

- зб. тез Міжнар. конф. «15 років Чорнобильської катастрофи: Досвід подолання». — К.: Чорнобильінтерінформ, 2001. — С. 11.
5. *Бабич А.О.* Виробництво кормового білка з сіяних та природних фітоценозів в умовах радіоактивного забруднення Полісся України / А.О. Бабич, В.В. Мойсієнко // Корми і кормовиробництво. — 2004. — Вип. 54. — С. 21–28.
  6. *Мойсієнко В.В.* Екологічний стан, шляхи поліпшення і продуктивність природних кормових угідь в умовах радіоактивного забруднення Полісся України / В.В. Мойсієнко, О.Я. Шевчук // Корми і кормовиробництво. — 2006. — Вип. 58. — С. 9–19.
  7. *Алексахин Р.М.* Агрохимия цезия-137 и его накопление сельскохозяйственными растениями / Р.М. Алексахин // Агрохимия. — 1977. — № 2. — С. 129.
  8. *Мойсієнко В.В.* Добір кормових рослин для умов радіоактивного забруднення / В.В. Мойсієнко // Вісн. ЦНЗ АПВ Харків. обл. — 2009. Вип. 5. — С. 100–106.
  9. *Рахметов Д.Б.* Інтродукція рослин та біоєкоконверсія землеробства Полісся / Д. Б. Рахметов, В. П. Фещенко. — К.: Друк, 2006. — 147 с.
  10. *Шалаева В.Н.* Вода питьевая. Методы анализа / В.Н. Шалаева // Сб. стандартов. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 240 с.

УДК 502.33 : 620.97

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

*Б.В. Савенко*  
здобувач

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Досліджено стан, тенденції та обґрунтовано доцільність розвитку альтернативної енергетики. Запропоновано методичний підхід до оцінювання ефективності використання альтернативних джерел енергії, який спирається на директиви чинних державних програм розвитку та стратегічні пріоритети державної політики щодо забезпечення екологічної та енергетичної безпеки. Вказаний методичний підхід передбачає використання інтегрального показника, що враховує попереджені екологічні збитки від забруднення довкілля та націлений на підвищення відповідності реагування органів державної влади на світові кон'юнктурні коливання і забезпечення адресності впровадження організаційно-економічних заходів з підвищення енергетичної незалежності країни.*

**Ключові слова:** оцінка, ефективність, збалансоване використання, альтернативні джерела енергії, методичний підхід, енергозбереження.

Нині вітчизняний паливно-енергетичний комплекс потребує невідкладного реформування, оскільки є одним із базисів забезпечення високотехнологічної та конкурентоспроможної економіки держави. Відповідних збалансованих трансформаційних перетворень можливо досягти завдяки збільшенню в енергобалансі країни частки енергії, згенерованої альтернативними джерелами, що сприятиме не лише подоланню низки кризових явищ, зумовлених вичерпністю запасів органічних енергоресурсів, залежністю від їх імпортування, а й зменшенню техногенного навантаження, спричиненого постачанням електроенергії та природного газу на довкілля. З огляду на це, набувають актуальності питання підвищення ефективності використання альтернативних джерел енергії.

Різним аспектам енергозбереження присвячено праці відомих вчених, зокрема О. Амоші, В. Гейця, А. Долінського, В. Жовтянського, Д. Зеркалова, Ю. Качана, М. Кулика, В. Микитенка, О. Овсієнко, А. Праховника, Б. Стогнія, І. Сотнік, В. Тонкаля, Д. Турченка, А. Шидловського та ін. Проблеми розвитку альтернативної енергетики, зокрема аспекти техніко-економічного обґрунтування проектів використання відновлюваних джерел енергії, оцінки їх конкурентоспроможності з традиційними енергетичними системами та перспективи їх впровадження висвітлено у працях А. Гальчинського, Г. Гелетути, Т. Железної, Г. Забарного, С. Кудрі, А. Прокіпа, Г. Ситника, О. Суходолі та ін. Питання енергозбереження, розвитку та державної підтримки альтернативної енергетики досліджували такі зарубіжні вчені, як

В. Вайс, Г. Ердман, М. Рагвіц, П. Самуельсон, Г. Шеер, І. Шумпетер, В. Штрайхер та багато ін.

Проте, попри вагомий науковий внесок у дослідження вказаної проблематики, досі залишаються актуальними питання щодо підвищення ефективності та збалансованості використання альтернативних джерел енергії, особливо в умовах політичної нестабільності та енергетичної залежності країни, що підсилює актуальність і зумовлює необхідність подальших наукових розробок у цьому напрямі.

Метою дослідження є поглиблення методичних підходів до еколого-економічного оцінювання ефективності використання альтернативних джерел енергії.

Вагомим аргументом необхідності збалансованого розвитку альтернативної енергетики та підвищення її ефективності є подолання низки екологічних проблем, зокрема в частині виконання міжнародних зобов'язань щодо обмеження обсягів шкідливих викидів. Так, на сучасному рівні розвитку теплової електроенергетики виробництво енергії супроводжується емісією CO<sub>2</sub>. Наприклад, у 2016 р. викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення порівняно з 2015 р. збільшилися на 7,7%, що становить майже 3,1 млн т (рис. 1), зокрема 150,5 млн т діоксиду вуглецю — основного парникового газу, який впливає на зміну клімату (табл. 1), що на 8,4% більше порівняно з попереднім роком [1].

З огляду на це необхідно зауважити, що на світовому ринку квот на скорочення викидів CO<sub>2</sub> вартість 1 т цього забруднювача впродовж останніх років зросла від 7,23 до 19,8 доларів США [6; 7; 8]. Це дає змогу здійснити вартісну

оцінку екологічної ефективності заміщення енергії, отриманої з альтернативних джерел.

Так, аналіз обсягів надходження забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності у 2016 р. (табл. 2), засвідчив, що найбільшу питому вагу (майже 50%) у загальній структурі становлять викиди, пов'язані із постачанням електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, що вкотре засвідчує необхідність розвитку в Україні альтернативної енергетики. Не менш вагомим аргументом на користь використання альтернативних джерел енергії є зменшення енергозалежності України від світових імпортерів.

Окрім того, розвиток альтернативної енергетики сприятиме створенню нових робочих місць (нині на об'єктах виробництва альтернативної енергії зайнято близько 15 тис. осіб, у країнах ЄС — понад 550 тис.).

Отже, об'єктивно виникає необхідність розвитку альтернативної енергетики, що сприятиме отриманню низки синергетичних ефектів у всіх галузях господарювання. Тобто значна частина позитивного ефекту від розвитку і збалансованого використання альтернативних джерел енергії позначиться не на енергетиці, а на інших сферах національного господарства. Проте подібні ефекти не враховано в ринкових цінах на електроенергію, отриману з альтернативних джерел, що унеможлиблює розвиток відновлюваної енергетики без державної підтримки.

Поряд із тим в аспекті екологічного ефекту, що в сучасному світі посідає одне з чільних місць, Україні необхідно зважати на Кіотський протокол, який став першою глобальною угодою



Рис. 1. Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення в Україні впродовж 2005–2016 рр.

Джерело: сформовано за даними Державної служби статистики України.

Таблиця 1

Викиди деяких забруднюючих речовин у атмосферне повітря (тис. т)  
від стаціонарних джерел забруднення у розрізі регіонів України, за 2016 р.\*

Область	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Метан	Речовини у вигляді твердих суспендованих частинок
Вінницька	51,1	8,2	5,0	40,5	9,2
Волинська	0,3	0,5	1,4	0,7	1,1
Дніпропетровська	181,8	43,2	354,5	134,6	107,6
Донецька*	393,0	55,3	268,7	148,1	106,5
Житомирська	0,9	1,5	1,6	2,3	2,2
Закарпатська	0,0	0,6	1,1	2,6	0,3
Запорізька	71,4	26,8	52,3	1,0	12,5
Івано-Франківська	137,7	13,3	2,9	6,6	31,5
Київська	44,0	10,4	3,2	7,9	30,0
Кіровоградська	0,8	1,2	2,2	2,0	4,0
Луганська*	62,0	12,9	53,8	4,0	17,0
Львівська	36,7	6,4	6,7	43,2	7,1
Миколаївська	0,6	2,5	1,7	4,2	3,5
Одеська	1,2	2,0	4,7	13,4	2,8
Полтавська	9,6	9,8	11,3	7,8	4,9
Рівненська	0,8	2,4	1,7	0,5	2,1
Сумська	3,1	2,9	5,1	3,1	3,5
Тернопільська	0,3	0,6	2,4	3,2	1,4
Харківська	47,0	12,2	8,1	5,7	23,4
Херсонська	0,5	0,3	0,8	5,8	1,0
Хмельницька	4,1	5,1	5,6	2,2	3,0
Черкаська	6,7	10,5	2,6	15,3	9,4
Чернівецька	0,4	0,2	0,8	0,2	0,8
Чернігівська	10,0	3,9	2,6	10,9	5,2
м. Київ	12,3	7,5	2,2	0,5	5,8
<b>Україна</b>	<b>1076,3</b>	<b>240,2</b>	<b>803,0</b>	<b>466,3</b>	<b>395,8</b>

\*Примітка: без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та зони проведення антитерористичної операції.

Джерело: дані Державної служби статистики України.

про охорону довкілля, де передбачено такий інструмент ринкового регулювання, як міжнародна торгівля квотами на викиди парникових газів. Із січня 2008 до грудня 2012 року тривав перший період реалізації протоколу (Україна отримала близько 4,6 млрд кіотських одиниць, витративши з них тільки 2 млрд та продавши 600 млн одиниць за гнучкими механізмами Кіотського протоколу — спільне здійснення і торгівля квотами, тобто в підсумку позитивна різниця становила близько 2 млрд одиниць, які за згодою сторін були перенесені на наступний

період, після якого розпочався другий, що триватиме до 2020 р. Саме у 2020 р. на зміну Кіотському протоколу прийде «Паризький договір», у рамках якого кожна із 160 країн-учасниць сама для себе визначатиме обсяги скорочення викидів і посилено виконуватиме зобов'язання. Метою цього договору є утримання підвищення середньої температури в світі у межах 2°C і намагаються скоротити його до 1,5°C [2; 4; 6–8]. Саме тому Україна має переглянути свій внесок щодо обсягу викидів CO<sub>2</sub>, який отримав критику з боку громадськості та суперечить

Таблиця 2

Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря (тис. т) від стаціонарних джерел забруднення за видами економічної діяльності в Україні, за 2016 р.

Види економічної діяльності	Усього забруднюючих речовин	У тому числі:				
		діоксид сірки	діоксид азоту	оксид вуглецю	метан	речовини у вигляді твердих суспендованих частинок
<b>Усього:</b>	<b>3078,5</b>	<b>1076,3</b>	<b>240,2</b>	<b>803,0</b>	<b>466,3</b>	<b>395,8</b>
Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	81,5	1,5	1,4	6,5	48,0	9,4
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	464,2	13,5	11,9	69,7	316,7	39,1
Переробна промисловість	977,4	61,2	60,4	689,8	10,8	105,6
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	1414,8	977,4	146,7	17,5	46,6	217,2
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	14,0	0,6	0,4	1,0	5,8	5,6
Будівництво	3,6	0,2	0,2	2,2	0,0	0,7
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	22,7	6,0	8,5	0,7	0,6	4,8
Транспорт, складське господарство, пошта та кур'єрська діяльність	60,3	0,8	8,9	9,2	32,5	5,0
Тимчасове розміщення й організація харчування; інформація та телекомунікації; фінансова та страхова діяльність; операції з нерухомим майном; діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	17,0	10,5	0,6	0,5	2,0	2,2
Професійна, наукова та технічна діяльність; освіта	4,1	0,9	0,2	0,9	0,2	1,5
Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	12,2	2,6	0,5	3,3	1,4	3,3
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	6,7	1,1	0,5	1,7	1,7	1,4

Джерело: дані Державної служби статистики України.

зобов'язанням у рамках Енергетичного співтовариства й угоди про асоціацію, а також не відповідає національним інтересам щодо підвищення енергетичної незалежності.

З огляду на це, беззаперечним є той факт, що нині існує потреба в розробці та обґрунтуванні нових ефективних заходів з подальшого розвитку і збалансованого використання аль-

тернативних джерел енергії та, відповідно, підвищення енергоефективності, що сприятиме зменшенню енергозалежності країни.

На нашу думку, на основі аналізу сучасного стану та можливих тенденцій розвитку альтернативної енергетики необхідно виокремити критерії оцінювання взаємодії економічної та екологічної підсистем, які відображатимуть

найповнішу сукупність взаємозалежностей для досягнення еколого-економічної мети. Тому, дослідивши низку методик розрахунку енергоефективності, ефективності заходів державної підтримки та розвитку різних галузей економіки, ми сформуваємо комплекс еколого-економічних критеріїв, які доцільно застосовувати для оцінки ефективності розвитку та збалансованого використання альтернативних джерел енергії за видами генерації: визначення потужності та її річного приросту; показників виробництва електроенергії, отриманої з альтернативних джерел; заощадження умовного палива та скорочення обсягів споживання природного газу; визначення обсягів попереджених викидів CO<sub>2</sub>, спрямування на технічно-досяжний та економічно доцільний потенціал виробництва електроенергії з ВДЕ; мінімізація ціни та собівартості електроенергії з альтернативних джерел енергії; збалансу-

вання обсягів споживання електроенергії та заміщення недостачі такого споживання альтернативною енергетикою.

Вироблена нами систематизація параметрів та критеріїв оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії свідчить про їх багатоаспектність, взаємообумовленість, різновекторність у питаннях оптимізації, що передбачає розробку додаткових інструментів підтримки та процедур реалізації чинних програм розвитку за умови їх практичного застосування. Під час уточнення системи параметрів оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії ми спиралися на принципи концепції сталого розвитку та раціонального природокористування.

Отже, ефективність збалансованого використання альтернативних джерел енергії ми вбачаємо в багатофакторній комплексній оцінці (рис. 2), націленій на підвищення відповідності

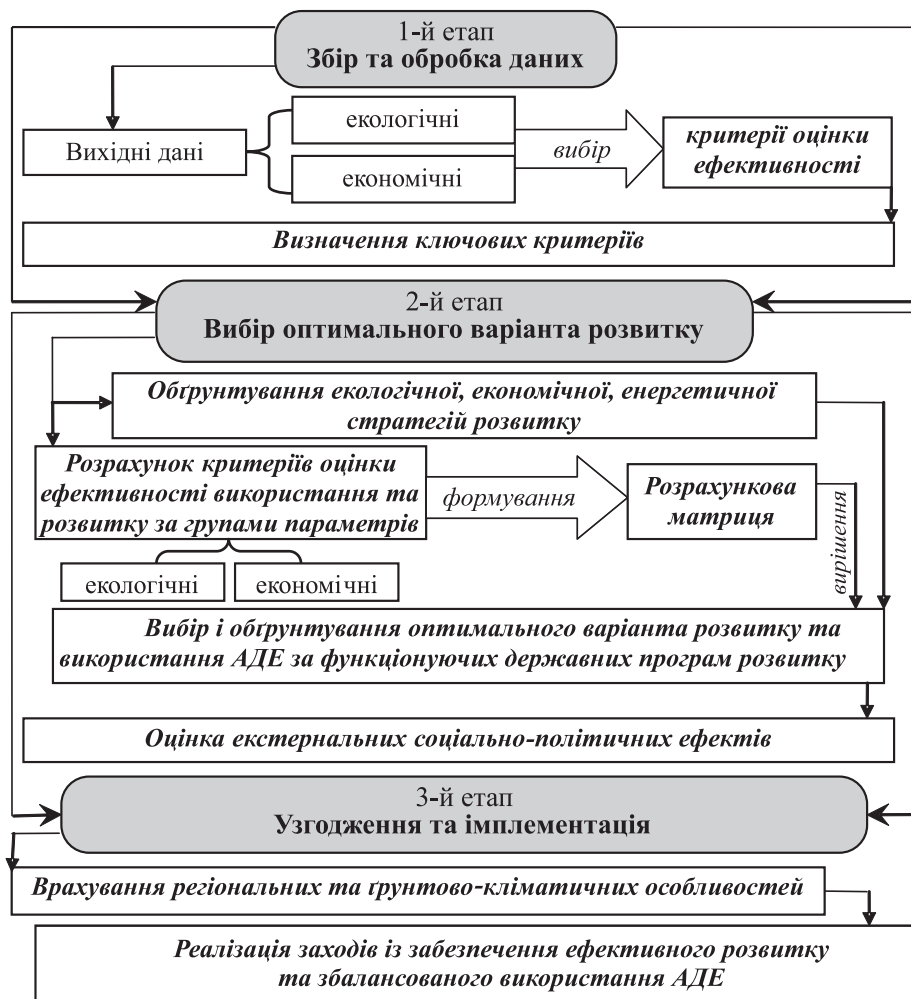


Рис. 2. Схема методичного підходу до оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії

Джерело: авторська розробка.

реагування органів державної влади на світові кон'юнктурні коливання і забезпечення адресності впровадження організаційно-економічних заходів, найбільш оптимальних в аспекті сукупності наведених еколого-економічних параметрів. Реалізація подібних заходів має також враховувати принцип системності, тобто кожен з розглянутих варіантів повинен враховувати ґрунтово-кліматичні, інституційно-регіональні, соціальні, техніко-технологічні, структурні, інвестиційні та інші групи заходів, з підвищення ефективності використання альтернативних джерел енергії.

Матричний метод оцінки ефективності, обґрунтування, коригування і розробки додаткових процедур реалізації чинних програм розвитку сектора альтернативної енергетики за умови їх практичного застосування, доповнений виконання завдання відмінності розмірностей і застосуванням критеріїв вибору наведено на рис. 2. Реалізація запропонованого методичного підходу складається з трьох етапів. На першому етапі збирається необхідна для оцінювання інформація, здійснюється кластеризація за територіальною ознакою (регіони, райони, зони тощо). З метою порівняння та узгодження обсягів виробленої електроенергії з альтернативних джерел та можливих обсягів заміщення у такий спосіб природного газу, а також виявлення попередженої екологічної шкоди через запобігання викидам CO<sub>2</sub>, всі оціночні

показники переведено в умовне паливо. Для формування основних показників, необхідних для реалізації запропонованого нами методичного підходу, використовується інформація за трирічний період з метою об'єктивності відображення даних (через анексію АР Крим та проведення антитерористичної операції у зоні конфлікту) у розрізі видів генерації. Наступним етапом є рахунок запропонованих нами показників ефективності (табл. 3).

Матриця за абсолютними значеннями показників ефективності використання альтернативних джерел енергії формується згідно з результатами розрахунку оціночних критеріїв за групами економічних та екологічних параметрів з кожного розглянутого альтернативного варіанта. Рішення отриманої матриці передбачає усунення відмінності розмірностей наведених параметрів, тобто переведення їх у безрозмірну форму. Для цього абсолютні значення показників ( $\Pi$ ) замінюються мірою їх досягнення:

$$K_i = \Pi_i / \Pi_n, \quad (1)$$

де  $\Pi_i$  і  $\Pi_n$  — поточне значення цього показника і встановлене його значення для певного способу генерування електроенергії згідно із національними планами та стратегіями розвитку відповідно.

На основі викладеного та зважаючи на сучасні реалії щодо необхідності підвищення

Таблиця 3

Динаміка розвитку альтернативної енергетики в Україні за видами генерації впродовж 2014–2016 рр. (фрагмент)

Показники	Способи генерації електроенергії за роками											
	СЕС			ВЕС			малі ГЕС			біомаса		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Потужність, МВт	411	431	530	426	426	437	80	87	90	35	35	39
Річний приріст потужності, МВт	71	20	99	180	0	11	5	7	3	18	0	4
Виробництво електроенергії, ГВт·год	485	475	492	1172	974	925	251	172	189	60	77	80
в нафтовому еквіваленті (н.е), тис. т	42	41	42	101	84	80	22	15	16	5	7	7
Заощадження умовного палива (у.п.), тис. т	175	171	177	422	351	333	90	62	68	22	28	29
Скорочення споживання природного газу, млн м <sup>3</sup>	151	147	153	364	303	287	78	53	59	19	24	25
Запобігання викидам CO <sub>2</sub> , тис. т	315	308	319	756	632	599	162	112	122	40	50	52

енергетичної незалежності країни, інвестиційної привабливості сектора альтернативної енергетики, а також зобов'язання в рамках Енергетичного співтовариства й угоди про асоціацію виникає необхідність у розрахунку інтегрального показника, який зможе відобразити ефективність використання АДЕ як у площині реалізації заходів державної енергетичної політики та інвестиційної привабливості, так і в аспекті екологічної безпеки. З огляду на це, для еколого-економічної оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії нами запропоновано інтегральний показник:

$$I_i = \sqrt[n]{K_1 \times K_2 \times \dots \times K_n}, \quad (2)$$

Інтегральний показник еколого-економічної ефективності використання альтернативних джерел енергії і показники екологічної й економічної ефективності, що є його складовими елементами, дають змогу повною мірою відобразити доцільність та векторну спрямованість впровадження організаційно-економічних заходів у сфері альтернативної енергетики. Зауважимо, потреби у значних стимулах наразі майже не виникає, проте економічна привабливість цих технологій виробництва і досі істотно залежить від нормативно-правової бази та ринкової кон'юнктури.

### ВИСНОВКИ

Запропонований нами методичний підхід до еколого-економічної оцінки ефективності використання альтернативних джерел енергії спирається на чинні програми розвитку та стратегічні пріоритети державної політики щодо забезпечення екологічної та енергетичної безпеки і передбачає використання інтегрального показника, що враховує попереджені можливі екологічні збитки від забруднення довкілля та націлений на підвищення відповідності реагування органів державної влади на світові кон'юнктурні коливання і забезпечення адресності впровадження організаційно-економічних заходів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державна служба статистики України: [Електронний ресурс] / — Офіційний сайт. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Динаміка розвитку сектору відновлюваної енергетики: [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Української асоціації відновлюваної енергетики. — Режим доступу: <http://uare.com.ua/dinamika-rozvitku-sektoru.html?limitstart=0>
3. Закон України «Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони» № 1678-VII від 16 вересня 2014 р.: [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної ради України. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>
4. Інформація щодо виробництва альтернативних видів палива та енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії. Сучасний стан. [Електронний ресурс] / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. — Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/activity/>
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року» № 902-р від 1 жовтня 2014 р.: [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної ради України. — Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>
6. Eurostat. Renewable energy statistics in EU-27 URL: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/)
7. United States Inflation Rate: [Електронний ресурс] / Website Trading Economics. — Режим доступу: <http://www.tradingeconomics.com/united-states/inflation-cpi>
8. Act on Granting Priority to Renewable Energy Sources (Renewable Energy Sources Act): [Електронний ресурс] / An on-line archive of articles and commentary on wind and solar energy, community power, renewable energy policy, and Advanced Renewable Tariffs. — Режим доступу: <http://www.wind-works.org/FeedLaws/Germany/GermanEEG2000.pdf>