

**РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ У КОНТЕКСТІ  
ПЕРЕХОДУ ДО ВУГЛЕЦЕВО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ<sup>1</sup>****Пімоненко Т.В.,**

д.е.н., доцент, доцент кафедри маркетингу,  
Сумський державний університет,  
[tetyana.pimonenko@gmail.com](mailto:tetyana.pimonenko@gmail.com)

**Люльов О.В.,**

д.е.н., професор, завідувач кафедри маркетингу,  
Сумський державний університет,  
[alex\\_lyulev@econ.sumdu.edu.ua](mailto:alex_lyulev@econ.sumdu.edu.ua)

**Летуновська Н.Є.,**

к.е.н., доцент, старший викладач кафедри маркетингу,  
Сумський державний університет,  
[n.letunovska@kmm.sumdu.edu.ua](mailto:n.letunovska@kmm.sumdu.edu.ua)

**Литвиненко О.І.,**

аспірант кафедри маркетингу,  
Сумський державний університет,  
[oleksii.lytvynenko@gmail.com](mailto:oleksii.lytvynenko@gmail.com)

**Назаренко А.П.,**

студент,  
Сумський державний університет,

*Метою статті є дослідження сучасних тенденцій з використання сонячної енергії в Україні та світі як одного з головних напрямів декарбонізації національної економіки. Авторами систематизовано перспективи, переваги та недоліки розвитку відновлюваних джерел енергії. Проведено порівняльний аналіз «ефективності» роботи сонячної енергетики в окремих країнах світу та Україні. Визначено, що лідируючу позицію за питомою вагою спожитої енергії з відновних джерел займають країни з розвинутою економікою, що обумовлено наявністю ефективних мотиваційних механізмів. З досвіду країн ЄС автори зробили висновок про те, що відновлювальні джерела енергії формують передумову до одержання додаткових соціально-економічних та екологічних ефектів. За наявності сприятливих ринкових умов відновлювальні джерела енергії спроможні забезпечити зростання рівня енергетичної безпеки в країні, а також її енергетичну незалежність. У статті проаналізовано законодавство України щодо стимулювання розвитку альтернативної енергетики. Зроблено висновки та запропоновано два діаметрально протилежні шляхи подальшого розвитку сонячної енергетики в Україні, зокрема країна може впроваджувати методи використання альтернативної енергетики, що успішно реалізовані розвиненими країнами. Інший напрямок передбачає збільшення наукових досліджень та інновацій у сфері імплементації, використання, обслуговування та утилізації пристроїв генерації енергії з альтернативних джерел енергії. Не дивлячись на полярність запропонованих напрямків подальшого розвитку відновлюваної енергетики, в обох випадках вирішальною є державна політика щодо залучення інвестицій та популяризації використання енергетики з альтернативних джерел енергії. Крім того, авторам зазначені переваги для суспільства від розвитку та впровадження альтернативних джерел енергії. Масштабування та популяризація технологій виробництва енергії з альтернативних джерел спроможні вплинути на скорочення викидів вуглецю, що становить нагальну проблему в світі останніми роками.*

**Ключові слова:** екологічні збитки, відновлювальні джерела енергії, інноваційні технології, альтернативна енергетика, енергетичний перехід.

DOI: 10.21272/1817-9215.2021.1-24

**ВСТУП**

Зміна клімату, накопичення екологічного збитку, що спричинені деструктивним функціонуванням промислового сектору, загострення екологічних проблем, пов'язані

---

<sup>1</sup> Ця робота була підтримана Національним фондом досліджень України (2020.02/0231 «Стохастичне моделювання дорожньої карти гармонізації вітчизняних та європейських стандартів регулювання енергетичного ринку на шляху переходу до циркулярної та вуглецево-нейтральної економіки»)

з викидом небезпечних речовин в атмосферу та водні басейни, обумовлюють необхідність пошуку ефективних механізмів розвитку альтернативної енергетики.

Слід відмітити, що спалювання викопного палива (традиційне джерело енергії) для отримання енергії призводить до значних обсягів викидів парникових газів, які сприяють глобальному потеплінню. У свою чергу, більшість джерел відновлюваної енергії майже не мають викидів. Відповідно до офіційних звітів експертів вартість виробництва енергії з відновлювальних джерел з кожним роком знижується за рахунок розвитку та впровадження інноваційних технологій. При цьому крім зменшення забруднення повітря, а також витрат та стабілізацію цін на енергоносії, відновлювані джерела енергії обумовлюють екологоорієнтований розвиток промислового сектору і, як наслідок, одержання не лише економічних, а й соціальних ефектів (зростання кількості робочих місць, зменшення рівня захворюваності тощо).

Результати дослідження свідчать, що традиційно виокремлюють такі види відновлювальних джерел енергії [1]:

- енергія сонця – сонячна енергія, а також її похідні: енергія вітру, енергія рослинної біомаси, енергія водних потоків тощо;
- енергія Землі – геотермальна енергія;
- енергія орбітального руху планет – енергія припливів та відпливів.

Під енергією Землі розуміють геотермальну енергію нашої планети. У надрах Землі зосереджена теплова енергія, однак технологічні труднощі і високі витрати не дозволяють розглядати ці енергоресурси як поширене джерело енергії. Крім того, розподіл доступної геотермальної енергії на континентах дуже нерівномірний і обумовлений структурно-тектонічними умовами місцевості.

Щодо енергії припливів та відпливів, то вона має вузьку географічну орієнтацію, і в реаліях України створення та використання такого джерела енергії є малоефективним в промислових обсягах.

Розташування греблі в гирлах річок має значний вплив на екосистему, а для практичного та ефективного функціонування гідроелектростанцій без греблі важливе значення мають значні перепади відміток місцевості, висока водність і швидкість течії.

Для розташування вітрових електростанцій найкращими є місцевості з потужними та сталими вітрами, такі як прибережні смуги та вершини гір, що обмежує повсюдне використання вітроелектростанцій.

Враховуючи вище зазначене, а також беручи до уваги безшумність систем генерації сонячної енергії, легкість автоматизації, безпеку в експлуатації, надійність, ремонтпридатність та низькі експлуатаційні витрати, сонячна енергія не випадково займає лідируюче положення серед всіх видів відновлювальних джерел енергії і є найбільш перспективною [2].

До основних недоліків, що обмежує застосування відновлювальних джерел енергії, слід віднести відносно низьку енергетичну потужність і мінливість. Низька питома потужність потоку енергоносія призводить до збільшення габаритних показників енергетичних установок, а мінливість первинного енергоресурсу, аж до періодів його повної відсутності, викликає необхідність в пристроях акумулювання енергії або резервних джерелах енергії. Слід зазначити і про відносно високі капітальні затрати на енергетичні установки і вартість енергії, виробленої з альтернативних джерел. Також повільний розвиток відновлювальних джерел енергії в Україні можна пояснити:

- відсутністю надійних прогнозів соціально-економічного та енергетичного розвитку країни на тривалу перспективу;
- істотно нижчими, ніж в інших країнах, цінами і тарифами на електричну та теплову енергію в районах централізованого енергопостачання, що знижує економічну конкурентоспроможність альтернативних джерел енергії;
- слабкою поінформованістю представників органів влади, бізнес-спільноти та населення про можливості та переваги використання альтернативних джерел енергії;

– недостатнім фінансуванням науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт і дослідно-демонстраційних об'єктів в різних регіонах країни.

На думку авторів, актуальним є питання щодо поширення та популяризації відновлюваної енергетики у світі загалом та в Україні зокрема.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У дослідженні [3] автори зазначають, що хоча сонячна енергетика має незначну частку в загальному виробництві, саме вона має найшвидші темпи зростання в світі завдяки вдалим діям урядів окремих країн щодо стимулювання та дотацій цього сектору. У праці [4] науковці зазначають, що саме завдяки альтернативній енергетиці та інноваційним рішенням незабаром грецький острів Тінос стане першим автономним відновлюваним зеленим островом у Середземномор'ї, що буде функціонувати лише за рахунок вітрової та сонячної енергії. У праці [5] зазначається, що використання сонячної енергії в Колумбії дозволило більш ніж 2% населення країни з не електрифікованих місцевостей освітити своє житло. Досліджуючи альтернативні види енергії у світі Кабір та Кумар у праці [6] відзначили, що незважаючи на кілька недоліків саме сонячна енергія є однією з найбільш перспективних відновлюваних джерел енергії для задоволення майбутнього світового попиту на енергію. Таким чином, незалежно від географічного положення країни та року дослідження всі вчені приходять до висновку, що сонячна енергія має потужний потенціал для вирішення світових енергетичних проблем.

Для повноти огляду і аналізу літератури варто приділити окрему увагу науковим роботам, які вбачають негативний вплив відновлювальної енергетики загалом та скептично ставляться до сонячної енергетики зокрема. Так, Гед Трейнер у праці [7] зазначає, що альтернативні джерела ніколи не зможуть задовольнити світові енергетичні потреби, аргументуючи свою позицію мінливістю відновлюваних джерел енергії та непомірними і недооціненими інвестиційними затратами. Нсілулу Мбунгу в своїй публікації [8] визначає, що основним недоліком альтернативної енергетики є проблеми, спричинені процесами та технологіями перетворення джерел енергії: візуальне «забруднення» для вітроенергетики, запах для біомаси, значні потреби землі для сонячної енергетики, соляні розчини від геотермальних систем. У праці [9] автори критично оцінюють вплив основних відновлюваних джерел енергії на навколишнє середовище, аргументуючи свою думку деструктивним впливом процесів і технологій відновлюваної енергетики на місцеві середовища існування рослин та тварин, що призводить до знищення цілих екосистем. Давід Мохташам у своїй оглядовій статті [10] основну проблему використання відновлюваних джерел енергії вбачає у великих початкових витратах, але, враховуючи переваги, саме у відновлюваних джерелах енергії бачить рішення сучасних екологічних, соціальних та економічних проблем суспільства. Відповідь усім критикам дають Марк Дісендорф та Бен Елістон. У своїй праці [11] вони обґрунтували, що основними перешкодами на шляху до глобального впровадження відновлювальної енергетики є у першу чергу політичні, інституційні та культурні чинники.

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою дослідження є аналіз сучасних тенденцій з використання сонячної енергії в Україні та світі як одного з головних напрямків декарбонізації національної економіки.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

*Тенденції альтернативної та сонячної енергетики у світі.* Стрімке проникнення принципів сталого розвитку в усі сектори економіки обумовлює нагальність та важливість розвитку альтернативних джерел енергії, що забезпечують зниження екодеструктивного впливу на навколишнє природне середовище. За останнє десятиліття було досягнуто значного прогресу у використанні відновлюваної енергетики, енергоефективності та розширенні доступу до енергії. Однак світ все ще

далекий до досягнення міжнародних кліматичних цілей, встановлених Паризькою угодою, та міжнародних цілей сталого розвитку [12]. У країнах ЄС енергетичний перехід до системи на основі відновлювальної енергії регулюється Директивою [13], яка зобов'язувала країни-члени до 2020 року збільшити до 20% частку енергії з відновлюваних джерел у загальному споживанні енергії в Європі. Також країни ЄС Директивою [14] встановили обов'язкову ціль на частку відновлюваної енергії в загальному виробництві щонайменше 32% до 2030 року. Згідно прогнозів енергетично-інформаційної агенції США [15] в 2050 році у світі електроенергія, отримана від сонця, вітру, води, біомаси та тепла землі, буде складати майже 50% від загальної кількості виробленої електроенергії.

Останніми роками в світі відновлювана енергетика розвивається інтенсивніше, ніж традиційна. Так, відповідно до Глобальної доповіді REN21 «Про статус відновлюваної енергетики 2020» [16], питома вага відновлюваної енергетики в 2019 р. складала 75% від нововведених енергогенеруючих потужностей у світі, рисунок 1.

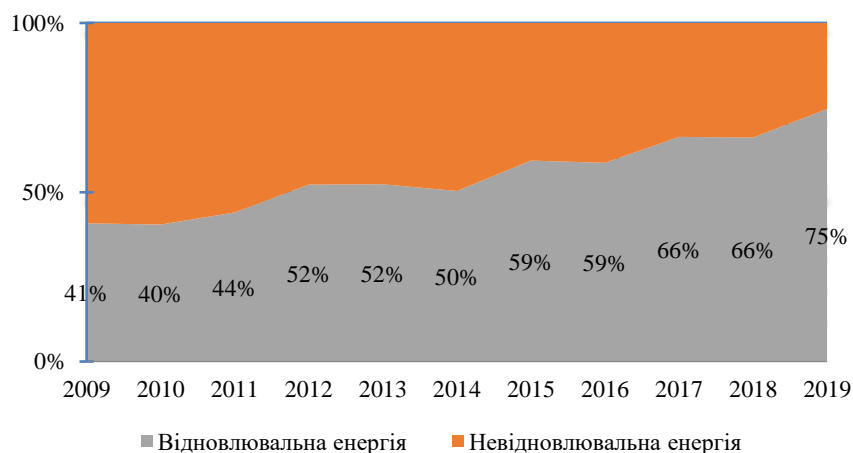


Рисунок 1. Питома вага відновлюваних джерел енергії у щорічних нововведених енергогенеруючих потужностях у світі  
Джерело: побудовано авторами на основі [16]

Треба зазначити, що вже п'ятий рік поспіль питома вага енергії, згенерованої відновлюваними джерелами перевищує 50% від загальної кількості нововведених енергогенеруючих потужностей у світі. Результати досліджень свідчать, що питома вага відновлюваної енергетики в виробництві електроенергії в світі з кожним роком поступово зростає. Понад 200 ГВт відновлювальної енергетики було встановлено в усьому світі впродовж 2019 р., а загальна глобальна потужність відновлюваної енергетики зросла більше ніж на 8% та становить близько 2,588 ГВт на кінець 2019 р. З приростом близько 115 ГВт, що складає 57% від нових відновлюваних потужностей, сонячні джерела є лідерами встановленої потужності відновлюваної енергії, на другому і третьому місцях – нові відновлювані потужності, пов'язані з енергією вітру (30%) та гідроенергетикою (8%), Рисунок 2.

Упродовж 2019 р. продовжувала змінюватися структура встановленої потужності відновлюваної енергетики в світі. Так, гідроенергетика більше не становила половини сукупної потужності відновлюваної енергії в експлуатації, знизившись до 44%. Тим часом енергія вітру зросла і вперше перевищила 23% встановленої потужності виробництва відновлюваної енергії, у той час як сонячні фотоелектричні елементи продовжили своє зростання та становили майже 23%. Загалом, відновлювана енергетика зросла до 33% від загальної встановленої в світі потужності з виробництва енергії [17].

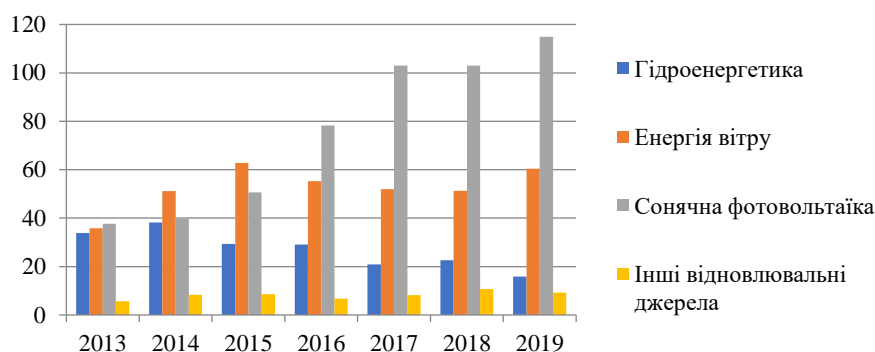


Рисунок 2. Щорічні прирости потужностей відновлюваної енергетики за джерелами енергії, %

Джерело: побудовано авторами на основі [16]

Відповідно до офіційних даних, у 2019 р. світовий ринок сонячної фотovoltaїки третій рік поспіль зріс більш ніж на 100 ГВт, тим самим збільшивши загальну потужність майже на 25% до 627 ГВт, рисунок 3.

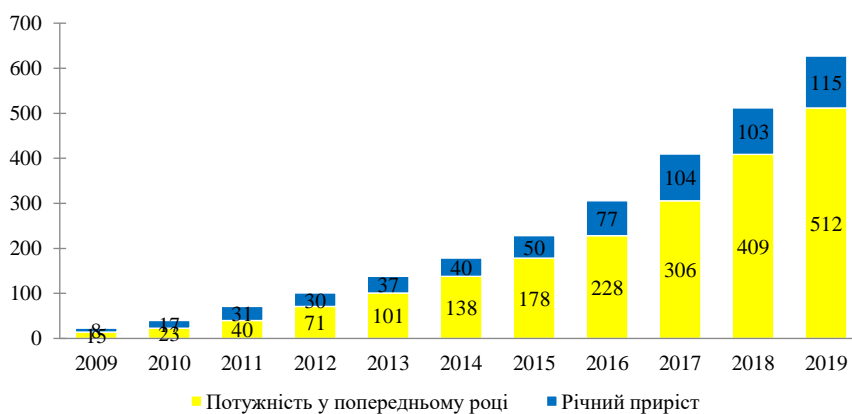


Рисунок 3. Загальна потужність сонячної фотоелектрики та щорічні прирости, ГВт

Джерело: побудовано авторами на основі [16]

Лідируючі позиції займають Китай, США, Індія, Японія, В'єтнам, Іспанія, Німеччина, Австралія, Україна та Корея, які сумарно встановили майже 75% нововведених потужностей [16]. Станом на кінець 2019 р. провідними країнами за загальною потужністю сонячної фотоелектрики, як і рік тому, залишилися Китай, США, Японія, Німеччина та Індія, рисунок 4.

Глобальні викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з енергетикою, у 2019 р. порівняно з 2018 р. залишилися майже незмінними на рівні 33 гігатонн (Gt), після двох років стабільного збільшення. Це відбулось головним чином завдяки різкому зменшенню викидів CO<sub>2</sub> з енергетичного сектора в країнах з розвинутою економікою (Австралія, Канада, Китай, Європейський Союз, Ісландія, Ізраїль, Японія, Корея, Мексика, Норвегія, Нова Зеландія, Швейцарія, Туреччина та США), завдяки зростаючій ролі відновлюваних джерел (переважно вітру та сонячної фотоелектричної енергії) [18].

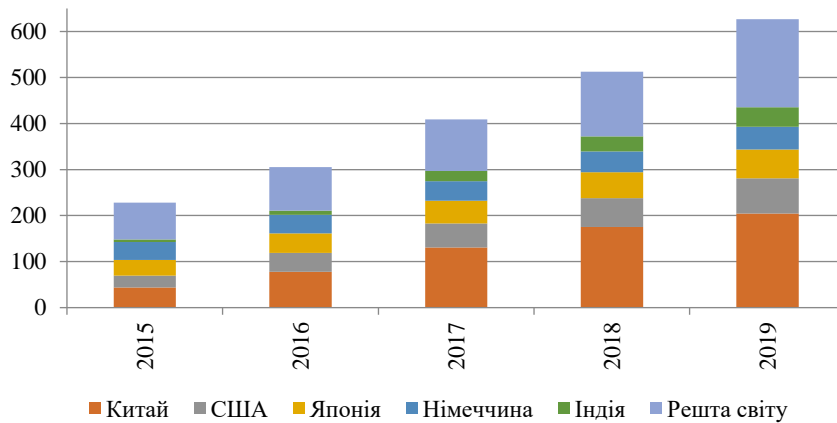


Рисунок 4. Загальна потужність сонячної фотоелектрики по країнами, ГВт  
Джерело: побудовано авторами на основі [16]

Глобальні інвестиції в відновлювану енергетику досягли значного прогресу між 2009 та 2019 роками, загалом залучивши більш ніж 3 трильйони доларів США впродовж зазначеного періоду. Відповідно до офіційних даних, у 2019 р. в альтернативну енергетику у світі було інвестовано понад 300 мільярдів доларів США, що майже вдвічі перевищує показники 2009 р., рисунок 5.

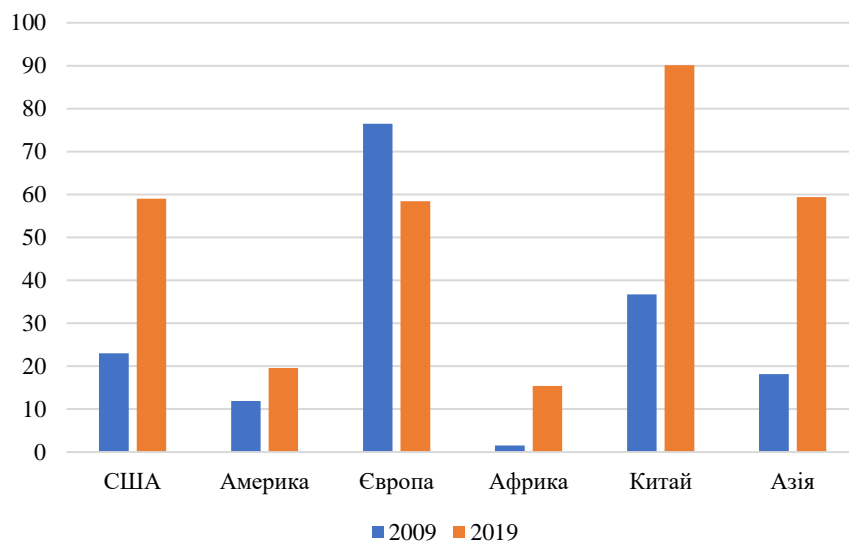


Рисунок 5. Глобальні інвестиції у відновлювану енергетику по регіонам, млрд дол. США  
Джерело: побудовано авторами на основі [25]

На Китай та США, які у 2019 р. залучили 90 та 59 млрд дол. США відповідно, припадає 50% глобальних інвестицій у відновлювану енергетику.

Сонячна та вітрова енергетики закріпили своє домінування у 2019 р., отримавши майже 94% глобальних інвестицій порівняно з 81% у 2009 р., рисунок 6.

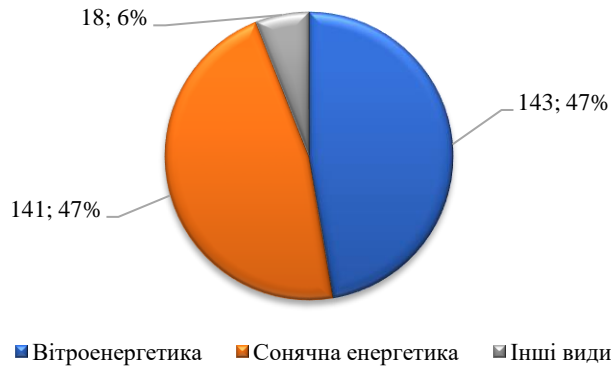


Рисунок 6. Структура глобальних інвестицій у відновлювану енергетику за джерелами у 2019 р., млрд дол. США та у %  
Джерело: побудовано авторами на основі [25]

Аналізуючи помітне уповільнення темпів зростання глобальних інвестицій у відновлювану енергетику в останні роки слід враховувати, що з кожним роком на один інвестований долар США встановлюється все більше генеруючих потужностей, що стало можливим завдяки вдосконаленню виробництва та технологій, підтримці досліджень та розробок, а також політиці прямого стимулювання альтернативної енергетики.

У період з 2013 по 2019 роки значного зростання зазнала зайнятість населення в секторі альтернативної енергетики. За оцінками в усьому світі у 2019 р. кількість робочих місць у відновлюваній енергетиці становила 11,5 млн, збільшившись майже на 3 млн порівняно з показником у 8,5 млн у 2013 р., рисунок 7.

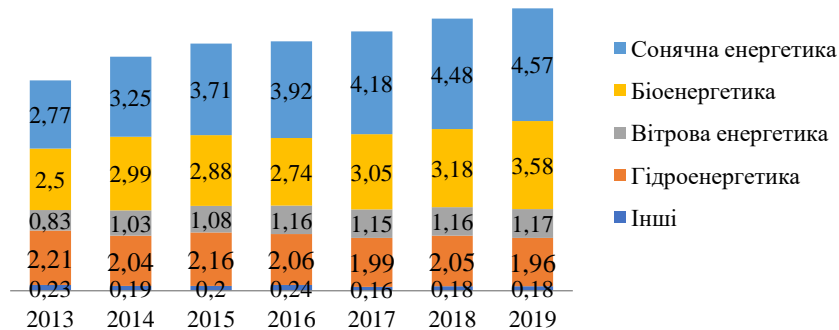


Рисунок 7. Зайнятість у секторі відновлюваної енергетики у світі, млн чол.  
Джерело: побудовано авторами на основі [26]

Більшість робочих місць було створено у невеликій кількості країн у сонячній та біоенергетиці, секторах на які припадає більш 70% працевлаштованого населення у 2019 р., що вказує на те, що впровадження та виробництво продовжують зосереджуватися в кількох країнах, рисунок 8.

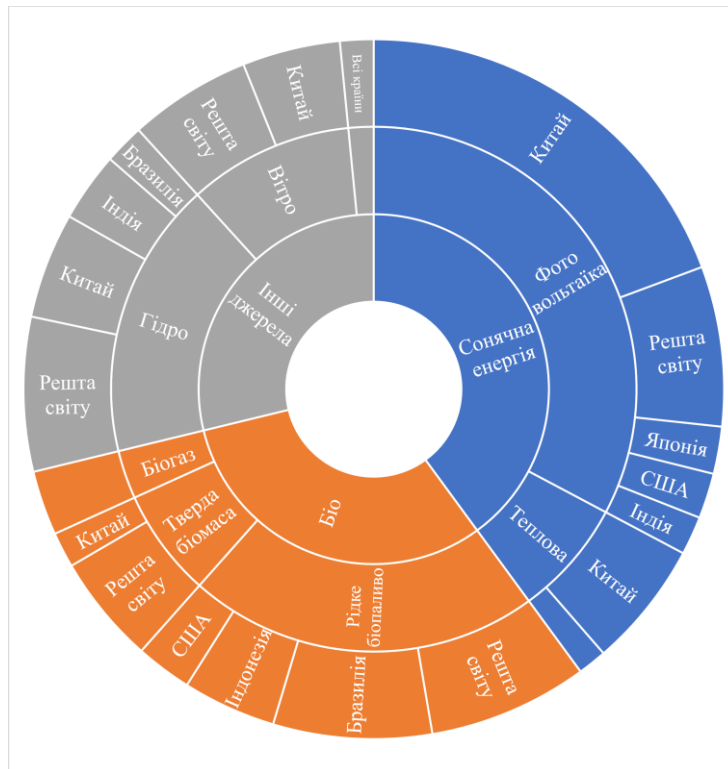


Рисунок 8. Структура зайнятості в альтернативній енергетиці у 2019 р. за технологіями та країнами

Джерело: побудовано авторами на основі [26]

Сонячна фотоелектрична промисловість у 2019 р. в усьому світі зберігає перше місце, маючи 33% загальної кількості робочої сили у відновлюваній енергетиці. У 2019 р. майже 60% загальної зайнятості в галузі фотоелектрики було зосереджено в Китаї, який є провідним виробником фотоелектричного обладнання та найбільшим у світі ринком установок.

Основна частина робочих місць у біоенергетиці у 2019 р. була зосереджена на трудомістких лініях постачання сировини, а низька механізованість сільськогосподарських секторів пояснює лідируючі позиції Бразилії та Індонезії у зайнятості в цьому секторі відновлюваної енергетики.

У гідроенергетиці у 2019 р. у світі було працевлаштовано близько 2 млн чол., що становить майже 20% від загальної кількості персоналу, зайнятого у відновлюваній енергетиці, переважно завдяки впровадженню технологій гідроенергетики впродовж багатьох попередніх десятиліть.

Щодо України, то за оцінками в 2019 р. у секторі альтернативної енергетики було працевлаштовано понад 50 тис. чол., 50% з яких були зайняті в секторі сонячної фотовольтаїки.

Вартість кристалічних сонячних фотомодулів, що продаються в Європі, зменшилася приблизно на 90% у період з грудня 2009 р. по грудень 2019 р. Цей факт позитивно позначився на зменшенні середніх витрат з встановлення сонячних комплексів. Так, встановлена вартість проєктів, введених в експлуатацію в 2019 р., становила 995 дол. США / кВт, що на 79% менше, ніж у 2010 р. (4702 дол. США / кВт). У свою чергу таке зменшення затрат додало більшої конкурентоспроможності сонячній енергетиці – нівельована вартість електроенергії зменшилася на 82% між 2010 і 2019 роками – приблизно з 0,378 дол. США / кВт-год до 0,068 дол. США / кВт-год у 2019 р. [20].



*Тенденції альтернативної та сонячної енергетики в Україні.* 18 серпня 2017 р. Кабінет Міністрів України прийняв енергетичну стратегію до 2035 р. [21]. Однією з ключових засад цієї стратегії є те, що відновлювані джерела енергії будуть найбільш швидкозростаючим сектором з точки зору вироблення електроенергії, із передбаченим збільшенням частки в загальній структурі первинного енергопостачання до 25%. Україна має потужний потенціал для розвитку альтернативної енергетики і з кожним роком намагається використовувати його ефективніше, що підтверджується змінами в структурі енергогенеруючих потужностей, рисунок 9.

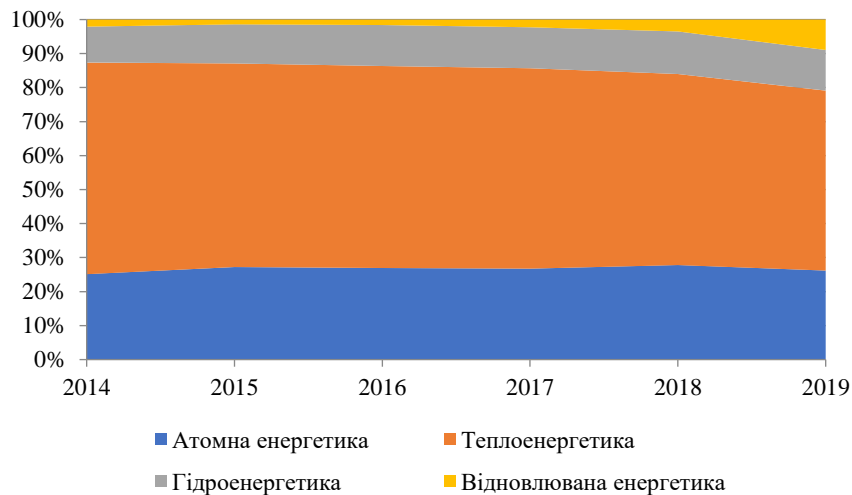


Рисунок 9. Динаміка змін у структурі енергогенеруючих потужностей України  
Джерело: побудовано авторами на основі [22]

Узагальнення результатів дослідження свідчать, що в Україні впродовж кількох років спостерігається позитивна динаміка в розвитку всіх типів відновлюваної енергетики, рисунок 10.

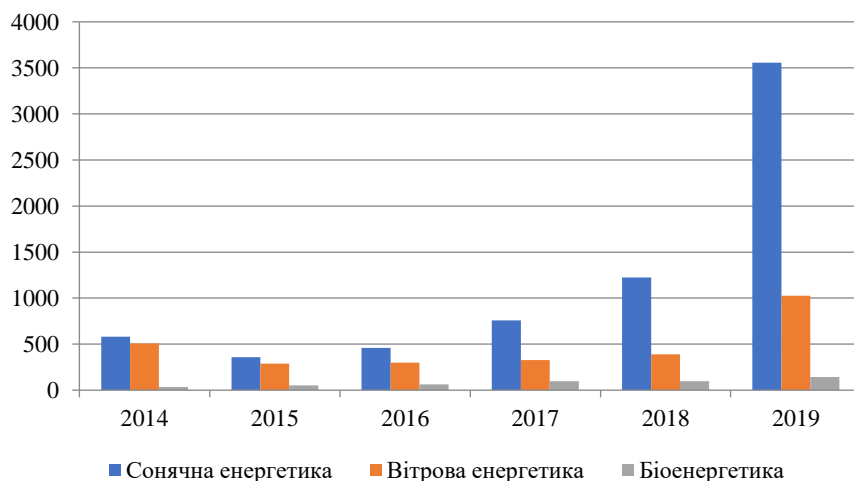


Рисунок 10. Динаміка розвитку встановлених потужностей відновлюваної енергетики в Україні, МВт  
Джерело: побудовано авторами на основі [22]

Зменшення встановлених потужностей у 2014 р. спричинене втратою об'єктів енергетики внаслідок анексії Криму. Серед альтернативних джерел енергії сонячна

енергетика на основі фотовольтаїки займає перше місце в Україні. Загалом, розвиток сонячної енергетики в Україні обумовлений сприятливим географічним розташуванням, відносною простотою та короткими строками реалізації проєктів. Так, середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1100 кВт·год/м<sup>2</sup> у північній частині України до 1800 кВт·год/м<sup>2</sup> [23].

Результати дослідження свідчать, що розвиток сонячної енергетики в Україні обумовлений змінами в законодавчій базі. Завдяки майбутнім змінам «зеленого тарифу», а саме переходом від зеленого тарифу до аукціонів, у 2019 р. Україна встановила рекордні 3,5 ГВт сонячної енергетики (уперше перевищивши 1 ГВт), посівши третє місце у всій Європі та дев'яте у світі за нововведеними потужностями. Схожою була ситуація і у вітчизняній вітрової енергетиці – у 2019 р. спостерігалось майже 10-кратне збільшення вітрових установок порівняно з 2018 р. (додавши 0,6 ГВт), що більш ніж подвоїло потужність до 1,2 ГВт. Міжнародне співробітництво також сприяло розвитку сонячної енергетики в Україні в 2019 р. Китайська машинобудівна корпорація (СМЕС) та українська енергетична фірма «Донбаська паливно-енергетична компанія» (ДТЕК) завершили проєкт сонячної енергетики потужністю 200 МВт поблизу Нікополя. За даними китайського державного інформаційного агентства «Сінхуа», сонячна електростанція на суму 216 млн євро (243 млн дол. США), спільно побудована СМЕС і ДТЕК, була профінансована самою компанією ДТЕК та позикою від Китаю [24-26].

## ВИСНОВКИ

Оскільки енергетичні потреби суспільства постійно збільшуються, а екологічні проблеми загострюються, то розвиток альтернативних джерел енергії є перспективним напрямком збалансування потреб суспільства та економічного розвитку національної економіки.

Досвід країн ЄС свідчить, що відновлювані джерела енергії формують передумову отримання додаткових економічних, соціальних та екологічних ефектів (зниження екодеструктивного навантаження на навколишнє природне середовище, зниження рівня захворюваності, залучення додаткових зелених інвестицій тощо). При наявності сприятливих ринкових умов і політичної підтримки, відновлювальні джерела енергії забезпечують зростання рівня енергетичної безпеки та енергетичну незалежність країни [29-31].

Масштабування та популяризація технологій виробництва енергії з альтернативних джерел значною мірою скоротить глобальні викиди вуглецю, що є важливою екологічною, соціальною та економічною проблемою в світі в останні роки, та суттєво пом'якшить проблеми пов'язані з енергетичною безпекою, зміною клімату, безробіттям тощо [32-35].

Саме тому уряди країн світу мають впроваджувати та стимулювати розвиток альтернативних джерел енергії як на макро- (будування сонячних електростанцій, парків сонячних систем) так і мікрорівнях (сонячні домашні системи, світлові громадські проєкти, системи вуличного освітлення).

Крім фінансової підтримки і розвитку відновлювальної енергії в усіх галузях економіки, уряд має прийняти ряд кардинально нових рішень таких як: припинити субсидування викопного палива, прийняти ефективну політику виплат за викиди вуглецю, а в подальшому взагалі відмовитись від використання викопного палива. Слід відмітити, що наразі наявні два варіанти розвитку відновних джерел в Україні: перший – заснований на успішних європейських методах та моделях мотивації; другий – здійсненні самостійних досліджень та наукових розробок для вирішення національних потреб в енергозабезпеченні.

Зазначимо, що реалізація стратегії енергетичного переходу (декарбонізація національної економіки шляхом розвитку альтернативних джерел енергії) потребує системної державної політики.

## SUMMARY

**Pimonenko T.V., Lyulyov O.V., Letunovska N.Ye., Lytvynenko O.I., Nazarenko A. P. Development of solar energy in Ukraine in the context of the transition to the carbon-neutral economy**

*The article aims to study current trends in the use of solar energy in Ukraine and the world as one of the main directions of decarbonization of the national economy. The authors systematize the prospects, advantages and disadvantages of the development of renewable energy sources. They conducted a comparative analysis of the "efficiency" of solar energy in some countries and Ukraine. The authors determined that the leading position in terms of the share of energy consumed from renewable sources is occupied by countries with developed economies due to the availability of effective motivational mechanisms. From the experience of EU countries, the authors concluded that renewable energy sources form a prerequisite for obtaining additional socio-economic and environmental effects. In the presence of favorable market conditions, renewable energy sources can increase the level of energy security in the country and its energy independence. The article analyzes the legislation of Ukraine on stimulating the development of alternative energy. The authors proposed two opposed ways of further developing solar energy in Ukraine. In particular, the country can implement methods of using alternative energy, which developed countries have successfully implemented. Another area involves increasing research and innovation in implementing, using, maintaining, and utilizing energy-generating devices from alternative energy sources. Despite the polarity of the proposed directions for further development of renewable energy, in both cases, the state policy on attracting investment and promoting the use of energy from alternative energy sources is crucial. In addition, the authors noted the benefits for society from the development and implementation of alternative energy sources. The scaling up and promotion of energy production technologies from alternative sources can reduce carbon emissions, which has been an urgent problem globally.*

**Keywords:** ecological losses, renewable energy sources, innovative technologies, alternative energy, energy transition.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відновлювана енергетика. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Відновлювальна\\_енергетика](https://uk.wikipedia.org/wiki/Відновлювальна_енергетика).
2. The state of renewable energies in Europe edition 2019. URL: <https://www.eurobserv-er.org/19th-annual-overview-barometer/>.
3. Uddin M.N. Renewable energy in Bangladesh: Status and prospects / M.N. Uddin, M.A. Rahman, M. Mofijur, J. Taweekun, K. Techato, M.G. Rasul // 2nd International Conference on Energy and Power, ICEP2018, 13–15 December 2018, Sydney, Australia.
4. Kaldellis J.K. Prospects and challenges for clean energy in European Islands. The TILOS paradigm / J.K. Kaldellis, D. Zafirakis // Renewable Energy. – 2020. – № 145. – P. 2489–2502.
5. Soonmin Ho. Investigation of Solar Energy: The Case Study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria / Ho Soonmin, A. Lomi, Ed.C. Okoroigwe, L.R. Urrego // International journal of renewable energy research. – 2019. – Vol. 9, No. 1.
6. Kabir Eh. Solar energy: Potential and future prospects / Eh. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A.A. Adelodun, Ki-H. Kim // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – № 82. – P. 894–900.
7. Trainer T. A critique of Jacobson and Delucchi's proposals for a world renewable energy supply / T. Trainer // Energy Policy. – 2012. – № 44. – P. 476–480.
8. Nsilulu T. An overview of renewable energy resources and grid integration for commercial building applications / Nsilulu T. Mbugu, Raj M. Naidoo, Ramesh C. Bansal, Mukwanga W. Siti, Diambomba H. Tungadio // Journal of Energy Storage. – 2020. – № 29, 101385.
9. Abbasi S.A. The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources / S.A. Abbasi, N. Abbasi // Applied Energy. – 2000. – №65. – P. 121–144.
10. Mohtasham J. Review Article-Renewable Energies / J. Mohtasham // Energy Procedia. – 2015. – № 74. – P. 1289–1297.
11. Diesendorf M. The feasibility of 100% renewable electricity systems: A response to critics / M. Diesendorf, B. Elliston // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – № 93. – P. 318–330.
12. The Sustainable Development Goals. URL: <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>.
13. Директива Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС. URL: [http://sae.gov.ua/documents/dyrektyva\\_2009\\_28.pdf](http://sae.gov.ua/documents/dyrektyva_2009_28.pdf)
14. Directive (EU) 2018/2001 of The European Parliament and of The Council. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>.
15. International Energy Outlook 2019. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2019.pdf>.
16. REN21, Renewables 2020 Global Status Report. URL: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf).
17. Renewable energy statistics 2019. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA\\_Renewable\\_energy\\_statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf).
18. Global CO2 emissions in 2019. URL: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>.
19. Global trends in renewable energy investment 2020. URL: [https://www.fs-uneep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR\\_2020.pdf](https://www.fs-uneep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf).
20. Renewable power generation costs in 2019. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf).

21. Розпорядження КМУ Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
22. НЕК Укренерго. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/#12-2019>.
23. Global irradiation and solar electricity potential. URL: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_download/map\\_pdfs/G\\_opt\\_UA.png](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_UA.png).
24. Онлайн журнал [www.pv-tech.org](http://www.pv-tech.org). URL: <https://www.pv-tech.org/news/ukraines-largest-solar-project-completed-with-chinese-partners>.
25. IRENA and CPI. Global Landscape of Renewable Energy Finance. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
26. IRENA. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
29. Chygryn O. Stakeholders of Green Competitiveness: Innovative Approaches for Creating Communicative System / O. Chygryn, Y. Bilan, A. Kwilinski // Marketing and Management of Innovations. – 2020. – № 3. – P. 358–370.
30. Chygryn O. Green competitiveness: The evolution of concept formation / O. Chygryn, A. Rosokhata, O. Rybina, N. Stoyanets // Paper presented at the E3S Web of Conferences, 234.
31. Зябіна Є.А. Енергетична політика України: ефективність та напрями її підвищення / Є.А. Зябіна, Т.В. Пимоненко // Економічний простір. – 2020. – № 160. – С. 55-59. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/160-10>.
32. Косолап Н.Є. Маркетинг інновацій та екологічний брендинг: аналіз зв'язку / Н.Є. Косолап, С.М. Махнуша // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2011. – № 1. – С. 36-44.
33. Язвінська Н.В. Особливості ринкового позиціонування продукції для сонячної енергетики України / Н.В. Язвінська, А.А. Барановська // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2015. – № 2. – С. 221-233.
34. Minchenko M. Application of content marketing in the formation of marketing strategy of territorial communities / M. Minchenko, O. Ivanov // Innovation, Social and Economic Challenges : the International Scientific Online Conference (Sumy, December 1-3, 2020). P. 35-38.
35. Mishenin Ye. Ensuring healthy environment: mechanisms of cluster structures development in the field of waste management / Ye. Mishenin, J. Klisinski, I. Yarova, A. Rak // Health Economics and Management Review. – 2020. – № 1(2). – P. 78-90. <https://doi.org/10.21272/hem.2020.2-09>.

## REFERENCES

1. Vidnovliuvalna energetyka [Renewable energy]. Available at: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Відновлювальна\\_енергетика](https://uk.wikipedia.org/wiki/Відновлювальна_енергетика).
2. The state of renewable energies in Europe edition 2019. Available at: <https://www.eurobserv-er.org/19th-annual-overview-barometer/>.
3. Uddin M.N., Rahman M.A., Mofijur M., Taweekun J., Techato K., & Rasul M.G. (2018). Renewable energy in Bangladesh: Status and prospects. 2nd International Conference on Energy and Power, ICEP2018, 13–15 December 2018, Sydney, Australia.
4. Kaldellis J.K., & Zafirakis D. (2020). Prospects and challenges for clean energy in European Islands. The TILOS paradigm. *Renewable Energy*, 145, 2489-2502.
5. Soonmin Ho, Lomi A., Okoroigwe Ed.C., & Urrego, L.R. (2019). Investigation of Solar Energy: The Case Study in Malaysia, Indonesia, Colombia and Nigeria. *International journal of renewable energy research*, 9(1).
6. Kabir Eh., Kumar P., Kumar S., Adelodun A.A., & Kim Ki-H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894–900.
7. Trainer T. (2012). A critique of Jacobson and Delucchi's proposals for a world renewable energy supply. *Energy Policy*, 44, 476–480.
8. Nsilulu T. Mbungu, Raj M. Naidoo, Ramesh C. Bansal, Mukwanga W. Siti, & Diambomba H. Tungadio. (2020). An overview of renewable energy resources and grid integration for commercial building applications. *Journal of Energy Storage*, 29, 101385.
9. Abbasi S.A., & Abbasi N. (2000). The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources. *Applied Energy*, 65, 121–144.
10. Mohtasham J. (2015). Review Article-Renewable Energies. *Energy Procedia*, 74, 1289–1297.
11. Diesendorf M., & Elliston B. (2018). The feasibility of 100% renewable electricity systems: A response to critics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 318–330.
12. The Sustainable Development Goals. Available at: <https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>.
13. Dyrektyva Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady 2009/28/ES [Directive 2009/28 / EC of the European Parliament and of the Council]. Available at: [http://sae.gov.ua/documents/dyrektyva\\_2009\\_28.pdf](http://sae.gov.ua/documents/dyrektyva_2009_28.pdf)
14. Directive (EU) 2018/2001 of The European Parliament and of The Council. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>.
15. International Energy Outlook 2019. Available at: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2019.pdf>.
16. REN21, Renewables 2020 Global Status Report. Available at: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf).
17. Renewable energy statistics 2019. Available at: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA\\_Renewable\\_energy\\_statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf).
18. Global CO2 emissions in 2019. Available at: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>.

19. Global trends in renewable energy investment 2020. Available at: [https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR\\_2020.pdf](https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf).
20. Renewable power generation costs in 2019. Available at: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf).
21. Rozporiadzhennia KМУ Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness"]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
22. NEK Ukrenerho. Available at: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/#12-2019>.
23. Global irradiation and solar electricity potential. Available at: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_download/map\\_pdfs/G\\_opt\\_UA.png](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_UA.png).
24. Online journal [www.pv-tech.org](http://www.pv-tech.org). Available at: <https://www.pv-tech.org/news/ukraines-largest-solar-project-completed-with-chinese-partners>.
25. IRENA and CPI. Global Landscape of Renewable Energy Finance. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
26. IRENA. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
29. Chygryn O., Bilan, Y., & Kwilinski, A. (2020). Stakeholders of Green Competitiveness: Innovative Approaches for Creating Communicative System. *Marketing and Management of Innovations*, 3, 358–370.
30. Chygryn O., Rosokhata A., Rybina O., & Stoyanets N. (2020). Green competitiveness: The evolution of concept formation. Paper presented at the E3S Web of Conferences, 234.
31. Ziabina Ye.A., & Pimonenko T.V. (2020). Enerhetychna polityka Ukrainy: efektyvnist ta napriamy yiyi pidvyshchennia [Energy policy of Ukraine: efficiency and directions of its increase]. *Ekonomichnyi prostir – Economic space*, 160, 55-59. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/160-10>.
32. Kosolap N.Ye., & Makhnusha S.M. (2011). Marketynh innovatsii ta ekolohichniy brendynkh: analiz zviazku [Innovation marketing and environmental branding: a relationship analysis]. *Marketynh i menedzhment innovatsii – Marketing and Management of Innovations*, 1, 36-44.
33. Yazvinska N.V., & Baranovska, A.A. (2015). Osoblyvosti pozytsionuvannia produktsii dlya soniachnoi enerhetyky Ukrainy [Features of market positioning of products for solar energy of Ukraine]. *Marketynh i menedzhment innovatsii – Marketing and Management of Innovations*, 2, 221-233.
34. Minchenko M., & Ivanov, O. (2020). Application of content marketing in the formation of marketing strategy of territorial communities. Innovation, Social and Economic Challenges : the International Scientific Online Conference (Sumy, December 1-3, 2020). P. 35-38.
35. Mishenin Ye., Klisinski J., Yarova, I., & Rak A. (2020). Ensuring healthy environment: mechanisms of cluster structures development in the field of waste management. *Economics and Management Review*, 1(2), 78-90. <https://doi.org/10.21272/hem.2020.2-09>.