

## **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇН: АСПЕКТ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Поставлено проблематику доцільності забезпечення енергетичної безпеки шляхом використання енергії з відновлювальних джерел. Досліджено співвідношення Індексу екологічного виміру та Індексу економічного виміру на основі даних 67 більш економічно розвинутих країн за 2012 рік. Проаналізовано розміщення у цих вимірах 7-и країн з ТОП-20 за використанням відновлюваних джерел енергії та економічно потужних країн «Великої Сімки». Доведено, що економічно розвинуті країни меншою мірою використовують альтернативну енергетику у своєму енергетичному балансі, проте мають високі значення індексів економічного і/або екологічного вимірів. Обґрунтовано те, що за Індексом екологічного виміру та рівнем енергетичної безпеки країни, що входять до ТОП-20 Індексу екологічної ефективності мають посередні значення енергетичної безпеки та характеризуються належною екологією. Визначено, що лише одна країна з ТОП-20 у використанні відновлювальних джерел енергії входить до ТОП-20 Індексу екологічної ефективності. Узагальнено те, що відновлювальна енергетика для більш економічно розвинутих країн не забезпечує належні рівні енергетичної безпеки та екології.

**Ключеві слова:** енергетична безпека, відновлювані джерела енергії, індекс екологічної ефективності

Voitko S.V.

## **SYSTEM ANALYSIS OF ENERGY SECURITY: THE ASPECT OF USING RENEWABLE ENERGY**

There are stated expedience issues of energy security provision by using energy from renewable sources. There is investigated correlation of Index environmental dimension and index economic dimension based on data from 67 economically more developed countries by 2012. There have been analysed the location of these dimensions 7 countries from top 20 for the use of renewable energy and economically powerful countries «Group of Seven». It is proved that economically less developed countries are using alternative energy in its energy mix, but have high indices of economic and / or environmental dimensions. It is substantiated that by Index environmental dimension and by level of energy security there are countries belonging to the top 20 of environmental performance index have mediocre values of energy security and are described by the proper ecology. It has been determined that only one country from top 20 in the using of renewable energy belongs to the top 20 of eco-efficiency index. It is generalised that Renewable Energy for the more economically developed countries do not provide the proper level of energy security and the ecology.

**Key words:** energy security, renewable energy, eco-efficiency index

Войтко С.В.

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАН: АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Поставлено проблематику целесообразности обеспечения энергетической безопасности путем использования энергии из возобновляемых источников. Исследовано соотношение Индекса экологического измерения и Индекса экономического измерения на основе данных 67 более экономически развитых стран в 2012 году. Проанализированы размещения в этих измерениях 7-и стран с ТОП-20 по использованию возобновляемых источников энергии и экономически развитых стран «Большой Семерки». Доказано, что экономически развитые страны в меньшей степени используют альтернативную энергетику в своем энергетическом балансе, однако имеют высокие значения индексов экономического и/или экологического измерений. Обосновано то, что по Индексу экологического измерения и по уровню энергетической безопасности страны, входящие в ТОП-20 индекса экологической эффективности имеют посредственные значения энергетической безопасности и характеризуются должным уровнем экологии. Определено, что только одна страна из ТОП-20 в использовании возобновляемых источников энергии входит в ТОП-20 индекса экологической эффективности. Обобщено то, что возобновляемая энергетика для более экономически развитых стран не обеспечивает должные уровни энергетической безопасности и экологии.

**Ключевые слова:** энергетическая безопасность, возобновляемые источники энергии, индекс экологической эффективности

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Постановка проблеми «Зелена» економіка, насамперед, це така економіка, яка, передусім, зважає на оточуюче середовище, природу, біогеоценоз, а не на всезростаючі потреби Людини. У даному випадку й впровадження технологій з використанням відновлювальних джерел є певною потребою. Проте кожна потреба, а саме ресурсне

забезпечення для задоволення неї, вимагає від людства та від Землі додаткових витрат ресурсів. Таким чином увагу слід звертати на те, щоб витрати на реалізацію «зелених» технологій були окуплені таким зиском, який перекрив би витрати різного роду ресурсів та не завдав шкоди довкіллю.

**Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми.** Тут, передусім, слід вести мову про сталий розвиток економік світу [1; 2; 3; 4; 5], розмови про цей розвиток вже ведуться близько півстоліття. У сталому розвитку поряд з іншим чинне місце посідає альтернативна енергетика, відновлювальні джерела енергії (у дослідженні використовується складова Renewable electricity (англ. відновлювані джерела енергії) з Environmental Performance Index (EPI) (англ. Індекс екологічної ефективності), що розробляє Єльський університет, США [6], а також дані з Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку [7].

За даними [8, с. 6] маємо для України на 2011 рік всього 0,2 % виробництва електроенергії альтернативною енергетикою у загальному енергобалансі країни. Це, звичайно, досить незначна частка, щоб говорити про «зелену» складову енергетики, про її розвиток. Така частка практично не впливає на енергетичну безпеку, проте інші країни мають більшу частку. Хоча, опосередковано гідроенергетику можна віднести до «зеленої», якщо не враховувати площі землі, які виведені нею з господарювання. До того ж існують дослідження, що доводять недоцільність використання відновлювальних джерел за сучасним рівнем цін та технологій [9, С. 103 – 108] та [10].

Обґрунтування актуальності дослідження. Так, маємо протиріччя, яке полягає у тому, що: 1) забезпечення потреб людства потребує все більше природних ресурсів; 2) ресурси можливо брати з так званих «зелених» технологій; 3) «зелені» технології передбачають реалізацію положень «зеленої» економіки; 4) окремі «зелені» технології можуть завдавати більш шкоди довкіллю, аніж «традиційні»; 5) економічна доцільність «зелених» технологій на базі виробництв сьогодні в окремих випадках є неефективною; 6) існує суперечливий досвід окремих країн у реалізації технологій на базі відновлювальних джерел енергії; 7) у вільному доступі є дані, що характеризують ту чи іншу сторону функціонування технологій значної кількості країн. Саме тому, враховуючи представлені протиріччя, поставлена проблематика доцільності забезпечення енергетичної безпеки шляхом використання енергії з відновлювальних джерел є актуальною.

**Цілі статті.** Для дослідження пропонується використати дані, що є у відкритому доступі, а саме Індекс екологічного виміру, Індекс економічного виміру, показник використання відновлюваних джерел енергії Індексу екологічної ефективності. Для спрощення аналізу масиву даних вводяться обмеження, а саме до розгляду береться та половина країн, яка має більші значення Індексу економічного виміру. Особливістю детального аналізу є те, що для нього обираються країни з двадцятки кращих за індексами (TOP-20). Для обґрунтування використання технологій на базі відновлювальних джерел енергії кожною з обраних країн застосовується аналіз рівня їх енергетичної безпеки.

Методологічною базою дослідження є комплексний підхід до аналізу показників та інтегральних індексів більш розвинених країн у координатах Індексу екологічного виміру, Індексу економічного виміру та Індексу енергетичної безпеки. Основу наукового пошуку становить системний підхід до визначення закономірностей у розміщенні країн за обраними показниками у двовимірному просторі. Використання методу обмеження за кількістю об'єктів, що досліджуються, надає змогу спростити процес і зосередитися на найбільш важливих отриманих закономірностях. Реалізацію запропонованих методичних підходів здійснено на основі математичного апарату електронних таблицю Excel.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

1. Місце країн-лідерів з використання відновлювальних джерел енергії у просторі економічного та екологічного вимірів

У дослідженні взято за основу дані 67 найбільш економічно розвинених країн з 116 представлених Індексом економічного виміру на сайті Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку [7]. Для дослідження енергетичної складової за індексом EPI доступні дані з 132 країн. Проте досить незначна кількість економічно розвинених країн має значний відсоток відновлювальної енергетики в енергобалансі. Тому зумисне введено обмеження: обрано для аналізу тільки 7 країн. Ці країни входять до TOP-20 індексу EPI Renewable electricity та одночасно до 67 найбільш економічно розвинених країн за Індексом

економічного виміру. Отже маємо можливість здійснити аналіз цих 7-и країн та економічно потужних країн «Великої Сімки».

До переліку найбільш економічно розвинених країн, що використаний у дослідженні, входять (за алфавітом): Австралія; Австрія; Азербайджан; Албанія; Аргентина; Бельгія; Болгарія; Боснія і Герцеговина; Бразилія; Велика Британія; Венесуела; В'єтнам; Вірменія; Греція; Грузія; Данія; Естонія; Єгипет; Ізраїль; Індія; Індонезія; Ірландія; Ісландія; Іспанія; Італія; Йорданія; Казахстан; Канада; Катар; Китай; Кіпр; Колумбія; Південна Корея; Латвія; Литва; Люксембург; Македонія; Малайзія; Мексика; Молдова; Нідерланди; Німеччина; Нова Зеландія; Норвегія; Об'єднані Арабські Емірати; Південна Африканська Республіка; Польща; Португалія; Російська Федерація; Румунія; Сербія; Словаччина; Словенія; США; Таїланд; Туреччина; Угорщина; Україна; Філіппіни; Фінляндія; Франція; Хорватія; Чехія; Чилі; Швейцарія; Швеція; Японія.

До країн, що увійшли до TOP-20 EPI Renewable electricity, належать (за рейтингом): Парагвай; Ісландія; Мозамбік; Замбія; Непал; Конго; Албанія; Таджикистан; Норвегія; Коста Ріка; Киргизія; Бразилія; Ефіопія; Грузія; Намібія; Гана; Ангола; Того; Колумбія; Венесуела. Зазначимо, що Україна у цьому рейтингу посіла 92 позицію. До речі, за інтегральним показником EPI маємо в першій двадцятці такі країни (за рейтингом): Швейцарія; Латвія; Норвегія; Люксембург; Коста Ріка; Франція; Австрія; Італія; Великобританія; Швеція; Німеччина; Словакія; Ісландія; Нова Зеландія; Албанія; Нідерланди; Литва; Чехія; Фінляндія; Греція. Таким чином, до країн, що мають значні обсяги використання відновлювальної енергетики та одночасно високі показники EPI належать (за рейтингом): Ісландія (24 позиція з економічним виміром); Албанія (61 позиція); Коста Ріка (41 позиція).

На рис. 1 представлена візуалізація співвідношень Індексу екологічного виміру та Індексу економічного виміру. Графічно (пропорційно площі кола) подано для кожної країни ВВП на одну особу. Виділено іншим шрифтом ті країни, що аналізуються у дослідженні.

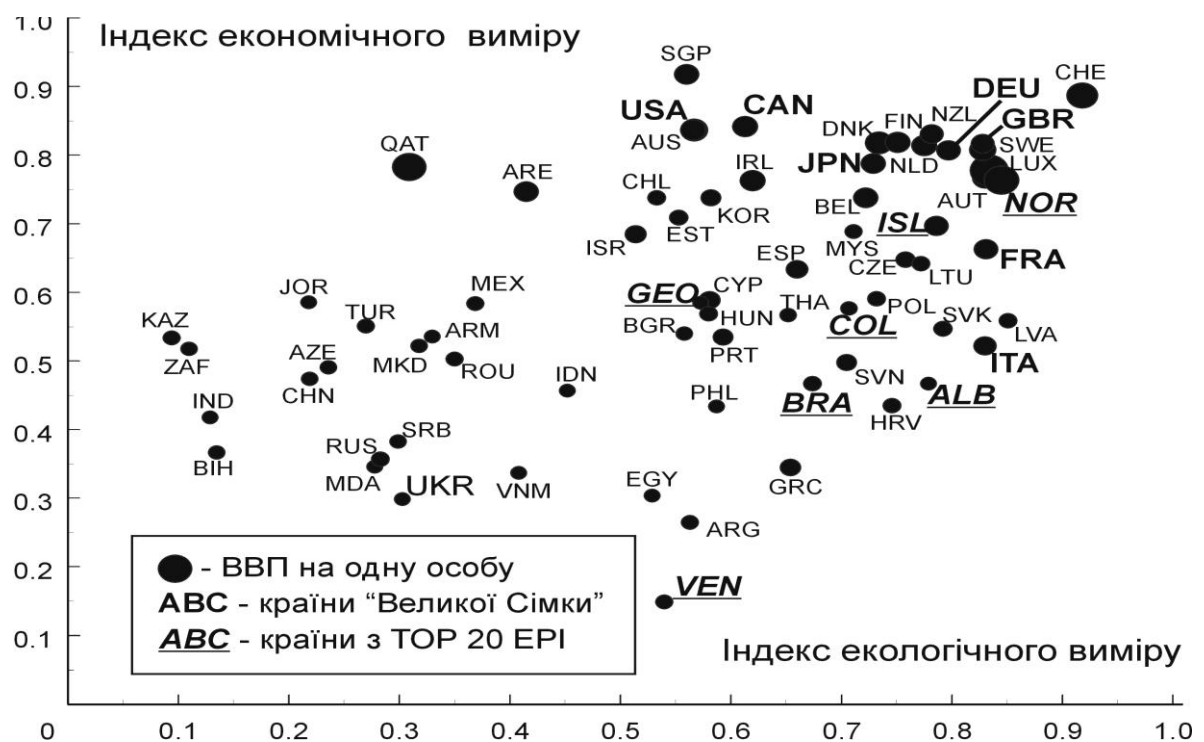


Рис. 1. Співвідношення Індексу екологічного виміру та Індексу економічного виміру (дані 2012 року, [7])

За результатами аналізу положень країн у приведених координатах слід зазначити наступне, що такі країни, як Швейцарія, Швеція, Великобританія, Німеччина тощо мають як розвинуту економіку, так і належну екологію. Україна у цих координатах має одну з найгірших позицій за економічним виміром. Зазначимо, що жодна з країн «Великої Сімки» не потрапила у TOP-20 рейтингу EPI. Стосовно TOP-20 EPI, то слід звернути увагу на Норвегію (9 позиція у рейтингу EPI за Renewable electricity), яка має розвинуту економічну систему та високий рівень екологічної складової.

Країни «Великої Сімки» розміщуються у зонах, які мають високі значення Індексу економічного виміру чи Індексу екологічного виміру. Сім країн, що потрапили до TOP-20 рейтингу EPI за Renewable electricity, як правило, мають деяку «перевагу» екологічної складової над економічною.

### 2. Оцінювання енергетичної безпеки у зрізі використання відновлювальних джерел енергії та екології

Енергетична безпека країни є однією з важливих складових забезпечення політичної та економічної стабільності будь-якої держави. Проте виробництво та розподіл енергії певним чином пов'язаний з екологією території. Так, «зелені» технології певним чином мають дещо знизити негативний вплив зростання рівня потреб в енергії, але самі можуть зумовити ще більший негативний вплив на біосферу при нераціональному використанні. Для вирішення протиріччя між «класичною» та «зеленою» енергетикою пропонується здійснити дослідження за фактичними даними 2012 року рівнів екології, енергетичної безпеки та використання відновлювальних джерел енергії найбільш розвиненими країнами. На рис. 2 представлено візуалізацію співвідношення екологічної складової та енергетичної безпеки. За аналізом розміщення країн у означених координатах зазначимо, що представлені 67 країн досить «розпорошено» розміщені на площині. Основна маса країн, що належать до більш економічно розвинених, знаходиться нижче значення 0,6 Індексу енергетичної безпеки. Заслугує уваги те, що країни, які входять до TOP-20 EPI також мають значення енергетичної безпеки нижче 0,6, проте значення Індексу екологічного виміру для них становить понад 0,7.

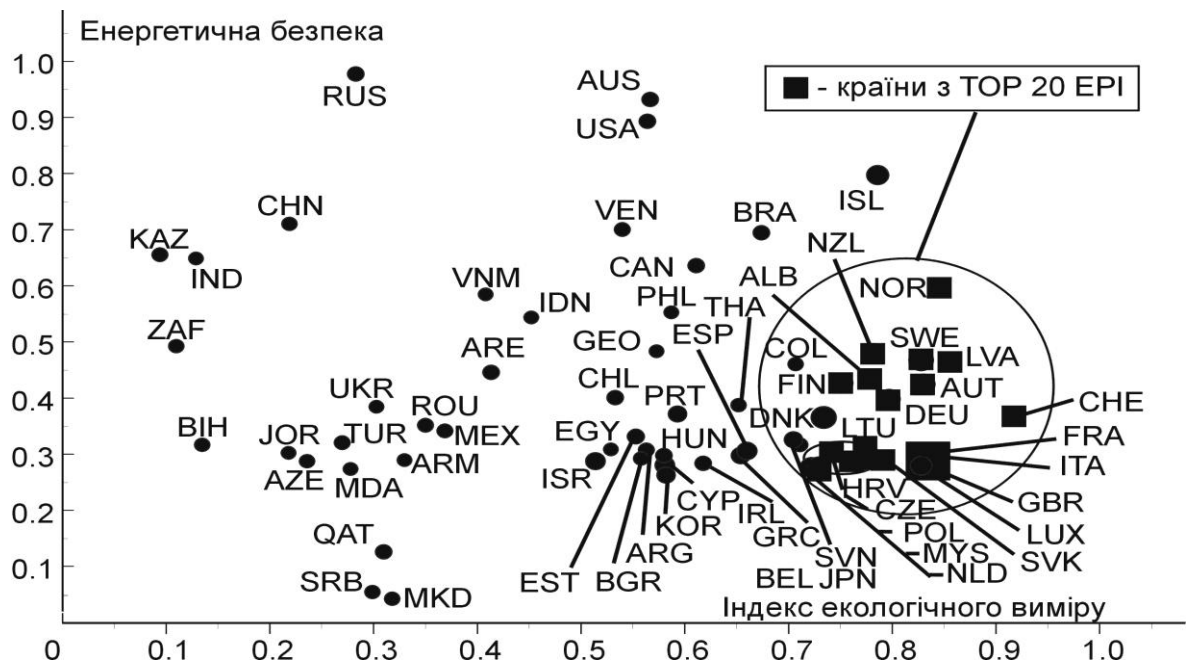


Рис. 2. Співвідношення Індексу екологічного виміру та рівня енергетичної безпеки (дані 2012 року, [7])

До того варто відзначити, що ці країни компактно знаходяться в області, яка розміщується у межах 0,25 – 0,60 за індексом енергетичної безпеки та 0,70 – 0,95 за Індексом екологічного виміру. У цю область увійшла тільки Албанія, яка належить до TOP-20 EPI та TOP-20 EPI за Renewable electricity.

### 3. «Зелений» тариф у розвитку енергетики на основі використання відновлювальних джерел

Реалізація положень «зеленої» тарифікації на електроенергію, що виробляється з відновлюваних джерел енергії, є значним поштовхом до розвитку цієї сфери. Зазначений тариф дозволить, з одного боку, стимулювати використання відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії, а з іншого, може спричинити подальший розвиток неефективних на даний час і у найближчій перспективі генеруючих потужностей.

Дохідність підприємств «зеленої» енергетики завдяки цьому тарифу в абсолютному значенні на одну кіловат-годину енергії набагато вища «класичних» електрогенеруючих підприємств саме завдяки «зеленому» тарифу. Ґрунтується така дохідність на обов'язку

енергоринку викупувати ці кіловат-години саме за цим «зеленим» тарифом за рахунок зниження прибутковості інших сфер електроенергетики.

Слід зазначити, що точки беззбитковості, наприклад, для сонячної енергетики, що базується на фотоелектричних напівпровідниках, у реальних умовах нашої країни практично не можна досягти. У [10] приведені розрахунки відносно виробництва та експлуатації кремнієвих сонячних батарей. Базуючись на орієнтовних розрахунках та припущеннях відмітимо, що, навіть, незважаючи на географічне розміщення України, використання сонячних батарей не є економічно вигідним, враховуючи тільки один факт: орієнтовний обсяг використання електроенергії на вироблення сонячної батареї більша, ніж ця батарея генеруватиме електроенергії в умовах нашого регіонального розміщення за свій середній за часом у життєвому циклі етап експлуатації. Так, у космосі, у важкодоступних місцях така енергія є економічно обґрунтованою, проте її використання у реаліях розвинутої «класичної» енергетики завдає більше шкоди Землі, ніж вигоди.

Так, сонячна енергетика на фотоелементах не єдина. Є й інші сфери: гідро-, вітро-, припливна енергетика тощо. Кожна з цих сфер має право на існування, потребує економічного та екологічного обґрунтування. І кожна з цих сфер має надавати людству таку «зелену» вигоду, яка має бути більшою, ніж «зелені» втрати від її використання.

**Висновки.** Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методичного підходу до комплексного двовимірного аналізу індексів, що характеризують ті чи інші об'єкти (у нашому випадку – країни) з використанням інтегральних та одиничних показників з використанням фільтрів, що обмежують кількість об'єктів дослідження з метою поглибленого аналізу найбільш важливих закономірностей, які спостерігаються у розміщенні об'єктів в обраній системі координат.

До важливих висновків дослідження варто віднести наступні:

1) Економічний розвиток країн поки що не забезпечується використанням новітніх технологій із заміщення «класичних» джерел енергії відновлюваними (доведено на основі Індексу економічного виміру та показника використання відновлювальних джерел енергії Environmental Performance Index (EPI)).

2) Енергетична безпека, як правило, на сьогодні не забезпечується використанням відновлювальних джерел енергії більш економічно розвиненими країнами (доведено на основі Індексу економічної безпеки та Індексу економічного розвитку).

3) Належний рівень енергетичної безпеки мають як країни «Великої Сімки», так і країни із значним рівнем Індексу екологічної ефективності (доведено на співвідношенні Індексу екологічного виміру та рівня енергетичної безпеки).

4) Конкуренцію «зелених» енергетиці створюють, насамперед, «менш зелені» суб'єкти «зеленої» енергетики. Саме в умовах впровадження конкурентних відносин в електроенергетику України стає очевидним, що важливим чинником успішного функціонування даної галузі є забезпечення ефективного державного регулювання, яке слід спрямовувати на створення конкурентних умов господарювання. Варто зазначити, що конкуренція здійснюється на паритетних засадах, адже високий рівень зносу основних засобів традиційної енергетики знижує рівень конкурентноздатності цієї сфери, а практично незношені основні засоби електростанцій альтернативної енергетики – це потужний чинник успішності на конкурентному ринку.

Подальших наукових досліджень потребує формування та реалізація засад конкуренції в електроенергетиці з боку відновлювальної енергетики, що зумовлюють проведення досліджень динамічних ефектів, використовуючи дані, що характеризують значні відтинки часу. Доцільно також проводити дослідження впливу глобальної економічної кризи на розвиток як «класичних», так і «зелених» технологій виробництва електроенергії. Стосовно стратегії розвитку, то мова саме тут має йти про розумну достатність, економічну доцільність реалізації проектів з отримання енергії з відновлювальних джерел у тих чи інших умовах з поглядом саме на довгострокову перспективу.

#### Список використаних джерел:

1. Будущее, которого мы хотим / Резолюция 66/288. Генеральной Ассамблеи ООН // [Электронный ресурс] документ A/RES/66/288, 11.09.2012г. – 68 с. – Режим доступа: <http://daccess-ods.un.org/TMP/3352657.85455704.html>
2. Згуровський М. З. Сталый розвиток у глобальному і регіональному вимірах: аналіз за даними 2005 р. / М. З. Згуровський. – К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. – 84 с.
3. Трансформація процесу транснаціоналізації в умовах зростання невизначеності глобального економічного середовища : монографія / [Ю. В. Макогон та ін.]; під ред. Т. В. Орехової. – Д. : Норд Прес, 2011. – 652 с.

4. Національна парадигма сталого розвитку України / за заг. ред. академіка НАН України, д.т.н., проф., засл. діяча науки і техніки України Б. Є. Патона. – К. : Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2012. – 72 с.
5. Новий курс: реформи в Україні. 2010 – 2015. Національна доповідь / за заг. ред. В. М. Гейця [та ін.]. – К.: НВЦ НБУВ, 2010. – 232 с.
6. Pilot Trend Environmental Performance Index (Trend EPI) - 2012 [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Єльського університету (США). – Режим доступу: <http://epi.yale.edu/sites/default/files/downloads/teepidataspreadsheets.zip>
7. Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wdc.org.ua/uk/data>
8. Renewable energy in Ukraine : Industry overview – К.: Deloitte, 2012. – 26 р.
9. Строкаченко О. І. Оцінювання ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії / О. І. Строкаченко // Держава і регіони : наук.-вироб. журнал. Серія: Економіка та підприємництво. – Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2012. – № 3 (66). – С. 103 – 108.
10. Ліснічук Ю. С. Дослідження ефективності виробництва та експлуатації кремнієвих сонячних батарей у короткостроковій та середньостроковій перспективі [Електронний ресурс] / Ю. С. Ліснічук, С. В. Войтко // Ефективна економіка. – 2013. - № 4. Режим доступу до журналу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1979>