

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

© 2017 ЄЛІСЄЄВА О. К., ХАЗАН П. В.

УДК 311.17:338.(1+3):621.311.24 (477+100)

Єлісєєва О. К., Хазан П. В. Оцінювання впливу відновлюваної енергетики на соціально-економічні показники

Відновлювані джерела енергії збільшують частку в енергетичному секторі через низку суттєвих загроз, які несуть викиди, скиди та відходи від виробництва енергії за рахунок екологічно небезпечних та економічно неприйнятних технологій. У статті досліджено залежність між споживанням енергії на душу населення, ВВП і тривалістю життя. Залежності, які включають в себе економічний, соціальний та екологічний фактори, представлені поліномами, в яких виражено вплив кожного з факторів, а також їх взаємний вплив. Ступінь поліному залежить від кількості факторів, що мають вплив на процеси, які описує ця залежність. У країнах з розвиненими економікою та, відповідно, системою медичного обслуговування існує більша кореляція між показниками виробництва енергії з відновлюваних джерел, ВВП і тривалістю життя, ніж у країнах, що розвиваються.

Ключові слова: відновлювана енергетика, енергопостачання, статистичне оцінювання, відновлювані джерела енергії, інвестування, сталий розвиток, стала енергетика, ВВП.

Рис.: 4. Формул.: 4. Бібл.: 18.

Єлісєєва Оксана Костянтинівна – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри статистики, обліку та економічної інформатики, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (пр. Гагаріна, 72, Дніпро, 49000, Україна)

E-mail: yelisyeyeva.o@ef.dnulive.dp.ua

Хазан Павло Вікторович – здобувач, Національна академія статистики, обліку та аудиту (вул. Підгірна, 1, Київ, 04107, Україна)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

УДК 311.17:338.(1+3):621.311.24 (477+100)

Елисеєва О. К., Хазан П. В. Оценивание влияния возобновляемой энергии на социально-экономические показатели

Возобновляемые источники энергии увеличивают долю в энергетическом секторе из-за ряда существенных угроз, которые несут выбросы, сбросы и отходы от производства энергии за счет экологически опасных и экономически неприемлемых технологий. В статье исследована зависимость между потреблением энергии на душу населения, ВВП и продолжительностью жизни. Зависимости, которые включают в себя экономический, социальный и экологический факторы, представлены полиномами, в которых выражено влияние каждого из факторов, а также их взаимное влияние. Степень полинома зависит от количества факторов, влияющих на процессы, которые описывает эта зависимость. В странах с развитой экономикой и, соответственно, системой медицинского обслуживания существует большая корреляция между показателями производства энергии из возобновляемых источников, ВВП и продолжительностью жизни, чем в развивающихся странах.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, энергоснабжение, статистическое оценивание, возобновляемые источники энергии, инвестирование, устойчивое развитие, ВВП.

Рис.: 4. Формул.: 4. Библ.: 18.

Елисеєва Оксана Константиновна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой статистики, учета и экономической информатики, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (пр. Гагарина, 72, Днепр, 49000, Украина)

E-mail: yelisyeyeva.o@ef.dnulive.dp.ua

Хазан Павел Викторович – соискатель, Национальная академия статистики, учета и аудита (ул. Подгорная, 1, Киев, 04107, Украина)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

UDC 311.17:338.(1+3):621.311.24 (477+100)

Yelisieieva O. K., Khazan P. V. Assessing the Impact of Renewable Energy on the Socio-Economic Indicators

Renewable energy sources increase their share in the energy sector because of a number of significant threats resulting from emissions, discharges and wastes from energy production through environmentally-dangerous and economically unacceptable technologies. The article examines the dependency between energy consumption per capita, GDP, and human longevity. The dependencies, which include economic, social, and environmental factors, are represented by polynomials that express the influence of each of the factors, as well as their mutual influence. The degree of polynomial depends on the number of factors influencing the processes that are described by the dependency. In the countries with developed economies and, consequently, health-care systems, there is a bigger correlation between renewable energy production, GDP, and longevity, than in developing countries.

Keywords: renewable energy, energy supply, statistical assessment, renewable sources, investment, sustainable development, GDP.

Fig.: 4. Formulae: 4. Bibli.: 18.

Yelisieieva Oksana K. – D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Statistics, Accounting and Economic Informatics, Oles Honchar Dnipro National University (72 Naharina Ave., Dnipro, 49000, Ukraine)

E-mail: yelisyeyeva.o@ef.dnulive.dp.ua

Khazan Pavlo V. – Applicant, The National Academy of Statistics, Accounting and Auditing (1 Pidhirna Str., Kyiv, 04107, Ukraine)

E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

Відновлювані джерела енергії набувають дедалі більшої популярності в енергетичному секторі майже у всіх країнах світу через низку суттєвих загроз, які несуть викиди, скиди та відходи від виробництва енергії за рахунок застарілих екологічно небезпечних технологій. Такі технології також є економічно неприйнятними та несуть загрозу здоров'ю людини в короткостроковій (як, наприклад, ТЕС) і далекостроковій (АЕС) перспективах.

За даними міжурядової організації *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, за останні 100 років температура на поверхні Землі підвищилася на 0,74

± 0,18 °C. За останніми дослідженнями, в цьому столітті температура може підвищитися від 1,1 до 6,4 °C. Звичайно, така динаміка перш за все пов'язана з антропогенним навантаженням і, як наслідок, надмірними викидами двоокису вуглецю (CO₂), метану (CH₄), оксидів азоту (NO_x) та інших газів [10; 11]. Збільшення виробництва, яке використовує викопне паливо, разом зі знищенням лісів та інших біоценозів призводить до різкого збільшення концентрації таких газів в атмосфері, зокрема концентрація CO₂ в атмосфері збільшиться на 36%. Поточний рівень концентрацій парникових газів в атмосфері дорівнює 430 ppm CO_{2(eq)} (в одиницях CO₂ еквіва-

лента). За різними прогнозами, у проміжок 2035–2050 рр. він може збільшитися до 550 ppm CO₂(eq), що майже у 2 рази більше, ніж сто років тому.

Зміни клімату призводять до збільшення кількості екстремальних погодних явищ і змінюють характер розподілу опадів та ресурсів наземних і підземних вод. Також підвищиться інтенсивність танення льоду в Гренландії та Антарктиці. Це означає, що рівень моря зросте на 0,18–0,59 м до кінця століття [4; 6; 16; 18]. Усе це призведе до зменшення врожайності, збільшення захворюваності (особливо на малярію та лихоманку), зміни характеру виробництва, збільшення вартості інфраструктури для забезпечення життєдіяльності людини, а також поставить під загрозу в цілому життя на узбережжях морів та океанів. Такі зміни в грошовому еквіваленті будуть дорівнювати 0,5–1% світового ВВП у рік до середини століття [15]. Ці загрози призвели до створення та підписання більшістю країн світу Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, Копенгагенської угоди та інших міжнародних документів. Дані міжнародні документи говорять про необхідність широкого впровадження відновлюваної енергетики, збільшення її частки в загальній генерації теплової та електроенергії.

Соціально-економічні аспекти в контексті енергетичних стратегій розглянуто Артамановою Г. В. [1], питання енергоемності ВВП і впливу енергетики на соціальні фактори – Баранніком В. О. [2], Гелетухою Г. Г. [3] та іншими українськими вченими. Також зв'язок між соціальними та енергетичними показниками розглядали закордонні вчені: де Сістернез Ф. Д. [5], Губберт М. К. [7], Штерн Н. [16] та Тіварі Г. Н. [17]. Проте менше уваги в українській та закордонній літературі приділено оцінюванню впливу показників відновлюваної енергетики на соціально-економічні фактори.

Мета статті полягає у визначенні залежностей між споживанням енергії на душу населення, виробництвом енергії з відновлюваних джерел та соціально-економічними факторами.

Глобальний попит на енергію постійно зростає з початку промислової революції. Він залежить від двох чинників:

- ✦ збільшення світового населення;
- ✦ збільшення попиту енергії на душу населення як у розвинених країнах, так і в тих, що розвиваються.

Чим більш заможне суспільство, тим більше енергії воно споживає на душу населення. Громадяни багатших країн купують більш енергоемні товари народного споживання, використовують частіше приватний транспорт, більше подорожують, мають більш енергоемну інфраструктуру у своїх помешканнях.

Взаємозв'язок між ВВП на душу населення та використанням енергії, зокрема споживання електроенергії для декількох країн світу, показано на *рис. 1*.¹ Існує прямий зв'язок між багатством нації та споживанням енергії. Країни, що входять до OECD², яка охоплює більшість промислово розвинених багатих країн, мають значно вищий ВВП на душу населення та споживають

значно більше електроенергії на душу населення, ніж країни, що розвиваються.

За проведеними дослідженнями нами було побудовано залежність між загальним споживанням електроенергії та ВВП. Для побудови залежності було відібрано країни з різним рівнем економічного розвитку, виробництвом і споживанням енергії та впровадженням відновлюваних джерел, рівнем і тривалістю життя. Залежність представляє собою поліном 6-го ступеня:

$$G = -9,19 \cdot 10^{-20} \cdot W^6 + 5,92 \cdot 10^{-15} \cdot W^5 - 1,39 \cdot 10^{-10} \cdot W^4 + 1,46 \cdot 10^{-6} \cdot W^3 - 6,66 \cdot 10^{-3} \cdot W^2 + 15,21 \cdot W + 289,46, \quad (1)$$

для якого $R^2 = 0,9$.

Графік залежності між споживанням енергії на душу населення та ВВП на душу населення за 2014 р. представлений на *рис. 1*.

Проведене дослідження свідчить про прямий зв'язок між показником споживання енергії та ВВП, який показує розвиненість економіки держави. Найбільший ВВП і найбільший показник споживання енергії на душу населення має Норвегія. Це пов'язано, перш за все, із прогресивною системою державного менеджменту, особливо в галузях енергетики та охорони навколишнього природного середовища, а також значними запасами корисних копалин та іншими природними ресурсами, невеликою щільністю населення. Також до цієї групи входять США, Канада. При достатній кількості природних ресурсів та економічній розвиненості США та Канади споживання енергії має менше значення через більш широке впровадження енергоефективних технологій та, відповідно, більш сучасну державну політику в цій галузі.

Наступна група країн з меншими показниками споживання енергії та ВВП – це Велика Британія, Франція та Японія. У цих країнах при високому ВВП багато уваги приділяється впровадженню технологій енергозбереження, на державному рівні впроваджено енергетичні та екологічні політики, є нормативна база, яка спонукає обмежувати витрати енергії та природних ресурсів.

До третьої групи можна віднести країни з ВВП на душу населення від 10000 до 20000 дол. США, які характеризуються економіками, що розвиваються. До них належать Китай, Бразилія, Аргентина, Південна Африка, Куба, Габон та інші.

Україна належить до четвертої групи країн (разом із Індією, Сенегалом, Єгиптом, Парагваєм та ін.) з найменшим показником ВВП на душу населення (менше, ніж 10000 дол. США) та найменшим показником споживання енергії на душу населення (менше, ніж 5 000 кВт · год/ос.).

Однією з оцінок соціального розвитку суспільства є показник тривалості життя населення. Тому нами було проаналізовано залежність між середньою тривалістю життя та споживанням електроенергії на душу населення (подано на *рис. 2* та розраховано за формулою (2):

¹ Значення ВВП на *рис. 1* були скориговані з урахуванням купівельної спроможності дол. США у відповідних країнах.

² Організація економічного співробітництва і розвитку (Organisation for Economic Co-operation and Development).

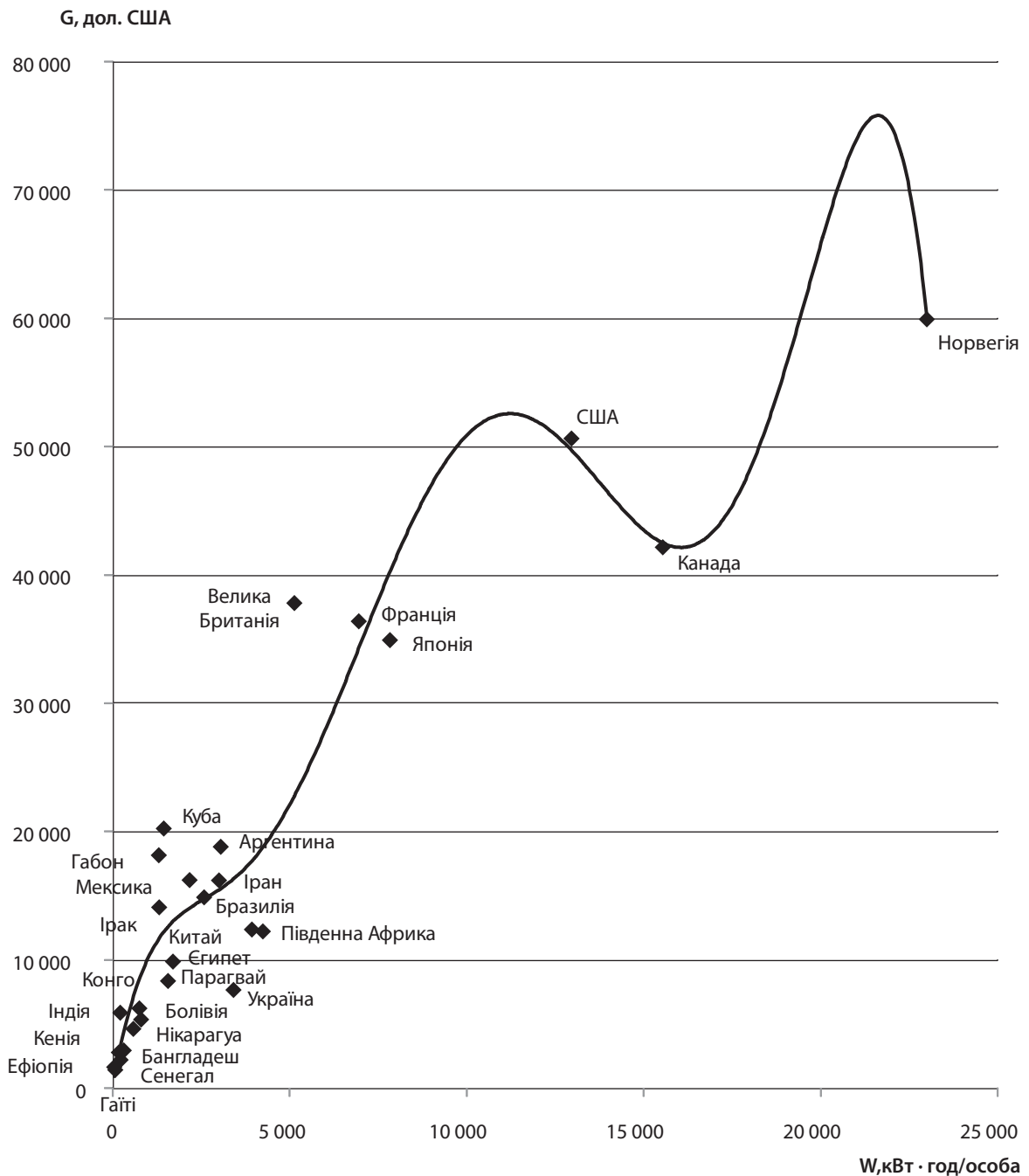


Рис. 1. Залежність між споживанням енергії на душу населення W і ВВП на душу населення G за 2014 р.

Джерело: складено за [13; 14].

$$L = -1,46 \cdot 10^{-22} \cdot W^6 + 8,71 \cdot 10^{-18} \cdot W^5 - 1,90 \cdot 10^{-13} \cdot W^4 + 1,88 \cdot 10^{-9} \cdot W^3 - 8,32 \cdot 10^{-6} \cdot W^2 + 1,59 \cdot 10^{-2} \cdot W + 62,27, \quad (2)$$

для якого $R^2 = 0,6$.

Як і в першому випадку, Норвегія входить до першої групи проаналізованих країн, є лідером за показником тривалості життя та споживання енергії на душу населення. Це пов'язано з високими соціальними стандартами в країні, сучасною та ефективною системою медичного обслуговування. До цієї ж групи (від 80 до 85 років) належать Канада, Франція, Велика Британія, а також Японія, яка має більші показники тривалості життя (84 роки) при значно меншому показнику споживання енергії.

До другої групи можна віднести країни з тривалістю життя від 75 до 80 років та споживанням енергії на душу населення до 5 000 кВт·год/ос. Це США, Мексика, Куба, Аргентина, Китай та інші.

До третьої групи належать країни, в яких тривалість життя складає від 75 до 80 років та споживання енергії на душу населення – до 5 000 кВт·год/ос. До неї належать Україна, Бразилія, Єгипет та інші.

До четвертої групи можна віднести країни з тривалістю життя нижче 70 років. У цій групі споживання енергії менше, ніж 2 000 кВт·год/ос.

Виробництво енергії з відновлюваних джерел на душу населення – важливий показник розвиненості суспільства в екологічній, соціальній та економічній

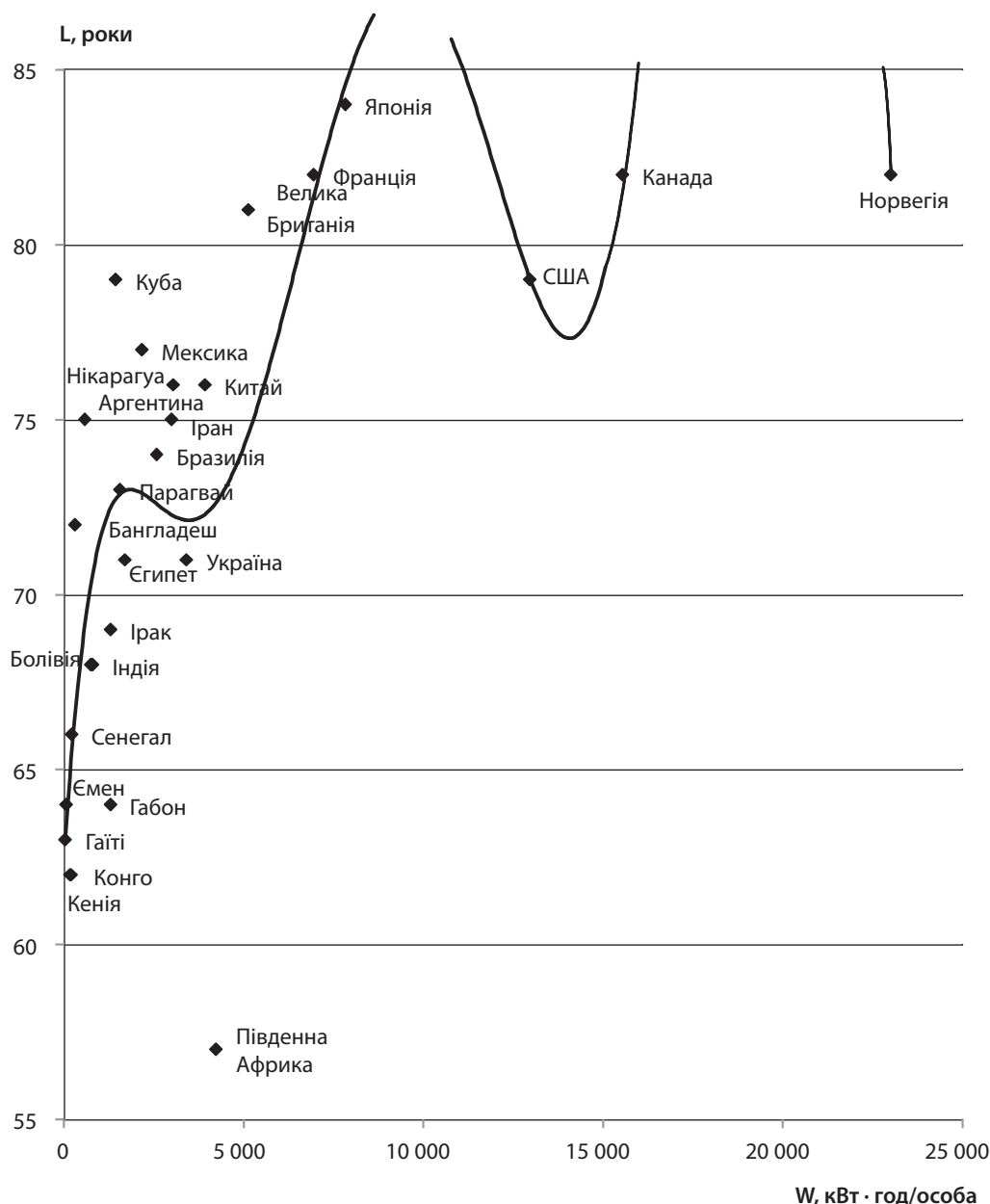


Рис. 2. Залежність між споживанням енергії W на душу населення та середньою тривалістю життя L за 2014 р.

Джерело: складено за [13; 14].

сферах. На рис. 3 представлено залежності між виробництвом енергії з відновлюваних джерел на душу населення та ВВП на душу населення.

За цим показником Норвегія також займає першу позицію, маючи показник виробництва енергії з відновлюваних джерел на рівні 26,91 МВт · год/ос. Канада (11,59 МВт · год/ос.) і Парагвай (8,44 МВт · год/ос.) мають велике значення цих показників. Японія також виробляє значний відсоток електроенергії з відновлюваних джерел (1,06 МВт · год/ос.) – при тому, що після катастрофи на Фукусімській АЕС в березні 2011 р. Японія призупинила роботу більшості своїх АЕС. Річне виробництво енергії з АЕС знизилося з 263,1 ТВт год (29,2% від загальної генерації) до 4,3 ТВт год (0,5% від загальної генерації) [8; 9].

Залежність також представлена поліномом 6-го ступеня з високим значенням R^2 :

$$G = 13,60V^6 - 6,76 \cdot 10^2 \cdot V^5 + 1,04 \cdot 10^4 \cdot V^4 - 6,00 \cdot 10^4 \cdot V^3 + 1,05 \cdot 10^5 \cdot V^2 + 3,49 \cdot 10^4 \cdot V + 9472,43, \quad (3)$$

для якого $R^2 = 0,82$.

Зв'язок між соціальним розвитком суспільства та впровадженням відновлюваних джерел енергії в різних країнах світу подано на рис. 4. Групи країн, які зображені на цьому графіку, відповідають групам на рис. 2 відповідно до показника тривалості життя. При тому, як було зазначено вище, Норвегія, Канада та Парагвай є лідерами по впровадженню відновлюваних джерел енергії.

Залежність між виробництвом енергії з відновлюваних джерел на душу населення та середньою тривалістю життя (див. рис. 4) представлена формулою (4):

$$L = 2,42 \cdot 10^{-3} \cdot V^6 - 0,12 \cdot V^5 + 1,75 \cdot V^4 - 9,06 \cdot V^3 + 9,46 \cdot V^2 + 10,00 \cdot V + 66,40, \quad (4)$$

де $R^2 = 0,53$.

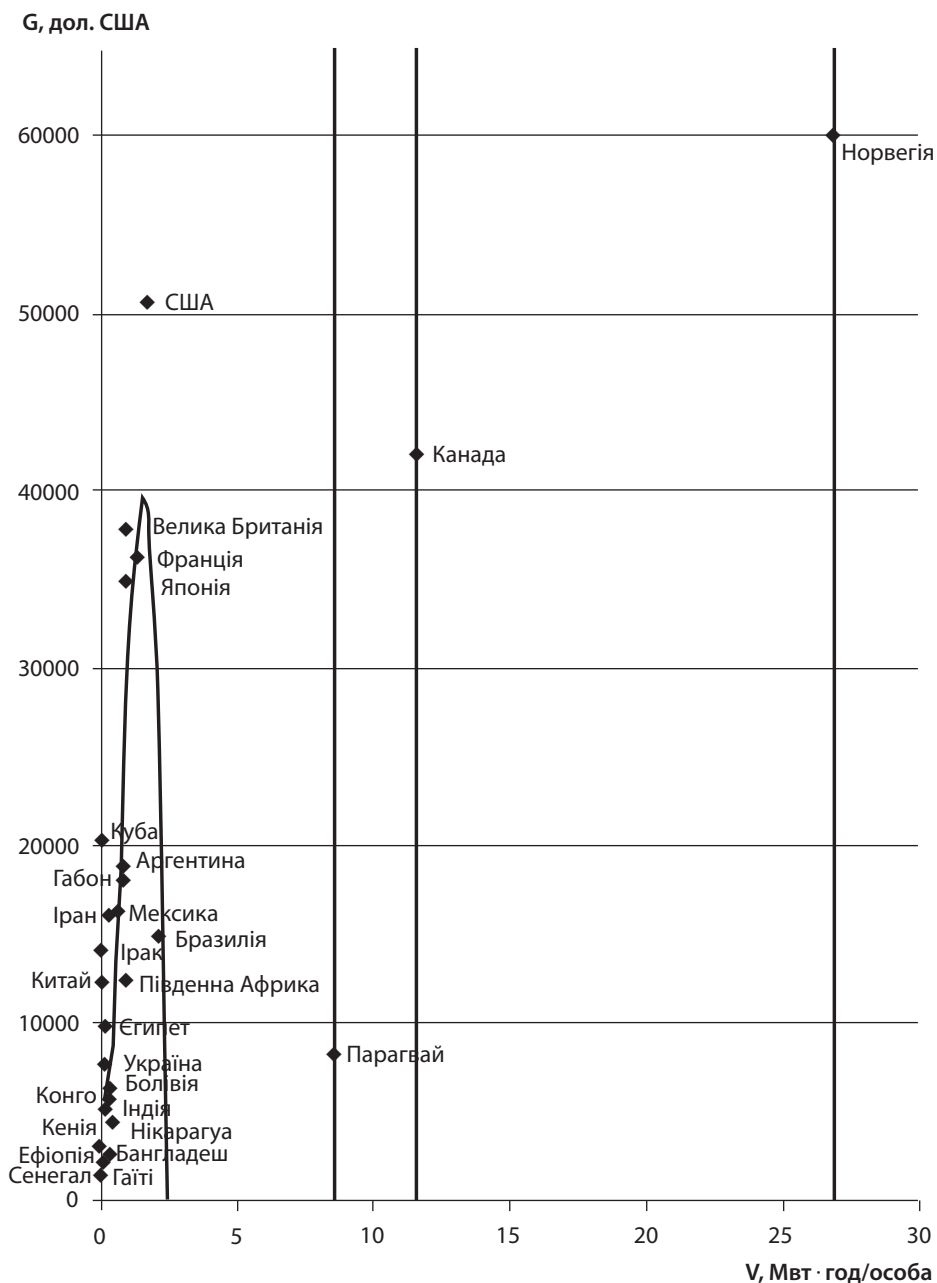


Рис. 3. Залежність між виробництвом енергії з відновлюваних джерел V на душу населення та ВВП на душу населення G за 2014 р.

Джерело: складено за [13; 14].

ВИСНОВКИ

Відповідно до фундаментальних процесів, необхідних для послідовного та ґрунтовного статистичного оцінювання перспектив розвитку енергетики в контексті сталого розвитку, у статті методом найменших квадратів було розраховано залежності між споживанням енергії на душу населення, виробництвом енергії з відновлюваних джерел, ВВП і тривалістю життя, які представлені у вигляді поліномів 6-го ступеня з високим рівнем достовірності апроксимації.

Залежність між споживанням енергії на душу населення, ВВП і тривалістю життя простежується у всіх країнах та включає в себе економічний, соціальний та екологічний фактори. Тому залежності представлені саме такими поліномами, в яких виражено вплив кож-

ного з факторів, а також взаємний вплив факторів одного на інший. Ступінь поліному залежить від кількості факторів, що мають вплив на процеси, які описує ця залежність.

У країнах з розвинутою економікою та, відповідно, системою медичного обслуговування, страховою медициною та традиціями здорового способу життя існує більша кореляція між показниками виробництва енергії з відновлюваних джерел, ВВП і тривалістю життя, ніж у країнах, що розвиваються. Генерація з відновлюваних джерел енергії має все більший вплив на енергетичний сектор цих країн, економіку в цілому, а також на соціальні показники. Важливим інструментом розвитку відновлюваної енергетики є міжнародне та національне законодавство. Крім зазначених вище конвенцій та

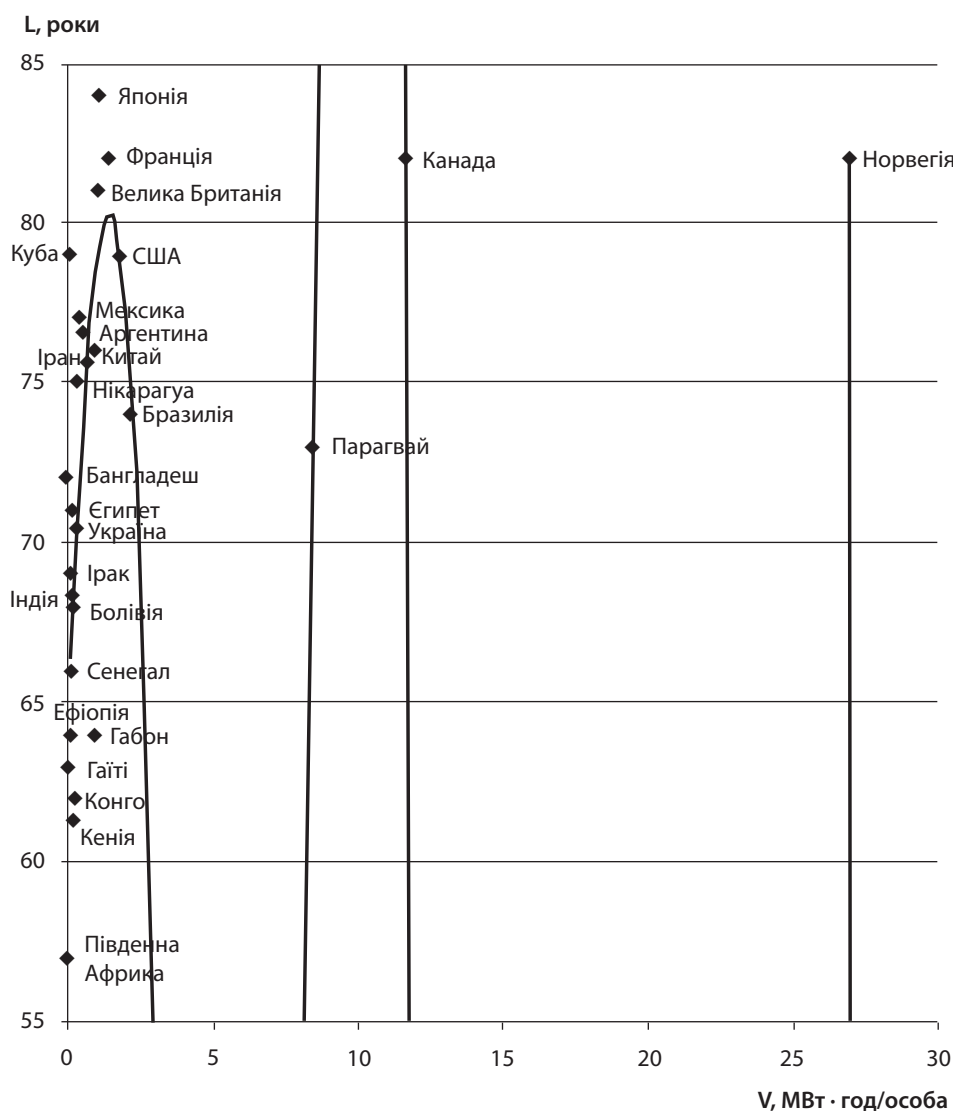


Рис. 4. Залежність між виробництвом енергії з відновлюваних джерел V на душу населення та середньою тривалістю життя L за 2014 р.

Джерело: складено за [13; 14].

протоколів, це також Енергетична хартія та інші угоди в галузі енергетики та змін клімату. Результати такого впливу ми бачимо по статистичних даних країн ЄС, а також Норвегії, США, Японії, Канади та Китаю.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розвиток системи індикаторів, що відображають розвиток відновлюваної енергетики, та вивчення залежностей між ними. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Артаманова Г. В. Обґрунтування засад та пріоритетів національної енергетичної стратегії України. *Економічний простір*. 2015. № 93. С. 59–72.

2. Бараннік В. О. Енергоємність ВВП держави: історичні паралелі та уроки для України. *Стратегічні пріоритети*. 2015. № 1. С. 113–119.

3. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Праховнік А. К. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлювальних джерел енергії. *Аналітична записка БАУ*. 2015. № 13. 35 с. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/uabio-position-paper-13-ua.pdf>

4. Barker T. The economics of avoiding dangerous climate change. An editorial essay on the stern review. *Climatic Change*. 2008. Vol. 89. Issue 3-4. P. 173–194.

5. De Sisternes F. J. Investment Model for Renewable Electricity Systems (IMRES): an Electricity Generation Capacity Expansion Formulation with Unit Commitment Constraints. CEEPR Working Paper. 2013-016. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.4413&rep=rep1&type=pdf>

6. Gore A. An inconvenient truth: the planetary emergency of global warming and what we can do about it. New York: Rodale Books, 2006. 328 p.

7. Hubbert M. K. The Energy Resources of the Earth. *Scientific American*. 1971. Vol. 225. P. 31–41.

8. International Atomic Energy Agency Annual Report 2010. URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/anrep2010_full.pdf

9. International Atomic Energy Agency Annual Report 2015. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc60-9.pdf>

10. Climate Change 2007 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 2007. 1009 p.

11. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees Celsius/Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W. et al. *Nature*. 2009. Vol. 458. P. 1158–1162.

12. **Michaelides E. E.** (Stathis). *Alternative Energy Sources* (Green Energy and Technology). Berlin: Springer, 2012. 462 p.
13. Official website of the International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/>
14. Official website of the World Bank. URL: <https://www.worldbank.org/>
15. **Sachs J. D.** *Common Wealth: Economics for a Crowded Planet*. London: Penguin Books, 2008. 400 p.
16. **Stern N.** *Stern Review: The Economics of Climate Change*. London: HM Treasury, 2006.
17. **Tiwari G. N., Tiwari A., Shyam.** *Handbook of Solar Energy. Energy Systems in Electrical Engineering*. Singapore: Springer Verlag, 2016. 764 p.
18. **King D., Walker G.** *The Hot Topic: How to Tackle Global Warming and Still Keep the Lights on*. London: Bloomsbury Publishing PLC, 2008. 309 p.

REFERENCES

Artamanova, H. V. "Obgruntuvannia zasad ta priorytetiv nationalnoi enerhetychnoi stratehii Ukrainy" [Substantiation of the principles and priorities of the national energy strategy of Ukraine]. *Ekonomichnyi prostir*, no. 93 (2015): 59-72.

Barannik, V. O. "Enerhoiennist VVP derzhavy: istorychni paraleli ta uroky dlia Ukrainy" [Energy intensity of the state's GDP: historical parallels and lessons for Ukraine]. *Stratehichni priorytety*, no. 1 (2015): 113-119.

Barker, T. "The economics of avoiding dangerous climate change. An editorial essay on the stern review". *Climatic Change*. Vol. 89, no. 3-4 (2008): 173-194.

Climate Change 2007 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 2007.

De Sisternes, F. J. "Investment Model for Renewable Electricity Systems (IMRES): an Electricity Generation Capacity Expansion Formulation with Unit Commitment Constraints". CEEPR Working

Paper. 2013-016. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.4413&rep=rep1&type=pdf>

Gore, A. *An inconvenient truth: the planetary emergency of global warming and what we can do about it*. New York: Rodale Books, 2006.

Hubbert, M. K. "The Energy Resources of the Earth". *Scientific American*. Vol. 225 (1971): 31-41.

Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., and Prakhovnik, A. K. "Analiz enerhetychnykh stratehii krain YeS ta svitu i roli v nykh vidnovliuvalnykh dzherel enerhii" [Analysis of energy strategies of EU countries and the role of renewable energy sources in them]. *Analitychna zapyska BAU*. 2015. <http://www.uabio.org/img/files/docs/uabio-position-paper-13-ua.pdf>

International Atomic Energy Agency Annual Report 2015. <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc60-9.pdf>

International Atomic Energy Agency Annual Report 2010. https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/an-rep2010_full.pdf

King, D., and Walker, G. *The Hot Topic: How to Tackle Global Warming and Still Keep the Lights on*. London: Bloomsbury Publishing PLC, 2008.

Michaelides, E. E. *Alternative Energy Sources (Green Energy and Technology)*. Berlin: Springer, 2012.

Meinshausen, M. et al. "Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees Celsius". *Nature*. Vol. 458 (2009): 1158-1162.

Official website of the World Bank. <https://www.worldbank.org/>

Official website of the International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/>

Stern, N. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. London: HM Treasury, 2006.

Sachs, J. D. *Common Wealth: Economics for a Crowded Planet*. London: Penguin Books, 2008.

Tiwari, G. N., Tiwari, A., and Shyam. *Handbook of Solar Energy. Energy Systems in Electrical Engineering*. Singapore: Springer Verlag, 2016.