. Таке узагальнення має свої недоліки, проте кожен з видів ВДЕ має свої особливості і наслідки і їх важко порівнювати між собою. На нашу думку, слід виділити можливі еколого-економічні наслідки використання всіх видів ВДЕ, оцінити вплив кожного наслідку окремо, а останнім кроком проаналізувати загальний об'єм впливу

використовуючи попередню оцінку. Для вирішення проблеми оцінки, першим кроком буде дослідження можливих еколого-економічних наслідків використання ВДЕ за стадіями життєвого циклу.

Для більш достовірної оцінки впливу від використання та впровадження ВДЕ слід враховувати не тільки негативні наслідки, а враховувати і позитивні ефекти (табл. 4).

Таблиця 4

## Основні сильні сторони та недоліки вироблення енергії за рахунок ВДЕ\*

Джерело	Позитивні риси	Негативні риси
<b>Сонячні панелі</b>	- З кожним роком зниження вартості обладнання; - Потребують мінімального обслуговування; - Виробляють енергію без участі людини; - Нескінченне джерело енергії; - Може використовувати дах будівель для розташування в заселених районах; - Великий термін експлуатації.	- Висока ціна на комплексне обладнання та установку; - Низьке ККД; - Пряма залежність від кількості сонячного випромінювання; - Потребують великої кількості води для охолодження; - Зіткнення деяких видів птахів з поверхнею панелей; - Потребує систему акумуляування енергії; - Для виробництва великої кількості енергії необхідна велика площа.
<b>Вітрові електростанції</b>	- Нескінченне джерело енергії; - Потребує мінімального обслуговування; - Великий термін експлуатації; - Простий тип конструкції.	- Висока ціна на комплексне обладнання та установку; - Період окупності складає 5-6 років; - Постійно змінюється сила та напрям вітру; - Потребує систему акумуляування енергії; - Наявність вібрації під час роботи електростанцій; - Наявність шумового забруднення; - Зіткнення птахів з конструкціями; - Для виробництва великої кількості енергії необхідна велика площа.

<p>Гідроелектростанції (міні)</p>	<p>- Нескінченне джерело енергії; - Немає потреби в будівництві дамб чи водосховищ; - Стабільне джерело енергії.</p>	<p>- Висока ціна на комплексне обладнання та установку; - Наявність місць з достатньою швидкістю руху води; - Вплив пори року на кількість виробленої енергії; - Наявність обслуговуючого персоналу; - Велика кількість може знизити швидкість течії в річці; - Для виробництва великої кількості енергії необхідна велика площа.</p>
---------------------------------------	--	---

\* Авторська пропозиція

Кожний із видів ВДЕ має певні вимоги до території, де розміщується. Цей показник істотно впливає на еколого-економічні результати використання ВДЕ. З цієї причини певні ВДЕ доцільно використовувати в одній місцевості та зовсім недоцільно – в іншій. Перелік позитивних та негативних наслідків використання ВДЕ постійно поповнюється.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** У кожного з видів ВДЕ є свої сильні та слабкі сторони. У кожного з видів ВДЕ є певні вимоги до території, до якості енергії, що перетворюється, та інші. Запобігання негативних

наслідків використання ВДЕ дозволить створити модель суспільства з мінімальним впливом на НС при задоволенні потреб в енергії. Ці фактори впливають на економічну доцільність впровадження, що має суттєвий вплив на кінцевий висновок, щодо доцільності використання певного виду ВДЕ. Для об'єктивної та достовірної оцінки використання ВДЕ слід враховувати всі негативні та позитивні наслідки під час всього життєвого циклу ВДЕ.

Подальшого дослідження потребує питання порівняння наслідків використання ВДЕ між собою, їх оцінка та вартісний вираз.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al-faruq U., Rianawati E., Sagala S., Currie E. Assessment of Renewable Energy Impact to Community Resilience in Sumba Island // Resilience Development Initiative. – 2016. – № 9. – С. 3–14.
2. Apergis N., Payne J. E. Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries // Energy policy. – 2010. – Т. 38. – № 1. – С. 656–660.
3. Chapman C., Ward S. Valuing the flexibility of alternative sources of power generation // Energy Policy. – 1996. – Т. 24. – № 2. – С. 129–136.
4. Cho S., Heo E., Kim J. Causal relationship between renewable energy consumption and economic growth: comparison between developed and less-developed countries // Geosystem Engineering. – 2015. – Т. 18. – № 6. – С. 284–291.
5. Evans A., Strezov V., Evans T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies // Renewable and sustainable energy reviews. – 2009. – Т. 13. – № 5. – С. 1082–1088.
6. Fang Y. Economic welfare impacts from renewable energy consumption: the China experience // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Т. 15. – № 9. – С. 5120–5128.
7. Gagnon L., Belanger C., Uchiyama Y. Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001 // Energy policy. – 2002. – Т. 30. – № 14. – С. 1267–1278.
8. Inhaber H. Water use in renewable and conventional electricity production // Energy Sources. – 2004. – Т. 26. – № 3. – С. 309–322.
9. Menegaki A. N. Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis // Energy Economics. – 2011. – Т. 33. – № 2. – С. 257–263.
10. Moutinho V. Is the share of renewable energy sources determining the CO2 kWh and income relation in electricity generation? / V. Moutinho, M. Robaina // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Т. 65. – С. 902–914.
11. Philipsen G. J. M. et al. Environmental life-cycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules. – Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, 1995.
12. Sadorsky P. Renewable energy consumption and income in emerging economies // Energy policy. – 2009. – Т. 37. – № 10. – С. 4021–4028.
13. Schleisner L. Life cycle assessment of a wind farm and related externalities // Renewable energy. – 2000. – Т. 20. – № 3. – С. 279–288.
14. Sheikh N. J., Kocaoglu D. F., Lutzenhiser L. Social and political impacts of renewable energy: Literature review // Technological Forecasting and Social Change. – 2016. – Т. 108. – С. 102–110.

15. Stewart G. B., Pullin A. S., Coles C. F. Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds // Environmental Conservation. – 2007. – Т. 34. – № 1. – С. 1–11.

16. Tiwari A. K. et al. A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: evidence from India // Economics Bulletin. – 2011. – Т. 31. – № 2. – С. 1793–1806.

## REFERENCES

1. Al-faruq U., Rianawati E., Sagala S., Currie E. Assessment of Renewable Energy Impact to Community Resilience in Sumba Island // Resilience Development Initiative. – 2016. – № 9. – P. 3–14.

2. Apergis N., Payne J. E. Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries // Energy policy. – 2010. – Т. 38. – № 1. – P. 656–660.

3. Chapman C., Ward S. Valuing the flexibility of alternative sources of power generation // Energy Policy. – 1996. – Т. 24. – № 2. – P. 129–136.

4. Cho S., Heo E., Kim J. Causal relationship between renewable energy consumption and economic growth: comparison between developed and less-developed countries // Geosystem Engineering. – 2015. – Т. 18. – № 6. – P. 284–291.

5. Evans A., Strezov V., Evans T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies // Renewable and sustainable energy reviews. – 2009. – Т. 13. – № 5. – P. 1082–1088.

6. Fang Y. Economic welfare impacts from renewable energy consumption: the China experience // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Т. 15. – № 9. – P. 5120–5128.

7. Gagnon L., Belanger C., Uchiyama Y. Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001 // Energy policy. – 2002. – Т. 30. – № 14. – P. 1267–1278.

8. Inhaber H. Water use in renewable and conventional electricity production // Energy Sources. – 2004. – Т. 26. – № 3. – P. 309–322.

9. Menegaki A. N. Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis // Energy Economics. – 2011. – Т. 33. – № 2. – P. 257–263.

10. Moutinho V. Is the share of renewable energy sources determining the CO2 kWh and income relation in electricity generation? / V. Moutinho, M. Robaina // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Т. 65. – P. 902–914.

11. Phylipsen G. J. M. et al. Environmental life-cycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules. – Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, 1995.

12. Sadorsky P. Renewable energy consumption and income in emerging economies // Energy policy. – 2009. – Т. 37. – № 10. – P. 4021–4028.

13. Schleisner L. Life cycle assessment of a wind farm and related externalities // Renewable energy. – 2000. – Т. 20. – № 3. – P. 279–288.

14. Sheikh N. J., Kocaoglu D. F., Lutzenhiser L. Social and political impacts of renewable energy: Literature review // Technological Forecasting and Social Change. – 2016. – Т. 108. – P. 102–110.

15. Stewart G. B., Pullin A. S., Coles C. F. Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds // Environmental Conservation. – 2007. – Т. 34. – № 1. – P. 1–11.

16. Tiwari A. K. et al. A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: evidence from India // Economics Bulletin. – 2011. – Т. 31. – № 2. – P. 1793–1806.

Одержано 14.09.2017 р.