

ЄЛИСЕЄВА

Оксана Костянтинівна
ok17_5@ukr.net

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

СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ
РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ТА
ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

ХАЗАН

Павло Вікторович
pavlo.khazan@gmail.comSTATISTICAL EVALUATION OF SOLAR
AND WIND POWER DEVELOPMENT IN
UKRAINE

здобувач, Національна академія статистики, обліку та аудиту

д.е.н., професор, завідувач кафедри статистики, обліку та економічної інформатики, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Запропоновані показники кліматичного, ресурсно-екологічного, соціального, технологічного, економічного та правового аспектів для статистичного оцінювання розвитку сонячної та вітроенергетики в Україні. Надані порівняльні характеристики показників в Україні та передових країнами світу в галузі відновлюваних джерел енергії.

Предложены показатели климатического, ресурсно-экологического, социального, технологического, экономического и правового аспектов для статистического оценивания развития солнечной и ветроэнергетики в Украине. Предоставлены сравнительные характеристики показателей в Украине и передовых странами мира в области возобновляемых источников энергии.)

The indicators of climate, resource and environmental, social, technological, economic and legal aspects was proposed for the statistical evaluation of solar and wind energy in Ukraine. Comparable characteristics of indicators in Ukraine and the leading countries in the field of renewable energy was given.

Ключові слова: відновлювана енергетика, статистичне оцінювання, відновлювані джерела енергії, сонячна енергетика, вітроенергетика, сталий розвиток, енергетична безпека, "зелений тариф"

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, статистическое оценивание, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, ветроэнергетика, устойчивое развитие, энергетическая безопасность, "зеленый тариф"

Keywords: renewable energy, statistical evaluation, renewable energy, solar power, wind power, sustainable development, energy security, "green tariff"

ВСТУП

Актуальність розвитку відновлюваної енергетики в Україні збільшується з кожним роком через динамічне значне підвищення плати за енергетичні ресурси, зокрема теплову та електричну енергії, які отримуються з невідновлюваних джерел. Важливість розвитку відновлюваних джерел енергії зазначається в Коментарі лідерів G20 2016 року [10].

Питання сучасного стану, перспектив розвитку та класифікації відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітроенергетики розглядаються в роботах таких вчених, як Шидловський А.К. [2], Кудря С.О. [3], Соловей О.І. [4], Kaltschmitt M., Streicher W., Wiese A. [12] та Lund H. [14]. Проте недостатньо уваги в літературі приділено саме статистичному оцінюванню стану та перспектив розвитку відновлюваних джерел з урахуванням економічних, соціальних та екологічних аспектів.

МЕТА РОБОТИ

Мета статті полягає у статистичному оцінюванні стану та розвитку сонячної та вітроенергетики в Україні з урахуванням таких аспектів, як кліматичний, ресурсно-екологічний, соціальний, технологічний та економічний, з використанням відповідних

показників.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічною основою дослідження є загальнонаукові методи, а саме теоретичне узагальнення, систематизація, групування, табличний та графічний методи, порівняння з використанням логарифмічної шкали для наочної оцінки показників.

РЕЗУЛЬТАТИ

Для об'єктивного статистичного оцінювання порівнюємо показники, які характеризують природні енергетичні процеси (табл. 1). Основна частина відновлюваних джерел енергії є продуктом сонячного випромінювання, яке має потужність за межами атмосфери $1,7 \cdot 10^5$ ТВт та абсолютну температуру $T_s = 5772$ К. При цьому середня температура поверхні Землі складає $T_e = 288$ К (15°C). Середній потік сонячного випромінювання, який падає на земну поверхню після поглинання його частини земною атмосферою складає близько 150 Вт/м², швидкість вітру над земною поверхнею коливається від 0 до 100 м/с. Додатково до сонячного випромінювання, глобальний потік енергії, який спричинений спалюванням викопного палива сягає 10 ТВт, або

0,02 Вт/м². В той же час антропогенне збільшення обсягу парникових газів призвело до підсилювання теплового випромінювання Землі на 10³ ТВт, або 2 Вт/м². Така тепла потужність збільшує температуру на Землі [1, 9, 20].

Таблиця показує різницю потужностей між

природними енергетичними процесами та встановленими потужностями сонячної та вітроенергетики в світі. Більш детально за роками ці потужності показані на рис. 1.

Таблиця 1

Показники природних енергетичних процесів та потужностей відновлюваних джерел енергії у світі

[складено авторами за даними [1, 13, 19]]

Види потужності	Потужність, ТВт
Загальна потужність сонячної радіації	1,7•10 ⁵
Вітрова потужність (потужність дисипації вітрової енергії)	2•10 ³
Загальна потужність сонячних електростанцій*	0,277
Загальна потужність сонячних теплових станцій*	0,435
Загальна потужність вітроелектростанцій*	0,433
Загальна потужність відновлюваної енергетики (з урахуванням всіх типів гідроелектростанцій)	1,8
Антропогенне підсилювання парникового ефекту	10 ³

*За даними 2015 року

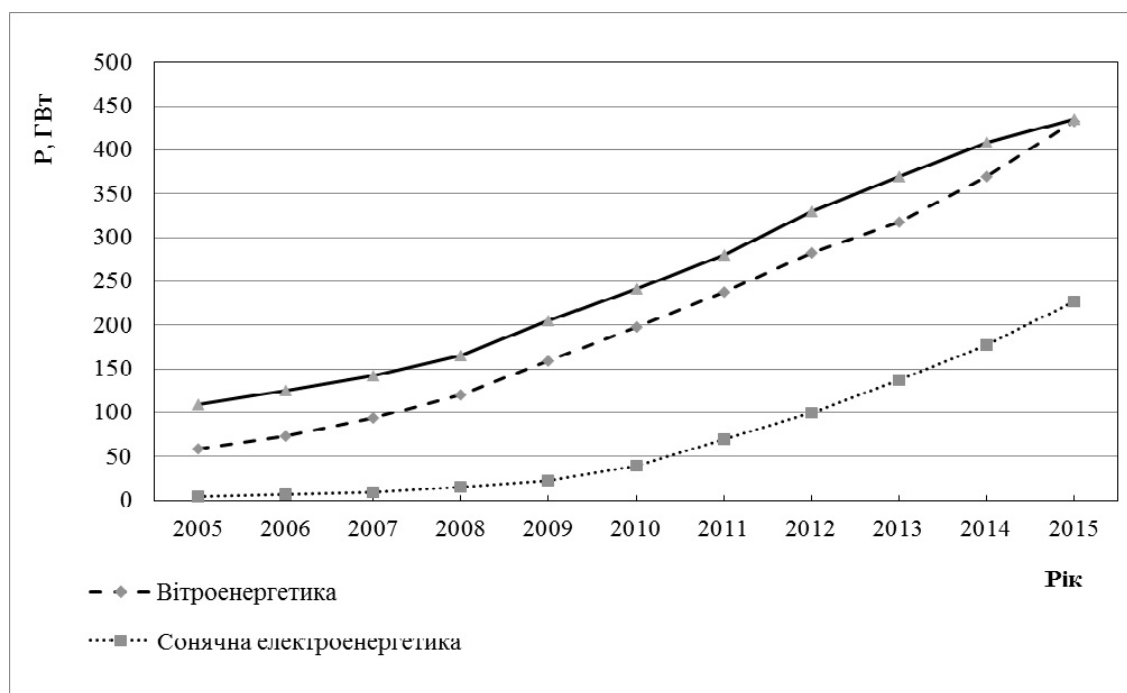


Рис. 1. Динаміка потужності сонячних та вітроелектростанцій в світі [за даними [7, 8]]

Збільшення загальної потужності P_t та динаміки будівництва сонячних та вітроелектростанцій в світі P_d спостерігається щороку. Так для сонячних електростанцій показники склали відповідно 227 ГВт та 50 ГВт, для сонячних термосистем 435 ГВт та 27 ГВт, для вітроелектростанцій 433 ГВт та 63 ГВт. При цьому загальне виробництво електроенергії в світі складає 23322 ТВт • год, а загальне споживання – 21538 ТВт • год за 2013 рік [13, 15, 19].

Зробимо порівняння показників загальної потужності та показників річного приросту потужності для сонячних та вітроелектростанцій P_s , P_w , ΔP_s , ΔP_w в країнах-лідерах та в Україні. Для візуального порівняння даних по параметрам P_s , P_w , ΔP_s , ΔP_w представимо їх на логарифмічній шкалі, що зображена на рис. 2 та рис. 3. Така шкала дає можливість наочно оцінити країни за цими показниками.

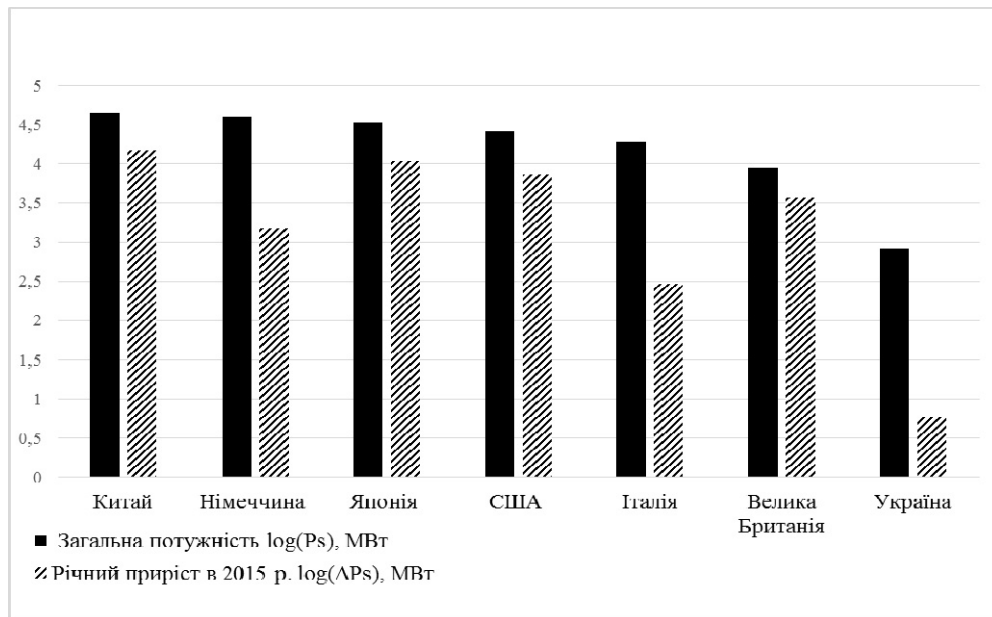


Рис. 2. Загальна потужність P_s та приріст потужності ΔP_s сонячних електростанцій в країнах-лідерах [за даними [18, 19]]

В 2015 році лідери за загальною потужністю P_s та за річним приростом потужності ΔP_s сонячних електростанцій залишаються Китай, Німеччина, Японія, США, Італія та Велика Британія. Лідери по загальній потужності P_s та по річному приросту потужності ΔP_w вітроелектростанцій – це Китай, США, Німеччина, Індія, Іспанія та Велика Британія [7, 5, 18, 19].

За запропонованою нами шкалою країна, яка має показник більший 4 має високий рівень загальної потужності сонячних електростанцій, якщо показник знаходиться в межах від 3 до 4 – середній рівень, менше 3 – низький рівень. За показником річного

приросту: вище 2 – високий рівень, від 1 до 2 – середній рівень, нижче 1 – низький рівень. Україна знаходиться в зоні низького рівня по загальній потужності сонячної енергетики, де в абсолютному значенні цей показник менше в 48,5 рази, ніж в Німеччині, та в зоні низького рівня за показником річного приросту, із значенням в 250 разів менше ніж в Німеччині.

Аналогічним чином було зроблено класифікацію показників загальної потужності P_w та річного приросту потужності ΔP_w вітроелектростанцій (рис. 3).

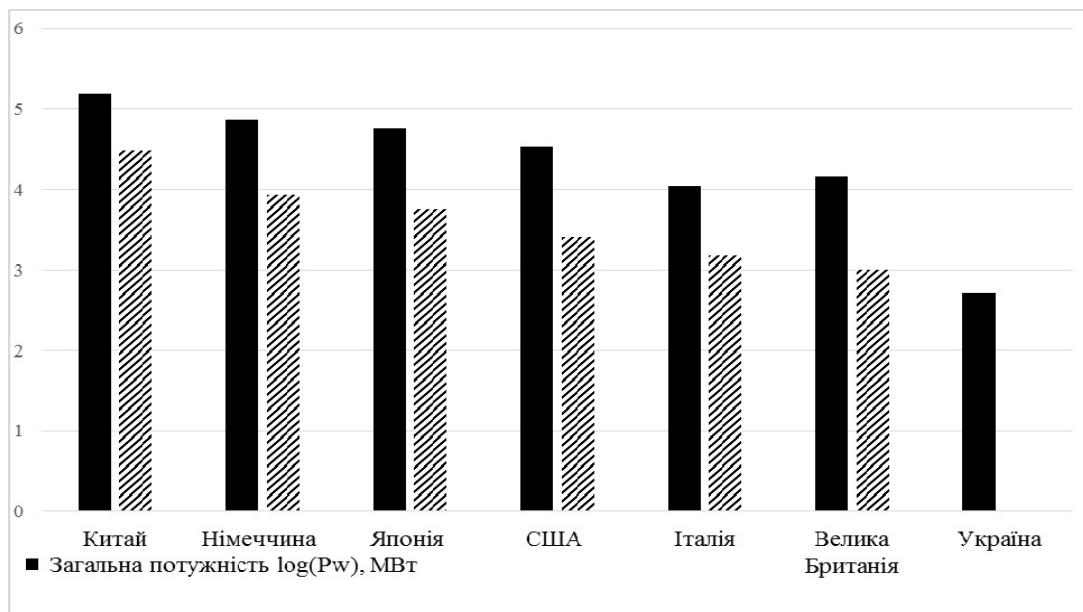


Рис. 3 Загальна потужність P_w та приріст потужності ΔP_w вітроелектростанцій в країнах-лідерах [за даними [18, 19]]

Класифікація по показнику загальної потужності на рис. 3 виглядає наступним чином: більше 4 – високий рівень, від 3 до 4 – середній рівень, менше 3 – низький. По показнику річного приросту можна виділити такі групи: вище 2 – високий рівень, від 1 до 2 – середній рівень, нижче 1 – низький рівень. Україна знаходиться в зоні низького рівня по загальній потужності вітроенергетики, де в абсолютному значенні цей показник менше в 111,6 раз, ніж в Німеччині, та в зоні низького рівня річного приросту в зв'язку з його відсутністю.

Для більш ефективного та об'єктивного оцінювання розвитку відновлюваних джерел енергії нами запропоновано систему показників, які складаються із п'яти груп, що відповідають таким аспектам оцінювання, як кліматичний, ресурсно-екологічний, соціальний, технологічний та економічний. Цей підхід надає можливість знайти залежності між різними показниками, що надаються в статистичних звітах в Україні, Європейській та міжнародній системах статистичної звітності та рейтингових досліджень. Це в подальшому стане основою прогнозування та надання пропозицій для прийняття рішень. [5, 7, 11, 13, 16, 17]. До кліматичного відносяться такі показники: потужність сонячного випромінювання, кількість сонячних днів, середня температура, швидкість вітру, висота над рівнем моря. До ресурсно-екологічного відносяться показники забруднення повітря (в тому числі обсяги викидів парникових газів), рівень шуму; площа, яка зайнята підприємством енергетики; площа, яка зайнята промисловими підприємствами; площа, яка знаходиться під житловими будинками; площа, яка знаходиться під приватною забудовою; площа, яка зайнята під відходи та площа, яка знаходиться під звалищами. Соціальний аспект включає такі показники, як кількість населення, щільність

населення, кількість робочих місць в енергетичній галузі, кількість робочих місць на підприємствах відновлюваної енергетики та кількість кваліфікованих інженерів. До технологічного аспекту входять такі показники: потужність сонячної або вітроелектростанції, відстань до загальної мережі (в разі "on-grid" системи), параметри сонячної (фотоелектричної) панелі (потужність, площа та ККД); параметри інвертора (потужність, напруга та ККД); параметри акумулятора (робоча напруга, струм заряду та ємність); параметри генератора (потужність та напруга). Економічний аспект представлений наступними показниками: ВВП, обсяги загального виробництва енергії, обсяги виробництва енергії (по групам – електроенергія, теплова енергія), вартість електроенергії (для приватних і юридичних осіб), вартість природного газу (для приватних і юридичних осіб), вартість обладнання капітальна, вартість дизпалива, вартість бензину, вартість вугілля, вартість біоетанолу, вартість біодизелю, вартість "Зеленого тарифу" та кредитна ставка для проектів відновлюваної енергетики.

Запропоновані показники віддзеркалюють картину розвитку сонячної та вітроенергетики в Україні та світі. Наприклад, показник інтенсивності сонячного випромінювання в Україні знаходиться в межах 950-1450 кВт•год на м² на рік, показник середньої швидкості вітру – від 3 до 6 м/с, що відповідає вітровому тиску 400-600 Па. Сонячні електростанції комерційного типу розташовані в 15, а вітроелектростанції – в 9 областях України. Сонячні та вітроелектростанції в приватних домоволодіннях розташовані практично по всій території України. [5, 7, 16, 17]. Для порівняння інтенсивності сонячного випромінювання та швидкості вітру в країнах-лідерах за відновлюваними джерелами енергії надана таблиця 2.

Таблиця 2

Показники інтенсивності сонячного випромінювання та швидкості вітру
[за даними [14, 15, 16]]

Країна	Інтенсивність сонячного випромінювання КВт • год / м ² в рік	Швидкість вітру м/с
Китай	800-2300	2-11
Німеччина	950-1250	5-11
Японія	950-1650	5-11
США	1100-2300	5-11
Італія	1050-1850	3-8
Україна	950-1450	4-9

Дані таблиці свідчать про значний природний потенціал для розвитку сонячних та вітроелектростанцій в Україні у порівнянні з країнами-лідерами.

Енергетика, яка побудована на невідновлюваних джерелах енергії, негативно впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людини. При цьому суми платежів до бюджету за забруднення не відповідають реальним збиткам, які зазнає людина та довкілля [5]. Показники в рамках ресурсно-екологічного аспекту повинні бути складо-

вою частиною в розрахунках ефективності джерела енергії. Даний аспект в подальшому може включати показники техногенних ризиків, в тому числі ризиків аварій, методика розрахунку яких надається в [8].

Світовий досвід розвитку сонячної та вітроенергетики свідчить про необхідність децентралізації та диверсифікації джерел енергії, зменшення негативного впливу на здоров'я людини, підвищення гнучкості менеджменту енергетичної сфери та підвищення кількості робочих місць. Розвиток спільнот для управління енергією може проводитися

за рахунок організації партнерства власників, кооперативів, фондів і трастових компаній всередині спільнот, суспільних і приватних товариств типу ТОВ, соціально орієнтованих неприбуткових бізнес-структур, будинкових асоціацій [19].

Розвиток сонячної та вітроенергетики базується на сучасних технологіях, які з кожним роком підвищують ККД систем та збільшують межі їх застосування. Це напівпровідникові технології для виготовлення фотоелектричних панелей, а також технології для побудови контролерів заряду та інверторів, які перетворюють постійний струм у змінний. В вітроенергетичній галузі – це технології побудови генераторів, лопатей та підвісів. Важливим фактором є також побудова оптимальної системи для передачі електроенергії в загальну мережу та розвиток окремих мереж для відновлюваних джерел енергії. Лідерами у виробництві обладнання для сонячної та вітроенергетики є Китай, Німеччина, Японія та США. В Україні є також заводи з виробництва фотоелектричних панелей та генераторів, існують потенційні можливості виробництва обладнання для сонячної та вітроенергетики [15, 19].

Показники, що включені до економічного аспекту надають інформацію щодо інвестиційного клімату, можливості фінансування проектів енергозбереження та відновлюваної енергетики, перспектив окупності та рентабельності таких проектів як для фізичних так і для юридичних осіб. Наприклад, показник ставки кредитів для фінансування таких проектів у 2015 році становлять від 7,7% до 10%.

Важливим фактором сприяння розвитку сонячної та вітроенергетики є система стимулювання через механізми «зеленого тарифу» а також підтримка галузі за допомогою фінансових механізмів стимулювання (зменшення податків, державні і приватні програми на національному та місцевому рівнях). Наприклад показник «зеленого тарифу» для сонячних електростанцій в приватних домоволодіннях становить 5,551 грн. за кВт • год, для вітроелектростанцій – 3,3967 грн. за кВт • год (без ПДВ) в 2016 році. [6, 17].

ВИСНОВКИ

В роботі зроблено статистичне оцінювання стану та розвитку сонячної та вітроенергетики в Україні, яке побудовано на аналізі показників кліматичного, ресурсно-екологічного, соціального, технологічного та економічного аспектів. Повний і послідовний облік даних аспектів надає можливість оптимізації і прийняття управлінських рішень.

Відповідно до результатів аналізу цих показників, в Україні є значний потенціал для впровадження та використання таких джерел енергії, який на сьогоднішній день не використовується в тому обсязі, в якому він використовується в країнах ЄС, США, Японії, Китаї.

В результаті урахування всіх наданих показників можливо побудувати систему управління виробництвом енергії в Україні на основі новітніх технологій, що надасть можливість при стабільному економічному зростанні суттєво зменшити

негативний вплив на навколишнє природне середовище та здоров'я людини, а також зменшити використання невідновлюваних природних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. Москва, 1995.
2. Энергоэффективность та відновлювальні джерела енергії / під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 560 с.
3. Кудря С.О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні / С.О. Кудря // Вісник НАН України. – 2015. – № 12. – С. 19–26.
4. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: навч. посіб. / О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбас; за заг. ред. [О. І. Солов'я]. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
5. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua>
6. Про встановлення “зелених” тарифів на електричну енергію для приватних домогосподарств: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 31.03.2016 р. № 508 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0619-16>
7. Статистичний бюлетень. Виробництво електроенергії та окремі техніко-економічні показники роботи електростанцій в Україні за 2015 рік. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ5_u.htm
8. Хазан В.Б., Хазан П.В. Визначення екологічної безпеки на підставі дослідження системи екологічних ризиків // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 64-70. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/57480>
9. Earth Fact Sheet National Aeronautics and Space Administration (NASA). [Electronic resource]. – Access mode: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>
10. G20 Leaders' Communique Hangzhou Summit [Electronic resource]. – Access mode: http://www.g20.org/English/Dynamic/201609/t20160906_3396.html
11. IMD World Competitiveness Yearbook, 2014. IMD World Competitiveness Centre. [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.imd.org/wcc>
12. Kaltschmitt M., Streicher W., Wiese A. Renewable energy. Technology, Economics and Environment. // Springer. – 2007. – 563 p.
13. Key World Energy Statistics 2015. International Energy Agency (IEA) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf
14. Lund H. Renewable energy systems. // Elsevier – 2014. – 361 p.
15. Official website of International Renewable Energy Agency (IRENA) [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.irena.org>

-
16. Official website of Solargis [Electronic resource]. – Access mode: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/ukraine>
17. Official website of the International Energy Agency (IEA) [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iea.org/>
18. Renewable Energy Statistic 2016 / International Renewable Energy Agency (IRENA) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_lac_re_statistics_2016.pdf
19. Renewables 2016. Global Status Report [Electronic resource]. – Access mode: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf
20. Sun Fact Sheet. National Aeronautics and Space Administration (NASA). [Electronic resource]. – Access mode: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>