

УДК: 664.723.047

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-1-11

**СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СВІТІ ТА В УКРАЇНІ****Пазюк Вадим Михайлович**, д.т.н., доцент, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Токарчук Олексій Анатолійович**, к.т.н., доцент**Токарчук Діна Миколаївна**, к.е.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

**Vadym Paziuk**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

**Oleksii Tokarchuk**, Ph.D., Associate Professor**Dina Tokarchuk**, Ph.D., Associate Professor

Vinnytsia National Agrarian University

*Енергетичні ресурси мають велике значення для життєдіяльності людини. На сьогоднішній день інтенсивне розповсюдження відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в світі є результатом складних політичних, соціальних, економічних і природних процесів, які набувають розвитку на протязі останніх 40-50 років. Ці процеси пов'язані з різним рівнем і динамікою економічного розвитку держав, ростом споживання енергії, нерівномірним розподілом природних ресурсів, збільшенням населення планети і кліматичними змінами.*

*Енергозберігаючий шлях розвитку економіки передбачає значне зниження в розрахунку на одиницю продукції витрат палива, електроенергії і теплоти на кінцевій стадії їх споживання; вдосконалення видобування, транспортування, перетворення і зберігання енергоресурсів; вдосконалення структури енергобалансу у напрямку заміщення в ньому дефіцитних і дорогих енергоресурсів дешевими і доступнішими відновлювальними джерелами енергії.*

*Зростання виробництва і споживання нерозривно пов'язано із розвитком суспільства, яке протягом свого розвитку веде боротьбу за збільшення свого енергетичного балансу. Боротьба за енергію, за її джерела, за відкриття нових способів її перетворення і використання йде безперервно й дедалі наростаючими темпами.*

*Розвиток відновлювальних джерел енергії в світі пов'язаний із обмеженими енергетичними ресурсами. З відновлювальних джерел енергії набуло розвитку використання енергії сонця, енергії вітру, енергії води, енергії доквілля, геотермальної енергії, енергії біомаси. Найбільше в Україні використовують енергію біомаси для отримання теплової енергії. Також набуває розвитку використання енергії доквілля за рахунок впровадження теплових насосів в опалюючі системах будинків, в технологічних процесах сушіння та охолодження.*

**Ключові слова:** енергетичні ресурси, відновлювальні джерела енергії, енергетичний баланс, природні ресурси.

**Табл. 3. Рис. 5. Літ. 23.**

---

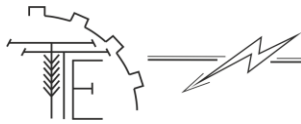
**1. Постановка проблеми**

Актуальність проблеми розвитку ВДЕ у світі та в Україні пов'язана з їх невичерпністю і екологічністю, а також із дефіцитом та обмеженістю запасів викопних енергетичних ресурсів. Розвиток енергетики є основою для розвитку економіки сучасного світу. Найбільший економічний підйом спостерігався в історії людства за рахунок доступу до дешевих енергетичних ресурсів.

Використання традиційних вуглеводнів шляхом спалювання супроводжується загальними втратами енергії до 80-90% і тому вже на сьогодні розроблено технології електрохімічного їх перетворення, які зменшують втрати до 10 % та є більш екологічно безпечними.

У провідних країнах світу спостерігається тенденція до зменшення виробництва енергоресурсів на основі традиційних видів палива, що пов'язано зі зменшенням запасів та екологічними недоліками технології його використання, а також із зниженням потреби в ньому за рахунок зменшення енергоємності виробництва та впровадження ВДЕ.

Сектор ВДЕ вирішує також питання, пов'язані із глобальним потеплінням клімату, стрімко зростаючими цінами на вуглеводну сировину та електроенергію на світовому ринку.



## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Головною рисою світового паливно-енергетичного комплексу є поляризація: на одному полюсі розвинені країни з високим рівнем енергозабезпечення, на другому – більшість країн, що розвиваються і знаходяться в енергетичній бідності та відсталості. Більшість країн, серед яких на одному полюсі знаходяться США, Україна, Росія та ще 30 країн світу, що мають 95% всіх запасів землі, на іншому – такі країни як Японія, Північна Корея, а також країни Європейського Союзу, що не мають значних власних запасів вуглеводнів [1]. Тому виникла необхідність створення міжнародної структури, яка б займалася підтримкою ВДЕ в країнах світу. Так, 26 січня 2009 року у м. Бонн (Німеччина) було започатковане Міжнародне агентство з відновлювальної енергетики – IRENA (на відміну від існуючих МАГАТЕ та МЕА). Завдання цієї організації є стимулювання розвитку відновлювальних джерел енергії в країнах світу. Станом на травень 2014 року державами-членами організації IRENA є 131 країна, ще 37 держав підписали, але не ратифікували договір про членство. 3 лютого 2021 р. в Об'єднаних Арабських Еміратах на знак визнання спільних цілей щодо збільшення рівня поглинання енергії з відновлюваних джерел, Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA) та Міжнародна асоціація гідроенергетики (ІНА) підписали офіційну угоду про партнерство [2].

Для України, стратегічною метою якої є інтеграція до ЄС, розвиток ВДЕ та біоенергетики має особливо велике значення, оскільки використання відновлюваних джерел енергії не нижче середньоевропейського рівня – одна з вимог Європейського Союзу до країн-кандидатів, що є додатковим аргументом на користь розвитку відновлюваних джерел енергії [3].

З огляду на важливість розвитку енергоефективності для усіх країн світу та для України, над цією проблематикою, а також над роллю ВДЕ для її досягнення працюють ряд науковців: Гунько І.В., Гончарук І.В., Гелетуха Г.Г., Кудря С.О., Пришляк Н.В., Титко Р. та ін. Заслужують на увагу ряд економічних та технічних патентів у цій сфері та інші творчі продукти їхньої діяльності. Зокрема, фундаментальна праця «Енергозбереження в агропромисловому комплексі» під авторством М. Корчемного, В. Федорейка, В. Щербаня [4], (яка претендувала на Державну премію), серія актуальних статей та праць д.т.н., проф., академіка НААНУ Калетніка Г.М. [5-7].

Проте, досягнення енергоефективного розвитку економіки є важким завданням, технології застосування ВДЕ постійно змінюються, сектор активно розвивається в країнах світу, тому актуальним завданням є огляд сучасного стану проблеми енергоефективності та перспектив її розвитку.

## 3. Виклад основного матеріалу

За експертними оцінками розвіданих у світі запасів нафти та газу залишилось на 40-50 років, вугілля – близько на 400 років.

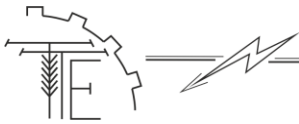
Ефективність використання енергоносіїв в Україні значно нижча, ніж у світі – у 2,6 рази, а також у 3,1 рази – ніж у країнах Євросоюзу (табл. 1) [8].

Таблиця 1

**Структура наявних енергетичних ресурсів та їх використання в окремих країнах світу [1]**

Країни	Наявність ресурсів			% використання		
	Нафта, млн. т.	Газ, млрд. м <sup>3</sup>	Вугілля, млн. т.	Нафта	Газ	Вугілля
Японія	8	39	773	50,5	12,7	15,2
США	3728	4740	249994	40,7	23,6	23,3
Франція	21	14	36	39,0	14,4	5,8
Польща	14	122	22160	20,9	11,4	66,4
Росія	6654	47730	157010	18,3	54,9	15,4
Україна	173	825	34153	11,8	43,7	28,8
Світ	142487	151502	984453	38,8	23,0	22,3

З огляду на вичерпність традиційних енергоносіїв та перспективність освоєння відновлюваних джерел енергії багато країн світу почали стимулювати освоєння ВДЕ і їх масове застосування для генерування енергії та виробництва палива.



Зобов'язання країн – членів Європейського енергетичного співтовариства з досягнення певної частки енергії з відновлювальних джерел у кінцевому споживанні енергії у 2020 року представлені на рис. 1.

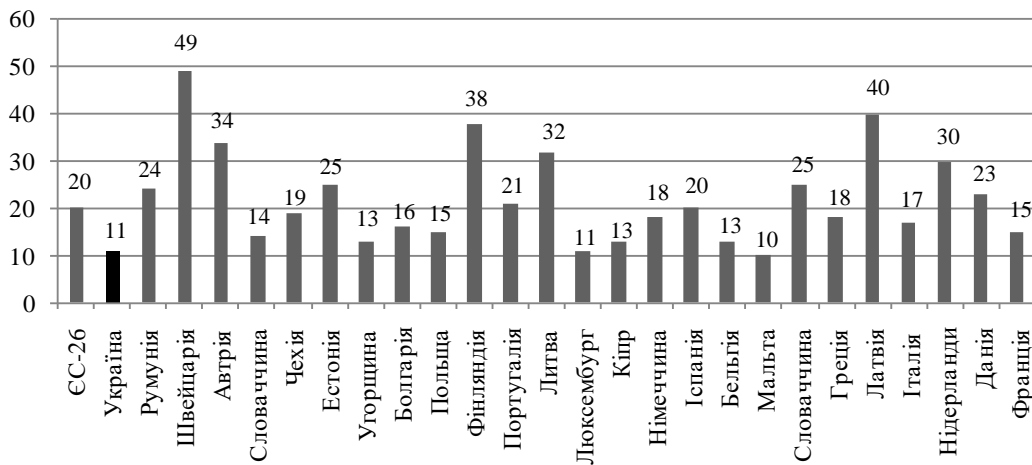


Рис. 1. Зобов'язання країн-членів Європейського енергетичного співтовариства з розвитку ВДЕ [9]

Найбільший розвиток ВДЕ запропонувала Швейцарія – 49% від загального споживання (рис. 1), в середньому по ЄС – 20%, Україна поряд з Мальтою і Люксембургом займають останні місця.

До 2040 року у розвиток ВДЕ в світі інвестують до \$10,2 трильйони. Інвестиції в нову енергетичну технологію будуть інвестуватись завдяки швидкому падінню витрат на сонячну та вітрову енергію та росту ролі батарей, в тому числі електричних акумуляторів. Найбільші інвестиції до 2040 року у відновлювальні джерела енергії вкладають Китай та Індія – відповідно 28% та 11% від загальної кількості (біля 4 трильйонів доларів) [10].

На теперішній час можна точно казати, що процес освоєння ВДЕ не лише почав рух, але й став набирати темпи. У 2008 році у світі було витрачено на впровадження ВДЕ приблизно 27,5 млрд. доларів, у 2018 році вже 146 млрд. доларів. За підрахунками Європейської Ради Відновлюваної Енергетики (EREC) у 2020 р. число задіяних у секторі ВДЕ одиниць в усьому світі складатиме близько 9,1 млн., а у країнах ЄС приблизно 450 тис. Дохід за рік у цій галузі оцінюється майже в 45 млрд. євро. Максимальні інвестиції за попередні роки були у Китаї – 14 млрд. доларів та США – 10 млрд. доларів. Згідно з даними Renoble Policy Network розподіл відновлювальної енергетики у світі за видами отриманої енергії у 2008 році було наступним: 47% – вітрова енергія, 30% – електроенергія від фотовольтажних геліосистем, 23% – інші види відновлювальних джерел енергії [11].

Європейським Банком Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) для сприяння реалізації проєктів з використання ВДЕ в Україні створена програма розвитку відновлювальних джерел енергії (USELF), яка передбачає інвестиції у обсязі до 50 млн. євро [12].

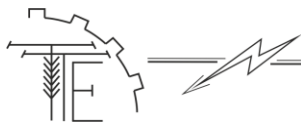
Відновлювальна енергетика стає одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом із інформаційними та нанотехнологіями вона стає складовою нового постіндустріального укладу.

До нетрадиційних відновлювальних джерел енергії відносять [13]:

- гідроелектростанції (малі);
- геотермальна, сонячна, фотоелектрична та теплова енергія;
- енергія припливів, хвиль, вітру;
- тверда біомаса, гази з біомаси, рідкі палива та відновлювальні муніципальні відходи;
- розсіяна теплова енергія навколишнього середовища (тепло повітря, ґрунту, природних течій).

Сезар де Бріто (CesardeBrito), управляючий фондом Фундація Чистої Енергії (CleanEnergyFund) в Нью-Йорку, наголошує на 10 передумовах потужного ринкового розвитку ВДЕ:

1. Кліматичні зміни, що є одною з ключових загроз, які стоять перед глобальною економікою. Лише інвестиції в екологічно-безпечну енергію ВДЕ здатні її подолати.
2. Збільшення політичної підтримки відновлюваної енергетики. Зменшення емісії вуглекислого газу має підтримуватися на найвищому рівні держав.
3. Ґрунтова законодавча підтримка бізнесу у сфері відновлюваної енергетики.



4. Стале збільшення попиту на енергію викопного палива та відповідну сировину. Інтерес до ВДЕ більшає разом із збільшенням цін на газ та нафту.
  5. Зростання кількості організацій відновлюваної енергетики на світовому ринку.
  6. Збільшення світової популярності інвестицій у ВДЕ.
  7. Потреба в інвестуванні задля обмеження емісії вуглекислого газу на підприємствах з метою збереження їх конкурентоздатності.
  8. Підвищення витрат на сектор відновлюваної енергетики забезпечить підприємства даної галузі суттєвими прибутками.
  9. Зменшення показників ризику інвестицій в сектор відновлюваної енергетики.
  10. Купівля акцій відновлюваної енергетики може сприяти можливостям залучення в найперспективнішу ринкову область [14].
- Масштаби заміщення органічних видів палива за типами відновлювальної енергетики в світі до 2025 року, млн. т. у. п. наведено в табл. 2. [15]

Таблиця 2

**Масштаби заміщення органічних видів палива за типами відновлювальної енергетики в світі до 2025 року, млн.т.у.п.**

Ресурси	1995 р.	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.	2025 р. (прогноз)
Мала гідроенергетика	0,7	0,8	1,2	1,5	2,0	3,0
Геотермальна енергія	0,3	0,4	0,7	1,0	2,0	5,0
Енергія біомаси	0,3	1,0	1,4	1,7	2,4	4,8
Енергія вітру	0,01	0,08	0,3	1,0	1,5	3,0
Сонячна енергія	0,0015	0,0015	0,15	2,9	6,2	7,5
Низькопотенційне тепло	0,055	0,073	0,2	0,9	2,5	4,9
Разом по ВДЕ	1,37	2,37	3,95	9,0	16,6	28,2

Однією з найважливіших характеристик ВДЕ є їх енергетичний потенціал – показник, який визначає кількість енергії, властиву відповідному виду ВДЕ.

Для оцінки енергетичних ресурсів відновлювальних джерел енергії, можливих для використання, розрізняють наступні види енергетичного потенціалу ВДЕ:

- теоретичний, що характеризує загальну кількість енергії;
- технічний – частина теоретичного потенціалу, яку принципово можливо використати за допомогою сучасних пристроїв;
- економічно ефективний – частина технічного потенціалу, яку в теперішній час доцільно використовувати, виходячи з економічних, соціальних, екологічних та інших факторів.

Орієнтовні показники світових енергетичних ресурсів ВДЕ у світі показано в табл. 3.

Таблиця 3

**Енергетичний потенціал відновлювальних джерел енергії у світі [16]**

Відновлювальні енергоресурси	Енергетичний потенціал, млрд. т. ум. п. /рік	
	технічний	економічний
Променева енергія Сонця	5	1
Енергія вітру	5	1
Гідроенергія, в тому числі:		
- енергія водяних потоків	4,5	2,6
- енергія хвиль	0,05	0,01
- енергія припливів	0,7	-
Енергія біомаси (не враховуючи дрова)	2,55	2,0
Теплова енергія морів і океанів	1	0,1
Геотермальна енергія	0,4	0,2
Всього	19,2	6,91

За теперішнього технічного розвитку суспільства можна додатково освоїти 19,2 млрд. т. ум. палива, при економічній доцільності 6,91 млрд. т. ум. п.



Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними джерелами, є:

- практично невичерпні ресурси;
- зниження негативного впливу на довкілля, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове забруднення тощо;
- відносно малі терміни введення в експлуатацію, можливість побічного нарощування потужностей з близькими до традиційної енергетики термінами окупності ( в середньому 8-10 років). Завдяки цьому, необхідний рівень інвестицій є доступним не тільки для великого, але і для середнього бізнесу.

Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є:

- мала густина енергетичного потоку, яка складає, наприклад, для сонячної енергії на поверхні Землі –  $1,36 \cdot 10^{-3}$  МВт/м<sup>2</sup>, вітрової при швидкості вітру 10 м/с –  $6 \cdot 10^{-4}$  МВт/м<sup>2</sup>, геотермальної –  $3 \cdot 10^{-8}$  МВт/м<sup>2</sup>, в той час як для енергії АЕС – 0,2 МВт/м<sup>2</sup>;
- значна нерівномірність вироблення енергії в часі та її використання;
- відносно висока капіталоємність енергетичних установок і вартість виробленої електроенергії [16].

Найбільш динамічно розвиваються такі види ВДЕ як вітроенергетика, біоенергетика, сонячна енергетика та використання низькопотенційної енергії із застосуванням теплових насосів.

Розвиток технологій відновлювальних джерел енергії передбачає перехід від ринку енергетичних ресурсів до ринку енергетичних технологій. Тенденція збільшення потужностей і об'єму інвестицій в основному у вітрову та сонячну енергетику в світі пов'язана з видобутком і виробництвом рідкоземельних металів (використовують 13 рідких металів: телур, літій, неодим та ін.).

Китай на сьогодні є основним виробником рідких та рідкоземельних металів – від 85-95% світового попиту – і споживає як основний споживач 2/3 від світового попиту. Монопольне споживання китайського експорту знизилось після 2013 року через зростання видобутку в США та Австралії. Планується розпочати розробку нових копалин в Австралії, Північній Америці та Африці, що в майбутньому знизить залежність від китайських постачальників. Закупівлі Китаєм руд рідкоземельних металів у США виросли з 5148 тонн в жовтні 2019 року до 9340 тонн в жовтні 2020 року, при цьому середня імпортна ціна виросла на 64% і склала 1977 долара США за тону і частка на ринку видобутку рідкоземельних металів Китаєм склала 36% від загального світового видобутку [17].

Важливою тенденцією у розвитку ВДЕ у світі є висока монополізація не тільки ринку рідкісних та рідкоземельних матеріалів, але й ринку обладнання – вітрових генераторів і фотоелементів сонячних батарей.

У вітроенергетичному секторі на даний час працюють біля 70 країн світу. Серед країн з найбільшими потужностями вітроенергетики – Німеччина, США, Іспанія, Індія, Китай, Данія. Зростає як загальна потужність таких установок, так і одинична потужність, яка на найближчий період може досягти 1 ГВт. На кінець 2014 р. встановлена потужність вітроелектричних станцій (ВЕС) становила 369 ГВт. Тільки в 2014 р. було введено в експлуатацію 51 ГВт нових ВЕС. Лідерами в цій галузі є Китай (114,6 ГВт), США (65,9 ГВт), Німеччина (39,1 ГВт), Іспанія (22,9 ГВт), Індія (22,4 ГВт). Стрімко розвивається вітроенергетика у Франції – 9,2 ГВт встановленої потужності, що відповідає близько 7% загальної потужності електростанцій у цій країні [8].

Світовий ринок вітроенергетики продовжував залишатися досить стабільним у 2018 році, встановивши близько 51 ГВт потужності у всьому світі (у тому числі майже 47 ГВт на суші та 4,5 ГВт в морі), приблизно на 4% більше 2017 року (рис. 2) [18].

У 2000 році 90% всіх вітряних турбін були виготовлені десятками виробників. Західні компанії, такі як Vestas, GE Enercon, Gamesa і Siemens, продовжували домінувати на світовому ринку, проте, більш ніж 99% вітрових установок у Китаї були вже не імпортними, а власними. В світовому масштабі 80% усіх вітрових турбін виробляють 4 мегакомпанії, розташовані в Німеччині: Siemens, Nordex, Senvion, Areva, а також Данська Vestas, двома іспанськими Iberdrola і Acciona, британською Scottish Power та американською GEWind [1].

До 2020 року планувалося довести виробництво вітрової електроенергії: в країнах ЄС до 10 %, США до 15% від загального обсягу електрогенерації. Така можливість буде досягнута завдяки вдосконаленню турбін, розширенню діапазону швидкостей вітру у вітроустановках.



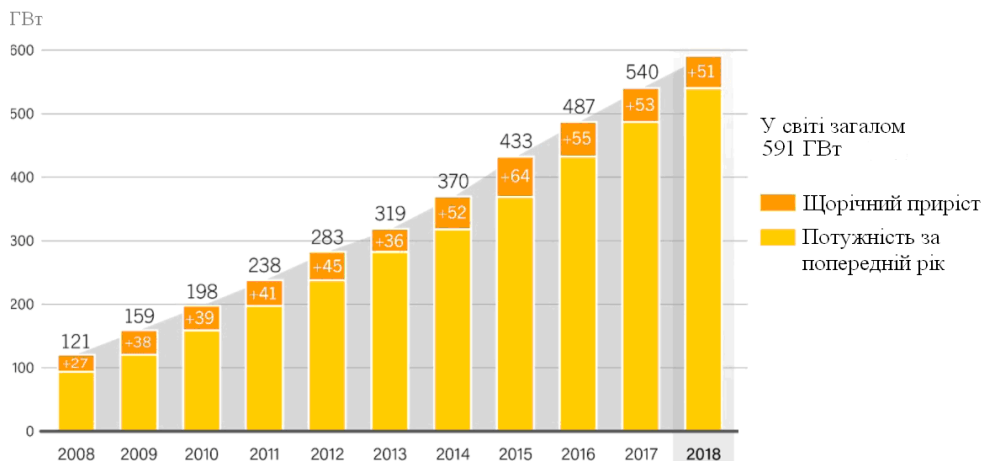
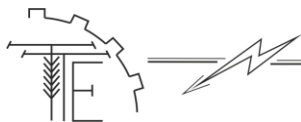


Рис. 2. Динаміка росту вітроенергетики в світі

Що стосується розвитку сонячних фотоелектричних систем (ФЕС) у світі, то лідерами з виробництва сонячної енергії є Німеччина – 38,2 ГВт; Китай – 28,1 ГВт; Японія – 23,3 ГВт; Італія – 18,5 ГВт; США – 18,3 ГВт. Так, у Німеччині в липні 2018 р. за допомогою фотоелектричних систем було вироблено стільки ж електроенергії, скільки й на атомних електростанціях. Окремо слід звернути увагу на Францію, традиційно «атомну» державу, в якій загальна потужність ФЕС становить 5,6 ГВт.

Головним фактором розвитку є значне падіння світових цін на кристалічний кремній – з 475 у 2008 р. до 17 \$/кг у 2018 р., а також зниження вартості сонячних модулів – з 76 у 1977 р. до 0,3 \$/Вт у 2018 р. [19].

Сонячна енергетика має дещо обмежені можливості використання (залежить від погоди, широти розташування території та ін.).

В країнах ЄС широко використовуються так звані «сонячні зобов'язання» відносно будівництва з використанням нових сонячних технологій. Це сприяє істотним змінам у житловому фонді та промисловості, готуючи його до неминучого дефіциту викопного палива, дає потужний сигнал для користувачів, підприємців – сприяє розвитку будівельного бізнесу (проект «Тисяча дахів» у Німеччині та програма «Мільйон сонячних дахів» у США).

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі. Дійсно, тут були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, і, за оцінками уряду, в 2020 року загальний обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягнув 18 мільярдів доларів США. І хоча сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання. З 2014-го і до кінця 2017 року обсяг ВДЕ збільшився з 967 до 1375 МВт, і в 2018 року – до 1534 МВт (рис. 3).

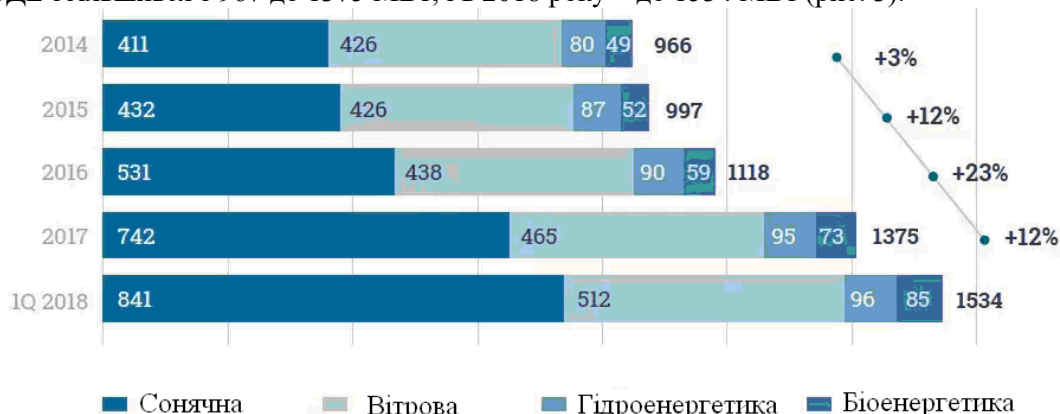
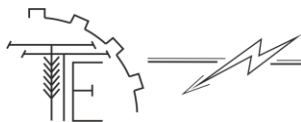


Рис. 3. Зростання відновлювальних джерел енергії в Україні за 2014 – 2018 роки



Як саме розподіляються відновлювані джерела енергії за регіонами та який вид ВДЕ переважає в тій чи іншій області за 2018 рік можна побачити на рис. 4.

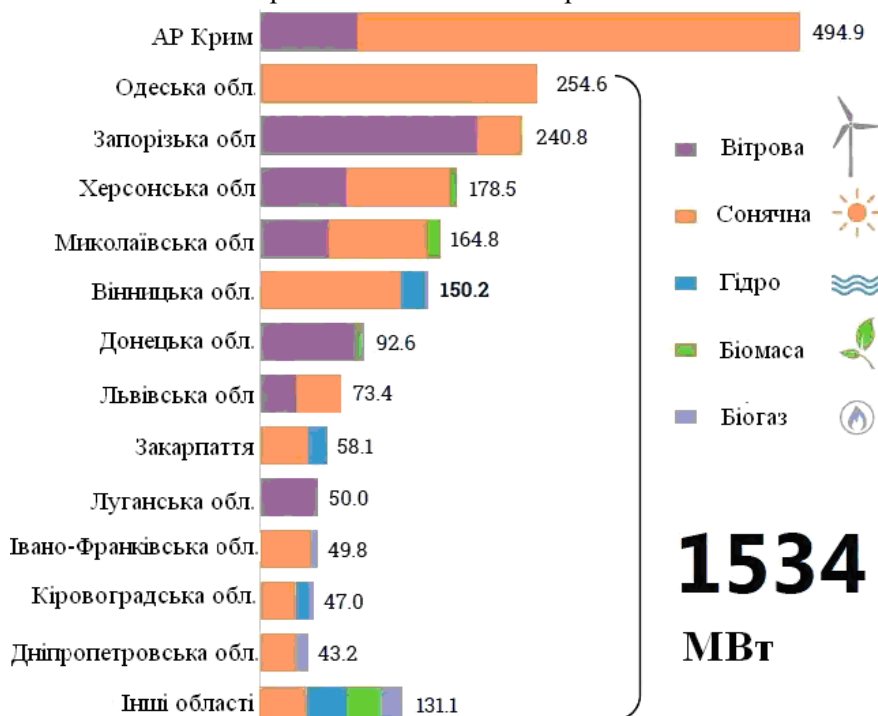


Рис. 4. Виробництво відновлювальних джерел енергії за регіонами України

Різні країни і регіони надають перевагу різним видам ВДЕ, адаптуючи їх до місцевих умов. Використання ВДЕ має бути багатоваріантним й комплексним, що дозволяє прискорити економічний розвиток регіонів. Наприклад, хорошою базою для використання ВДЕ в Україні можуть бути агропромислові комплекси, де відходи тваринництва й рослинництва є сировиною для одержання біогазу, а також рідкого й твердого палива, виробництва добрив.

Біомаса відіграє домінуючу роль серед інших видів ВДЕ, формуючи біля 46% ринку відновлюваних джерел енергії. Вона може забезпечувати виробництво тепла, електроенергії та різних видів газоподібного (біогаз), рідкого (біоетанол, біодизель) та твердого палива. Технології переробки біомаси дозволяють також вирішувати проблему утилізації шкідливих побутових та промислових відходів, одержувати як побічні продукти високоякісні добрива, будівельні та інші корисні матеріали. Так, за рахунок біогазу вже сьогодні в країнах ЄС отримується щороку понад 10 млн. МВт·год електричної та близько 10 млн. Гкал теплової енергії. Лідерами з використання біогазових технологій є такі країни як: Німеччина, Велика Британія, США, Канада, Бразилія, Данія, Китай, Індія та інші [20].

Завдяки розвитку енергетичного використання відходів як напрямку біоенергетики до 2030 року в світі можливо замінити 9,2 млн. т. у. п. викопних палив, зокрема, завдяки використанню: соломи – 2,9; дров та відходів деревини – 1,9; торфу – 0,6; побутових відходів – 1,1; одержання та використання біогазу – 1,3; виробництво паливного етанолу та біодизельного пального – 1,8. Загальний обсяг інвестицій у розвиток біоенергетики для забезпечення таких темпів нарощування складе до 2030 року близько 12 млрд. грн. [20].

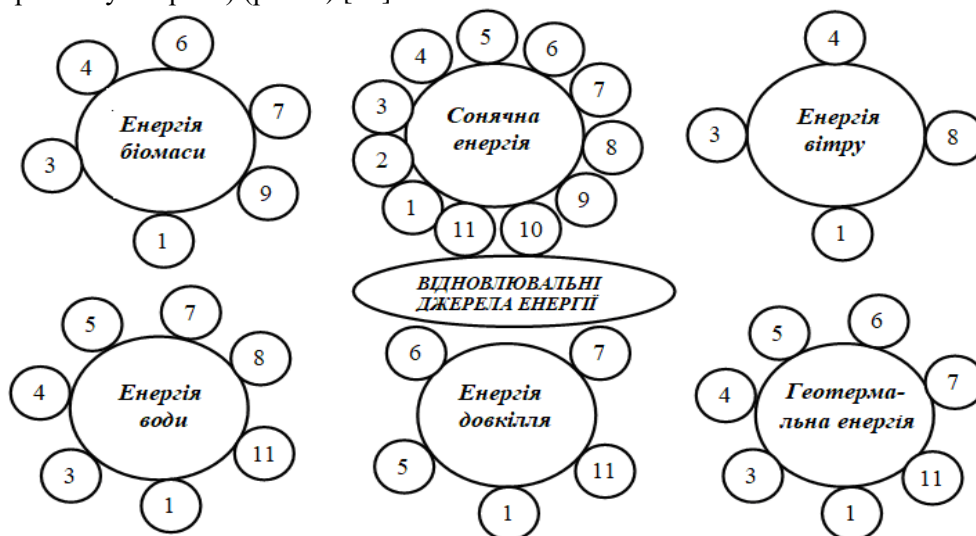
За оцінками експертів, економічно-доцільний потенціал впровадження ВДЕ в Україні станом на 2030 рік оцінюється у 16-22 ГВт, порівняно з 1,1 ГВт, що фактично встановлені на кінець 2016 року.

Потенціал впровадження ВДЕ в теплоенергетиці навіть більший – у цьому сегменті ВДЕ можуть повністю замінити традиційні джерела енергії до 2030 року. За оцінками IRENA, у 2030 році з ВДЕ в Україні може бути вироблено близько 57 млн Гкал теплової енергії, з яких значна частка (32,7 млн Гкал) – енергія біомаси. Виконання цього прогнозу дозволить економити близько 7 млрд м<sup>3</sup> природного газу щороку [20].

Іншим видом ВДЕ, який вже сьогодні в окремих країнах та регіонах забезпечує вагомий внесок в промисловість, є тепла енергія довкілля (води, ґрунту, повітря), яка за допомогою

теплонасосних установок (ТНУ) переводить енергію низькопотенціальних джерел у придатну для використання енергію. Економічна доцільність використання ТНУ підтверджена світовим досвідом. Вже сьогодні у розвинутих країнах ТНУ широко використовуються для систем опалення та кондиціювання (США, Канаді, Швеції, Швейцарії, Німеччині, Австрії та ін.), налагоджено промисловий випуск ТНУ у досить широких масштабах (США – 1 млн ТНУ щороку, у Японії – 3 млн) [21].

Енергетичною стратегією України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» передбачено стале розширення використання всіх видів відновлюваної енергетики, яка стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки держави. У коротко- та середньостроковому горизонті (до 2025 року) ЕСУ прогнозує зростання частки відновлюваної енергетики до рівня 12 % від ЗППЕ та не менше 25 % – до 2035 року (включаючи всі гідроенергуючі потужності та термальну енергію) (рис. 5) [22].



**Рис. 5. Впровадження відновлювальних джерел енергії у промисловості за вказаними даними із розвитку ВДЕ в Україні в 2025 році [22]:**

**1 – енергетика; 2 – видобувна; 3 – металургійна; 4 – машинобудівна; 5 – будівельна; 6 – аграрна; 7 – переробна; 8 – приладобудівна; 9 – хімічна; 10 – автомобілебудування; 11 – використання теплових насосів.**

Енергетична стратегія України на період до 2035 року передбачає, що до 2025 року здебільшого буде завершено реформування енергетичного комплексу України, досягнуто першочергових цільових показників з безпеки та енергоефективності, забезпечено його інноваційне оновлення та інтеграцію з енергетичним сектором ЄС. Виконання завдань ЕСУ у період після 2025 року вимагатиме дещо інших підходів до регулювання енергетики, заснованих на базових принципах, прийнятих країнами ЄС, до розроблення документів стратегічного планування та практичної діяльності з реалізації державної політики в енергетичній сфері [22].

ЕСУ фіксує багато позитивних напрямків у діяльності держави щодо змін в енергетичному секторі. Попри всі заявлені збільшення та розширення відповідних потужностей сектору, Енергетична стратегія України передбачає значні заходи, спрямовані на охорону навколишнього природного середовища. Серед таких заходів на загальнодержавному рівні передбачається створити основи для розбудови системи утилізації відходів паливно-енергетичного комплексу, а також стимулювати власників та потенційних споживачів до збільшення обсягів утилізації відходів. Багато уваги присвячено заходам для реалізації стратегічних цілей у сфері охорони довкілля, скорочення викидів від великих спалювальних установок, парникових газів та шляхів їх досягнення.

Ще одним важливим досягненням енергетичної стратегії є визначення важливості та підкреслення необхідності нарощування енергоефективності. Перевага надається реалізації програм енергоефективності, впровадженню нових стандартів, стимулюванню енергозбереження тощо, тобто фактичному зниженню споживання ресурсів та переходу на ощадливе ведення господарювання по відношенню до довкілля.

До інших позитивних результатів дії ЕСУ слід віднести, наприклад, прийняття заявлених в енергетичній стратегії нормативно-правових документів. Так, прийнято зміни до примірного





Договору купівлі-продажу електричної енергії (так званий “PPA”), що був необхідним документом для залучення потенційних інвестицій у галузь. При цьому загалом спостерігається поживлення енергетичного сектору та його розвиток.

Серед недоліків ЕСУ – дії, спрямовані на досягнення цілей в Стратегії, представлені загальними абстрактними формулюваннями. Не вказано конкретні кроки, терміни виконання, етапи й те, хто повинен вжити ці заходи; інструменти та механізми реалізації; очікуваний ефект від запропонованих заходів [23].

#### 4. Висновки

Оскільки відновлювані джерела енергії в своїй більшості поки що не можуть на рівних конкурувати з традиційними джерелами, їх розвиток підтримується різними засобами на державному рівні. У світі існують різні моделі державної підтримки ВДЕ, основні з яких засновані на використанні квот на використання ВДЕ (британська система) та на використанні дотацій проєктів ВДЕ і тарифній політиці (німецька система). Враховуючи тенденції до зменшення вартості ВДЕ, а також зростання ціни енергії традиційних джерел, державна підтримка буде носити тимчасовий характер.

Розвиток ВДЕ все більше охоплює різні галузі промисловості. Найбільше у промисловості різних країн світу набуло використання сонячної енергії, хоча в Україні найбільшого розвитку набуває виробництво енергії та палива із біомаси.

#### Список використаних джерел

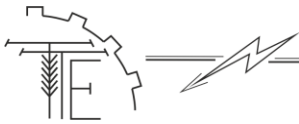
1. Халова Г.О., Йорданов С. В., Полаева Г.Б. Тенденции развития мировой возобновляемой энергетики. URL: <https://webeconomy.ru/index.php?page=cat&cat=mcat&mcat=191&type=news&topmenu=&sb=46&newsid=3707> (дата звернення: 23.02.2021).
2. *International Renewable Energy Agency (IRENA)*: web-site. URL: [http:// irena.org](http://irena.org) (дата звернення: 24.02.2021).
3. Скорук О.П., Токарчук Д.М., Всемирнова В.М. Перспективи виробництва біопалива третього покоління. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 1(48). С.171-176.
4. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 981 с.
5. Kaletnik, G., Honcharuk, I., Okhota, Yu. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. 3 (43), (Volume XI, Summer). P. 513-522.
6. Kaletnik G., Pryshliak N. Bioenergy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine. Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph / edited by M. Bezpartochnyi, in 2 Vol. ISMA University. Riga: “Landmark” SIA, 2019. Vol. 1. 344 p.
7. Калетнік Г.М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 169-176.
8. Шевцов А., Земляний М., Рязова Т. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив. *Національний інститут стратегічних досліджень*: веб-сайт. URL: [www.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm](http://www.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm). (дата звернення: 25.02.2021).
9. Кудря С.О. Стан та перспективи розвитку відновлювальної енергетики в Україні. *Вісник НАН України*. 2015. №2. С. 19-26.
10. Henbest: Energyto 2040 – Faster Shift to Clean, Dynamic, Distributed. *Bloomberg New Energy*: web site. URL: <https://about.bnef.com/blog/henbest-energy-2040-faster-shift-clean-dynamic-distributed>. (дата звернення: 26.02.2021).
11. Rogulska M. Stan obecny i kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Zrównoważone systemy energetyczne: zbiurka referatów z konferencji, 12-14.10.2005. Zakopane, 2005, P. 4-8.



12. Програма фінансування альтернативної енергетики в Україні (USELF). Стратегічний екологічний аналіз: Тематичний звіт з екологічних питань. 2011. 219 с.
13. Енергетичні ресурси і потоки / Шидловська А.К. та ін.; під заг. ред. Шидловського А.К. Київ: Українські енциклопедичні знання, 2003. 469 с.
14. Титко Р. Відновлювані джерела енергії. Варшава: Вид-во OWG, 2010. 530 с.
15. Energy Balances of Non-OECD Countries. 2019 Edition. Paris: IEA Publication, 2019. 538 p.
16. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / С.Г. Плачкова, І.В. Плачков, Дунаєвська Н.І. та ін. К: «Фенікс», 2013. 425 с.
17. *Металургпром*: веб-сайт. URL: <http://metallurgprom.org> (дата звернення: 25.02.2021).
18. The Ren21's Renewables 2015 Global Status Report. *Ren21's Renewables now: web-site*: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015\\_Onlinebook\\_low1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf). (дата звернення: 01.02.2021).
19. Price quotes updated weekly – PV spot prices. *Energytrend* : web-site. URL: <http://pv.energytrend.com> (дата звернення: 25.02.2021).
20. Розвиток відновлювальних джерел енергії в Україні. : *Інформаційний портал «Житло»*: веб-сайт. URL : <http://www.zhytlo.in.ua> (дата звернення: 23.02.2021).
21. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання / Ю. Ф. Снежкін, Д. М. Чалаєв, В. С. Шаврин, Н. О. Дабіжа ; під ред. академіка НАН України Долінського А. А. ; НАН України, Ін-т техн. теплофізики. Київ: «Поліграф-Сервіс», 2009. 104 с.
22. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”: Схвалена розпорядженням КМУ від 18.08.17 № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.02.2021).
23. Калетнік Г.М., Токарчук Д.М., Скорук О.П. Організація і економіка використання біоресурсів: підручник. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. Вінниця: ТОВ «ДРУК», 2020. 371 с.

#### References

- [1] Halova, G.O., Yordanov, S. V., Polaeva, G.B. (n.d.). Tendentsii razvitiya mirovoy vozobnovlyemoy energetiki. Retrieved from <https://webeconomy.ru/index.php?page=cat&cat=mc&mc=191&type=news&topmenu=&sb=46&newsid=3707> [in Russian].
- [2] Website of the International Renewable Energy Agency (IRENA). Retrieved from <http://irena.org>. [in English].
- [3] Skoruk, O.P., Tokarchuk, D.M., Vsemirnova, V.M. (2011). Perspektyvy vyrobnytstva biopalyva tretogo pokolinnia [Prospects for third-generation biofuels]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Seriya: Ekonomichni nauky - Collection of scientific works of VNAU. Series: Economic Sciences. 1(48)*. 171-176. [in Ukrainian].
- [4] Korchemnyi, M., Fedoreiko, V., Shcherban, V. (2001). *Enerhozberezhennia v ahropromyslovomu kompleksi*. Ternopil: Pidruchnyky i posibnyky. [in Ukrainian].
- [5] Kaletnik, G., Honcharuk, I., Okhota, Yu. (2020). The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 3(43), (Volume XI, Summer), 513-522. [in English].
- [6] Kaletnik, G., Pryshliak, N. (2019). *Bioenergy potential development of the agrarian sector as a component of sustainable development of Ukraine. Management mechanisms and development strategies of economic entities in conditions of institutional transformations of the global environment: collective monograph / edited by M. Bezpartochnyi, (Vol. 1)*. ISMA University. Riga: “Landmark” SIA. [in English].
- [7] Kaletnik, H.M. (2018). Dyversyfikatsiia rozvytku vyrobnytstva biopalyv – osnova zabezpechennia prodovolchoi, enerhetychnoi, ekonomichnoi ta ekolohichnoi bezpeky Ukrainy [Diversification of production of biofuel – as the basis of maintenance of food, power, economic and environmental safety of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky - Bulletin of Agricultural Science*, 11, 169-176. [in Ukrainian].
- [8] Shevtsov, A., Zemlianyi, M., Riauzova, T. (n. d.). Netradytsiini ta vidnovliuvalni dzherela enerhii v Ukraini u svitli novykh yevropeyskykh initsiatyv. Retrieved from [www.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm](http://www.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm). [in Ukrainian].
- [9] Kudria, S.O. (2015). Stan ta perspektyvy rozvytku vidnovliuvalnoi enerhetyky v Ukraini [State and perspectives of renewable energy development in Ukraine] *Visnyk NAN Ukrainy - Bulletin of the NAS of Ukraine*, 2, 19-26. [in Ukrainian].



- [10] Henbest: Energyto 2040 – Faster Shift to Clean, Dynamic, Distributed. Retrieved from <https://about.bnef.com/blog/henbest-energy-2040-faster-shift-clean-dynamic-distributed>. [in English].
- [11] Rogulska, M. (2005). Stan obecny i kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Abstracts of Papers '05: Zrownowazone systemy energetyczne. (pp.4-8). Zakopane. [in Polish].
- [12] n.d. (2011). Prohrama finansuvannia alternatyvnoi enerhetyky v Ukraini (USELF). Stratehichniy ekolohichnyi analiz: Tematychnyi zvit z ekolohichnykh pytan. [in English].
- [13] Shydlovskaya, A.K. (Ed.). (2003). *Enerhetychni resursy i potoky*. Kyiv: Ukrainski entsyklopedychni znannia. [in Ukrainian].
- [14] Tytko, R. (2010). *Vidnovliuvani dzherela enerhii*. Varshava: Vyd-vo OWG. [in Ukrainian].
- [15] n.d. (2019). Energy Balances of Non-OECD Countries. 2019 Edition. Paris: IEA Publication. [in English].
- [16] Plachkova, S.H., Plachkov, I.V., Dunaievskaya, N.I. (2013). *Elektroenerhetyka ta okhorona navkolyshnoho seredovyscha. Funktsionuvannia enerhetyky v suchasnomu sviti*. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian].
- [17] Website of Metallurgprom. Retrieved from : <http://metallurgprom.org> [in Russian].
- [18] The Ren21's Renewables 2015 Global Status Report. Retrieved from : [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015\\_Onlinebook\\_low1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf). [in English].
- [19] Price quotes updated weekly – PV spot prices. Retrieved from : <http://pv.energytrend.com> [in English].
- [20] Rozvytok vidnovliuvalnykh dzherel enerhii v Ukraini. Retrieved from : <http://www.zhytlo.in.ua>. [in Ukrainian].
- [21] Dolinskyi, A. A. (Ed.). (2009). *Teplovi nasosy v systemakh teplokhodopostachannia*. Kyiv: Polihraf-Servis. [in Ukrainian].
- [22] Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 “Security, Energy Efficiency, Competitiveness”: Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 18.08.17 № 605-p. Retrieved from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. [in Ukrainian].
- [23] Kaletnik, H.M., Tokarchuk, D.M., Skoruk, O.P. (2020). *Orhanizatsiia i ekonomika vykorystannia bioresursiv* (2th ed.). Vinnytsia: TOV “DRUK”. [in Ukrainian].

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МИРЕ И В УКРАИНЕ

Энергетические ресурсы имеют большое значение для жизнедеятельности человека. На сегодняшний день интенсивное распространение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире является результатом сложных политических, социальных, экономических и природных процессов, развивающихся в течение последних 40-50 лет. Эти процессы связаны с разным уровнем и динамикой экономического развития государств, ростом потребления энергии, неравномерным распределением природных ресурсов, увеличении населения планеты и климатическими изменениями. Энергосберегающий путь развития экономики предполагает значительное снижение в расчете на единицу продукции расхода топлива, электроэнергии и теплоты на конечной стадии их потребления; совершенствование добычи, транспортировки, преобразования и хранения энергоресурсов; совершенствование структуры энергобаланса в направлении замещения в нем дефицитных и дорогих энергоресурсов дешевыми и доступными возобновляемыми источниками энергии. Рост производства и потребления неразрывно связан с развитием общества, которое на протяжении своего развития ведет борьбу за увеличение своего энергетического баланса. Борьба за энергию, за ее источники, за открытие новых способов ее преобразования и использования идет непрерывно и все нарастающими темпами. Развитие возобновляемых источников энергии в мире связано с ограниченными энергетическими ресурсами. С возобновляемых источников энергии получили использование энергия солнца, энергия ветра, энергия воды, энергия окружающей среды, геотермальная энергия, энергия биомассы. Большие всего в Украине используют энергию биомассы для получения тепловой энергии. Также получило развитие использование энергии окружающей среды за счет внедрения тепловых насосов в отопительных системах зданий, в технологических процессах сушки и охлаждения.

**Ключевые слова:** энергетические ресурсы, возобновляемые источники энергии, энергобаланс, природные ресурсы

**Табл. 3. Рис. 5. Лит. 23.**

**CURRENT STATE OF ENERGY EFFICIENCY IN THE WORLD AND IN UKRAINE**

*Energy resources are of great importance for human life. Today, the intensive spread of renewable energy sources (RES) in the world is the result of complex political, social, economic and natural resources that have been developing over the past 40-50 years. These processes are associated with different levels and dynamics of economic development of states, an increase in energy consumption, an uneven distribution of natural resources, an increase in the world's population and climatic changes. The energy-saving way of economic development presupposes a significant reduction per unit of product consumption of fuel, electricity and heat at the final stage of their consumption; improvement of production, transportation, transformation and storage of energy resources; improving the structure of the energy balance in the direction of replacing scarce and expensive energy resources in it with cheap and affordable renewable energy sources. The growth of production and consumption is inextricably linked with the development of society, throughout its development it is fighting to increase its energy balance. The struggle for energy, for its source, for the discovery of new ways of transforming and using it is going on continuously and at an ever-increasing pace. The development of renewable energy sources in the world is associated with limited energy resources. From renewable energy sources, the use of solar energy, wind energy, water energy, environmental energy, geothermal energy, biomass energy has been obtained. Most of all in Ukraine, biomass energy is used to obtain thermal energy. Also, the use of environmental energy has been developed due to the introduction of heat pumps in heating systems of buildings, in the technological processes of drying and cooling.*

**Key words:** energy resources, renewable energy sources, energy balance, natural resources

**Tab. 3. Fig. 5. Ref. 23.**

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Пазюк Вадим Михайлович** – доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України (вул. Булаховського, 2, корп. 2, м. Київ., 03164, Україна, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>).

**Токарчук Олексій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [tokarchuk@vsau.vin.ua](mailto:tokarchuk@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

**Токарчук Діна Миколаївна** – кандидат економічних наук, доцент кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: [tokarchyk\\_dina@ukr.net](mailto:tokarchyk_dina@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6341-4452> ).).

**Пазюк Вадим Михайлович** – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института технической тепло физики Национальной академии наук Украины (ул. Булаховского, 2, корп. 2, г.. Киев., 03164, Украина, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>).

**Токарчук Алексей Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры пехнологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г.. Винница, 21008, Украина, e-mail: [tokarchuk@vsau.vin.ua](mailto:tokarchuk@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

**Токарчук Дина Николаевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры административного менеджмента и альтернативных источников энергии, Винницкий национальный аграрный университет (21008, г.Винница, ул.Солнечная, 3, e-mail: [tokarchyk\\_dina@ukr.net](mailto:tokarchyk_dina@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6341-4452> ).).

**Vadym Paziuk** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine (2 Bulakhovskogo st., Building 2, Kiev, 03164, Ukraine, e-mail: [vadim\\_pazuk@ukr.net](mailto:vadim_pazuk@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-4955-1941>).

**Oleksii Tokarchuk** – PhD, Associate Professor of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions” of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya St., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [tokarchuk@vsau.vin.ua](mailto:tokarchuk@vsau.vin.ua), <https://orcid.org/0000-0001-8036-1743>).

**Dina Tokarchuk** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of the Administrative Management and Alternative Energy Resources, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3 Soniachna str., e-mail: [tokarchyk\\_dina@ukr.net](mailto:tokarchyk_dina@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6341-4452> ).).