

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) www.economy.nayka.com.ua | № 6, 2021 | 24.06.2021 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2021.6.82](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.6.82)

УДК 339.976

*Н. О. Краснікова,
к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки і світових фінансів,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро
ORCID ID: 0000-0002-6484-2050
П. Д. Красніков,
аспірант, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро
ORCID ID: 0000-0001-8718-9835*

ДРАЙВЕРИ ЧЕТВЕРТОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ В КОНТЕКСТІ ВИРІШЕННЯ СВІТОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

*N. Krasnikova
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of International Economics and Global
Finance, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro
P. Krasnikov
Postgraduate student, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro*

DRIVERS OF THE FOURTH ENERGY TRANSITION IN THE CONTEXT OF SOLVING GLOBAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Четвертий енергетичний перехід на відновлювальні джерела енергії має потенціал значного зниження викидів вуглецю у навколишнє середовище. На сьогоднішній день загальна частка ВДЕ у споживанні первинної енергії не перевищує 11,4%, а у кінцевому споживанні – 17,9%. В статті проаналізовані традиційні та сучасні види ВДЕ з точки зору вартості генерації енергії, екологічної та інвестиційної привабливості. Виокремлено чотири драйвери, що впливають на швидкість і ефективність переходу на відновлювальну енергію: технологічний, внутрішньополітичний, мотиваційний та споживчий. Досліджено роль відновлювальних джерел енергії у процесі переробки первинної енергії у теплову, кінетичну та електричну; за секторами: будівельним, транспортним та промисловим. У роботі встановлено, що навіть при існуванні планів та програм заміщення викопних видів палива відновлювальними, за останні 10 років споживання викопного палива в абсолютному виразі зростає, що не дає можливості констатувати можливість реального енергетичного переходу на ВДЕ.

The article analyzes traditional and modern types of renewable energy. The dynamics of primary energy consumption in the world, world GDP, population from 1990 to the present are considered. A complete correspondence has been established between the dynamics of world GDP growth and CO2 emissions. The paper studies and compares the indicators of the share of renewable energy in the

structure of primary energy consumption and final energy consumption on the basis of statistical data from international organizations: International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA), International Network for Sustainable Energy (INFORSE), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). On the basis of a systematic approach, four drivers have been identified that affect the speed and efficiency of the energy transition: technological, domestic political, motivational and consumer. The basic role of technological and domestic political drivers has been established, such as those that create a physical opportunity for the development of renewable energy. The decrease in the cost of generating renewable energy sources, their environmental attractiveness and incentives from the countries of the world, have led in recent years to the formation of high growth rates of some modern types of renewable energy sources. Although the growth rates in the field of modern types of renewable energy are quite high, their total share in primary energy consumption does not exceed 11.4% (including hydropower), and in final consumption - 17.9%. The largest share of renewable energy is formed in the production of electricity (26.4%), the smallest - in transport (3.3%). The greatest ecological potential is possible when replacing the "dirtiest" types of fuel: coal and oil. A general analysis of the consumption of these types of fuel showed that a real decrease in their consumption occurs only in developed countries. In the poorest countries of the world, the development of renewable energy is constrained by public investment in the consumption of more affordable traditional forms of energy. It has been established that today it is too early to talk about a real fourth energy transition to renewable energy sources.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії; енергетичний перехід; первинна енергія; кінцеве споживання енергії; декарбонізація.

Key words: renewable energy; energy transition; primary energy; final energy consumption; decarbonization.

Постановка проблеми. Вважається, що світ у своєму енергетичному розвитку здійснив вже три енергетичні переходи: 1) на вугілля, 2) на нафту, 3) на газ. Енергетичний перехід характеризується зростанням питомої ваги високоефективних енергетичних ресурсів в структурі енергетичного балансу [1]. Зараз, на думку спеціалістів, світ входить в етап четвертого енергетичного переходу, на широке використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) [2]. Чи не перебільшеними є такі прогнози, варто з'ясувати на основі аналізу структур первинного та кінцевого споживання енергії в світі та визначення ролі відновлювальних джерел енергії в них. До речі, слід розуміти, що перший енергетичний перехід відбувся з переважного використання в якості енергетичного ресурсу традиційної біомаси, яка є одним із видів ВДЕ (найстаріші данні 1860 р. фіксують понад 70% біомаси у загальній масі світового первинного енергоспоживання, а у 2018 р. близько 10%) [3].

З 1990 р. загальне споживання енергії в світі зросло на 60%, населення світу – на 44%, а світовий ВВП збільшився у 2.5 рази. Розвиток технологій призвів до загального зниження енергоємності світового ВВП за цей період на 35%. При цьому, збільшення викидів CO₂ (60%) абсолютно відповідає відсотку зростання споживання енергії [4]. Енергетичний перехід на відновлювальні джерела енергії має покращити ситуацію із зниженням викидів вуглецю у навколишнє середовище, оскільки на вичопне паливо все ще припадає 84% первинної енергії і енергосистема спричиняє близько двох третин світових викидів CO₂ [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми обліку та розвитку відновлювальних джерел енергії розглядаються в роботах Ставенса П. [6], Плачкова С. [7], Єлісеєва О. [8]. Питаннями декарбонізації світової економіки висвітлені в роботах Брангера Ф. та Квіріона П. [9], Голдерс Л та Скеін А [10], Рой Р. та Враазен Н. [11]. Економіко-управлінські аспекти використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів вивчали Богатирева В.В. із колегами [12], Ахмед Ш., Саркар Б. [13]. Крім того, прогнозуванням динаміки відновлювальної енергетики на світовому рівні займаються такі відомі агенції та кампанії як: Bloomberg NEF [5]; British Petroleum [15]; Equinor [15]; Exxon Mobil Corporation [16]; Інститут економіки енергетики (Японія) [17]; Shell [18]; Управління енергетичної інформації (США) [19] та ін.

Але кількість спостерігачів та прогнозів, яка за законами діалектики має безумовно перерости в якість, у випадку відновлювальної енергетики поки призводить до хаосу. Оскільки різні організації використовують різні одиниці виміру і підходи до вимірювання кількості та ефективності використання енергії. Більше того, різні організації використовують різні визначення та класифікації видів відновлювальних джерел енергії.

Формулювання цілей статті. У своїй роботі ми робимо спробу систематизувати види ВДЕ стосовно їх екологічної привабливості, встановити реальну роль відповідних видів у первинному видобутку та кінцевому споживанні енергії за сферами та напрямками використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогоднішній день розвитком відновлювальної енергетики в світі опікуються і аналізують її показники велика кількість міжнародних організацій, серед яких:

- Міжнародне енергетичне агентство (IEA), автономний орган у межах Організації економічного співробітництва та розвитку. Агентство було створене після світової економічної кризи у 1974 р. і тому зосереджене на забезпеченні енергетичної безпеки країн-учасниць (29 держав). Мета – сприяти міжнародному співробітництву у галузі енергетики для своєчасного реагування на зміни на світовому енергетичному ринку [20];
- Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA) – міжнародна організація, заснована у 2009 р., з метою підтримки використання усіх видів відновлювальних джерел енергії (154 держави). Організація покликана бути центром удосконалення технологій у галузі відновлювальної енергетики, сприяти взаємообміну знаннями, передачі відповідних технологій, поширенню практичних інструментів і рекомендацій, націлених на прискорення впровадження екологічно чистої, стійкої енергетики для зростаючих потреб населення [21];
- Міжнародна мережа з питань сталої енергетики (INFORSE) – світова мережа, що об'єднує 140 неурядових організацій, що сприяє розвитку сталої енергетики, створена у 1992 р. Мета – підвищення обізнаності щодо доцільності використання ВДЕ, підвищення потенціалу ВДЕ на місцевому, національному та міжнародному рівнях, підтримка досліджень та розробок у галузі відновлюваної енергетики [22];
- Мережа з питань політики у сфері відновлюваної енергетики (REN21) – аналітичний центр, створений у 2004 р., об'єднує уряди, неурядові організації, дослідницькі та академічні інститути, міжнародні організації (65 організацій). Мета – сприяння розробці політики, обміну знаннями та спільним діям щодо швидкого глобального переходу до відновлювальної енергетики [23].

За статистикою REN21 у загальному кінцевому енергетичному споживанні викопні джерела складають 79,9%, ядерна енергія – 2,2%, традиційна біомаса (традиційне ВДЕ) – 6,9%, сучасна відновлювальна енергія – 11%. За таким обліком гідроенергетика включається до сучасної відновлювальної (частка гідроенергетики у загальному кінцевому енергетичному споживанні складає 3,6%) (рис. 1). Частка сучасної відновлювальної енергетики у 2013 р. становила 9,6%. Але при цьому у абсолютних показниках обсяг сучасної відновлювальної енергетики з 2013 р. зріс на 21,5%, тобто в середньому приблизно 4 % на рік. [23]. У споживанні ж первинної енергії за даними British Petroleum відновлювальна енергетика становить 5%, за включенням гідроенергетики, але включи традиційну біомасу [5] (рис. 1).

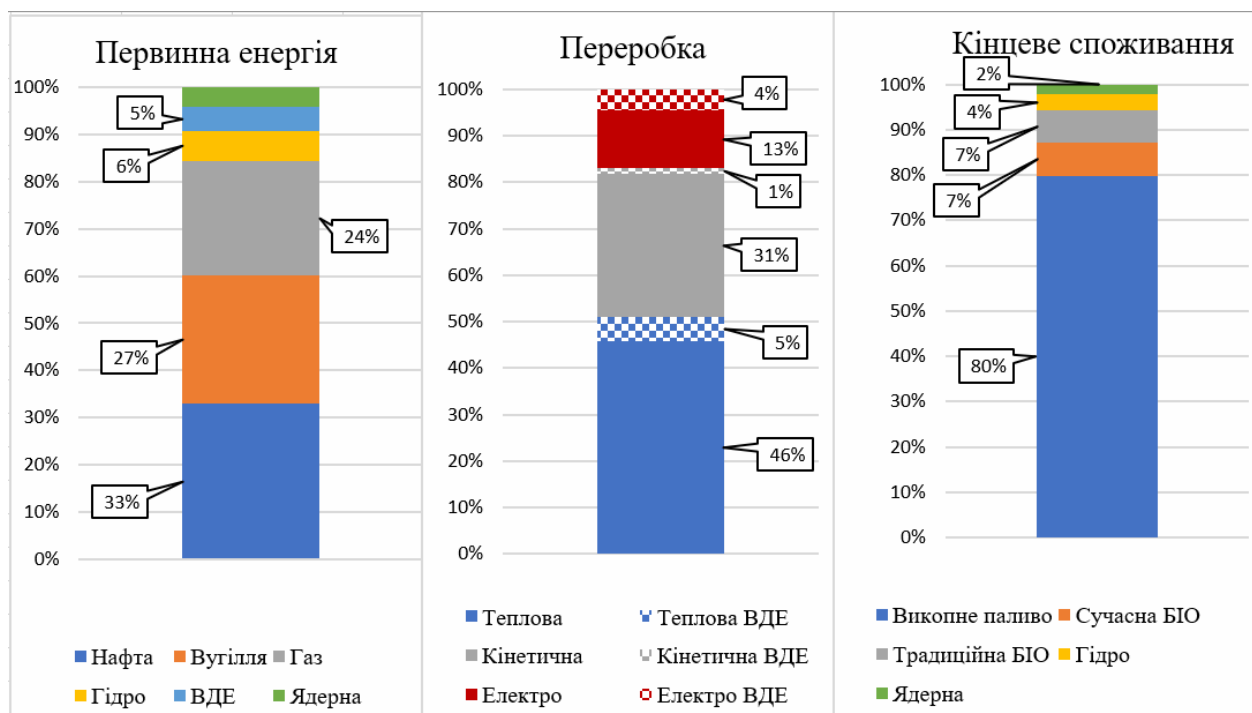


Рис. 1. Структура первинного споживання, переробки та кінцевого споживання енергії за видами і типами
Джерело: побудовано автором за даними [5, 19, 23]

Динаміка зміни попиту на первинну енергію вказує на те, що за період з Другої світової війни у 2020 році відбулось найбільше його падіння – на 6% (рис. 2) [20]. В новітній історії, зниження попиту на первинну енергію відбувалось лише в 2009 році на 1% і викликане було світовою економічною кризою.

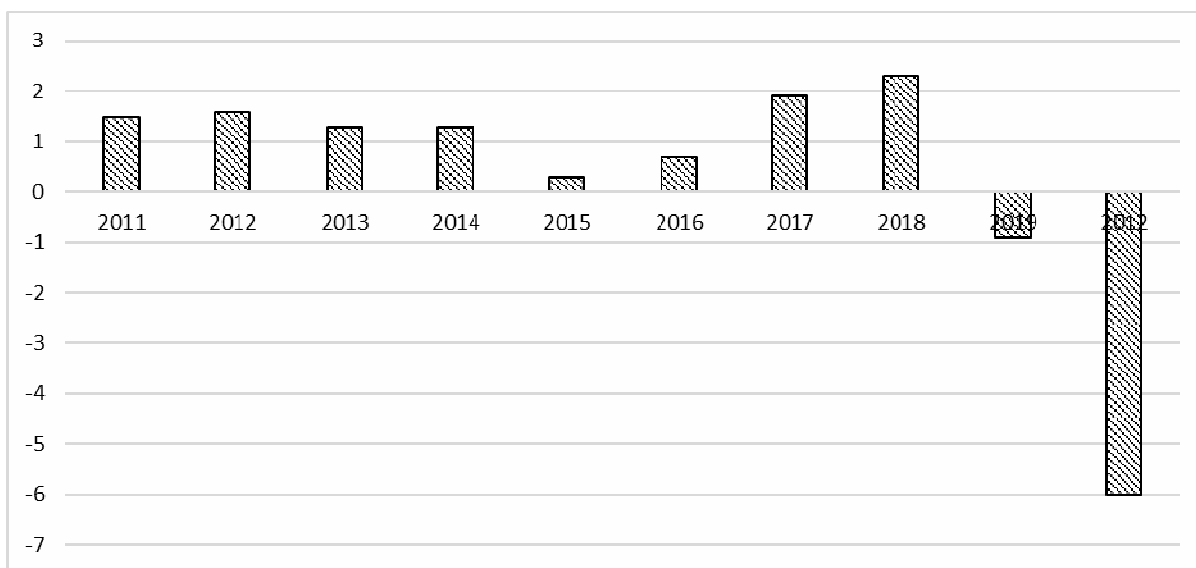


Рис. 2. Зміни глобального попиту на первинну енергію, %
Джерело: побудовано автором за даними [20]

У 2020 році в структурі зменшення глобального попиту на первинну енергію на 6% відбулось зниження попиту на вугілля на 7,7%, газ на 5%, нафту на 9,1%. Але, при цьому, відбулось зростання глобального попиту на електроенергію з відновлювальних джерел на 0,8% [20]. Така тенденція, сформована у кризовий період для економічної активності у всьому світі, на нашу думку, пов'язана із початком реального заміщення традиційної енергетики відновлювальною.

На швидкість і ефективність переходу на відновлювальну енергію впливають, на наш погляд, чотири взаємопов'язаних драйвери:

1. Технологічний. Він спирається на декілька аспектів сучасного розвитку, головними з яких є електрифікація, підвищення ефективності використання енергії, здешевлення відновлювальної енергії та розвиток цифрових технологій. Останні швидко і принципово змінюють способи виробництва та споживання енергії. Зауважимо, що вартість 1 МВт години за 10 років на енергію сонця та вітру істотно знизилась і вже може конкурувати в окремих випадках із вартістю генерації енергії із традиційних джерел, яка знаходиться у діапазоні 50-170 дол. США / (МВт год). Зниження вартості генерації пов'язане із розвитком технологій виробництва та передачі відновлювальної енергії, що за 10 років сформувало зниження витрат на введення додаткового кВт сонячної енергії, майже у 5 разів (табл. 1).

Таблиця 1.
Показники екологічності та генерації окремих видів ВДЕ

Вид енергії	Динаміка середньозваженої ціни, дол. США/(МВт год)		Динаміка витрат на введення одного кВт, дол. США		Питомі викиди CO ₂ при отриманні одиниці енергії, г/(кВт год)	Глобальні інвестиції у 2019 р., млрд дол. США
	2010	2019	2010	2019		
Біоенергія	56	66	2588	2141	17-27	14,2
Геотермальна енергія	49	73	5254	3916	79	1,2
Гідроенергія	34	47	1234	1709	3,6-11,6	2,5*
Сонячна енергія	378	68	4702	995	98-167	141,0
Енергія вітру	86	53	1949	1473	7-9	142,7

*- розглядаються інвестиції тільки в малу гідроенергетику.

Джерело: побудовано автором за даними [7, 21, 23]

2. Внутрішньополітичний. Уряд за допомогою багатого арсеналу інструментів державного управління може створювати ефективні стимули використання та виробництва енергії з відновлювальних джерел та обмежувати використання викопного палива [24, 25]. На рис. 3 зазначена зростаюча динаміка кількості країн, що використовують регулюючу політику у відновлювальній енергетиці за секторами. Більшість країн світу використовують державні стимули в електроенергетиці, що на сьогоднішній день привело до динамічного зростання відновлювальної енергії як в абсолютному так і у відносному виразі – 26,4% всієї електроенергії є відновлювальною. На жаль, у транспортній сфері, де використовується всього 3,3% ВДЕ, не відчувається відсутнього зростання, що пов'язують із відсутністю загальносвітової стратегії переведення транспорту на відновлювальну енергетику.

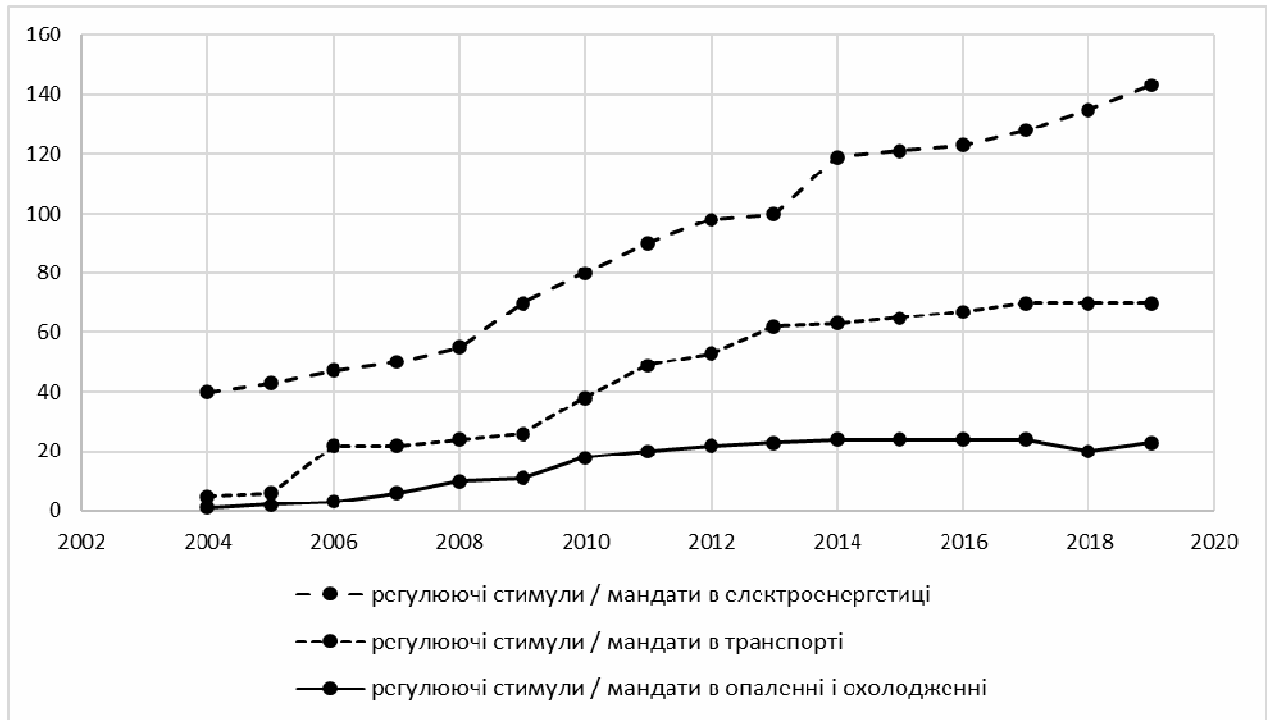


Рис. 3. Динаміка кількості країн, що використовують регулюючу політику у відновлювальній енергетиці за секторами

Джерело: побудовано автором за даними [23]

3. Мотиваційний. Цей драйвер формується ставленням міжнародних організацій та провідних світових гравців до забруднення навколишнього середовища викидами вуглецю та необхідності переходу на «зелену» енергетику. Супроводжується формуванням прогнозів та порядку денного загальносвітових ініціатив енергетичного розвитку.

4. Споживчий. Рішення споживачів при обранні енергії з відновлювальних джерел, підтримане технологічними можливостями її використання, стимульоване державною політикою в галузі енергоспоживання та сформоване усвідомленням негативних світових наслідків від подальшого використання викопного палива.

Всі драйвери впливають на розвиток ВДЕ в активному та мультиплікаційному взаємозв'язку, але вирішальну роль відіграють перші два, що становлять фізичну здатність для такого розвитку. Оскільки відсутність технічного доступу в деяких країнах до сучасних джерел енергії та інфраструктури для її використання, відсутність державних стимулів для розвитку ВДЕ, унеможливають вплив мотиваційних спрямувань міжнародної спільноти на свідоме споживання.

Причина різниці у частках ВДЕ у споживанні та виробництві енергії, а також окремих видів ВДЕ в різних базах даних полягає у диференціації обліку видів енергії різними організаціями. У широкому розумінні до ВДЕ належать гідроенергія, енергія біомаси, інші сучасні ВДЕ. Але, з екологічної точки зору, ставлення до цих видів, а також підвидів ВДЕ є різним, завдяки різному їх впливу на навколишнє середовище та технологічним особливостям трансформації. Тому, деякі агенції виключають певні види або підвиди ВДЕ із загального їх обліку, що створює певну плутанину у кінцевих показниках і формує неоднозначне бачення можливості четвертого енергетичного переходу.

Отже, всі відновлювальні джерела енергії поділяються на 2 групи: первинну та вторинну. Первинна – це використання прямої енергії сонячного випромінювання. До неї належать сонячна термічна (теплова), енергія біомаси, фотоенергетика. Вторинна відновлювальна енергія – результат опосередкованої діяльності Сонця, що викликає певні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері. До неї належать енергія вітру, гідроенергія, енергія хвиль, припливів, тепла енергія навколишнього середовища та ін. [7].

В свою чергу, енергія біомаси поділяється на 2 групи: первинна біомаса та вторинна біомаса. Джерелом первинної біомаси є поверхневий та водний рослинний світ, вторинної – відходи біомаси, що утворюються після збирання та переробки первинної біомаси у товарні продукти та відходи, що утворюються в процесі життєдіяльності тварин та людей. Із біомаси методом біоконверсії виробляють етиловий спирт та біогаз; методом теплової конверсії – вугілля, метанол, бензин, дизельне паливо та керосин.

За технологією використання біомасу поділяють на традиційну та сучасну. Традиційна біомаса – це тверда біомаса (наприклад, деревина та відходи), що використовуються шляхом спалювання для обігріву та приготування їжі. Сучасна біомаса – це енергія, отримана від згорання твердого, рідкого та газоподібного палива із біомаси у високоефективних системах перетворення. Використання сучасної біомаси є більш екологічним у порівнянні із використанням традиційної біомаси. Використання традиційної біомаси притаманно менш розвинутим економікам та регіонам, що існують на основі застарілого технологічного укладу.

Гідроенергетика, в свою чергу, поділяється на традиційну та нетрадиційну. До нетрадиційних ВДЕ належить мала гідроенергетика, до якої належить, залежно від держави, гідроелектростанції потужністю до 10 або 30 МВт. Традиційна гідроенергетика, хоча і посідає перше місце за обсягами генерації з усіх ВДЕ, шкодить екології планети, але не через викиди CO₂, а техногенним втручанням людини у природу.

Вся первинна енергія переробляється на теплову, кінетичну та електричну енергію, і потім споживається у промисловості, будівництві та транспорті (рис. 4). Кінцеве споживання енергії у промисловості (в нього входить і кінцеве споживання у сільському господарстві) складає 35% від загального кінцевого споживання енергії (рис. 4). Три чверті енергії, що використовується в промисловості, витрачається у вигляді теплової і одна чверть у вигляді електричної. Відновлювальна енергетика становить 14,5% від загальної промислової. 90% потреб промисловості у відновлювальній тепловій енергії забезпечує біоенергетика. Сектор відрізняється значною часткою вугілля у кінцевому споживанні (приблизно 25%). Викиди CO₂ в цьому секторі становлять 23% від загальних світових викидів. Загальне споживання енергії в промисловості зростає останні роки приблизно на 1% на рік.

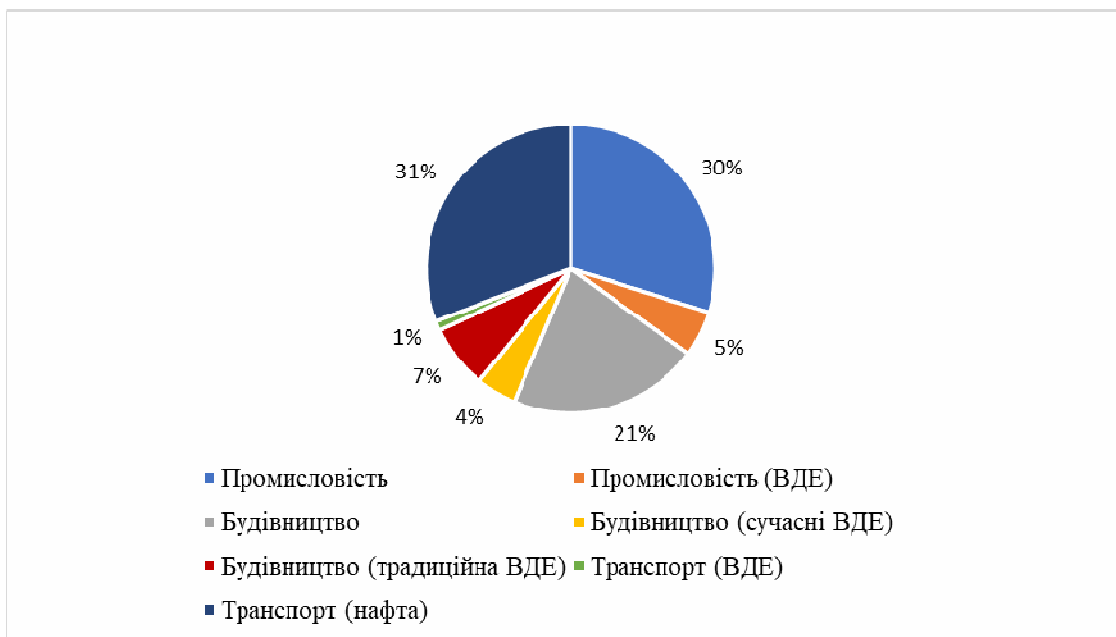


Рис. 4. Структура кінцевого споживання енергії за секторами

Джерело: побудовано автором за даними [23]

Будівельний сектор споживає 33% кінцевої енергії. 77% кінцевої енергії у будівлях використовується у вигляді теплової і 23% у вигляді електричної. Енергія, що використовується для обігріву й охолодження, у цьому секторі формується на 28% енергією традиційної біомаси. Нова відновлювальна енергетика становить 13,6% від загальної будівельної. Викиди CO₂ в цьому секторі становлять 28% від загальних світових викидів. Транспортний сектор, що споживає 32% кінцевої енергії, має найнижчу частку відновлювальної енергії (3,3%). Більше 96% потреб

транспорту у енергії задовольняється за допомогою нафти та нафтопродуктів. Для виробництва електроенергії загалом використовується 27,3% відновлювальних джерел енергії: 15,9% гідро, 5,9% енергії вітру, 2,8% – сонячної та ін. [23].

Найбільше викидів CO₂ у повітря генерується при виробництві одиниці енергії з вугілля (955 г/(кВт год)) та нафти (813 г/(кВт год)) [7]. Близько 60% первинного вугілля використовується на отримання електроенергії, близько 20% – у промисловості. Зауважимо, що навіть при існуванні планів та програм заміщення вугілля менш шкідливою енергією, за 10 років споживання вугілля зросло на 8%. Світові лідери споживання вугілля: КНР (52% світового вугілля) збільшила споживання за 10 років на 17%; Індія (12%) збільшила споживання на 55%; США (7,2%) знизилася споживання на 50%. Загальний аналіз споживання вугілля в світі показав, що реальне зниження його споживання відбувається тільки у розвинених країнах світу. 60% первинної нафти використовується на транспорті [5].

За 10 років споживання вугілля зросло на 11% [5]. У 2010 р. у структурі споживання первинної енергії нафта займала 32%, вугілля – 28%, газ – 21%. У 2019 р. особливих змін у структурі споживання первинної енергії не спостерігається (нафта – 33%, вугілля – 27%, газ – 24%) [5]. Таким чином, слід констатувати, що четвертий енергетичний перехід є скоріше бажаним, ніж реальним у загальному сенсі. Оптимістичні прогнози переходу на відновлювальні джерела енергії, на наш погляд, викликані показниками стрімкого зростання обсягів енергії сонця та вітру, але, по-перше, слід брати до уваги базу зростання, яка є незначною в порівнянні з будь-яким видом викопної енергії. А, по-друге, виробництво не всіх видів відновлювальної енергії є абсолютно екологічним та має відносно високу вартість обладнання для генерації і технічні особливості вироблення (табл. 1). Останні полягають у значній нерівномірності вироблення енергії в часі (залежність від наявності та швидкості вітру, інтенсивності сонячного випромінювання, пори року та ін.) та програти в порівнянні з традиційною енергетикою щільності енергетичних потоків. Так, наприклад щільність сонячної енергії на поверхні Землі складає $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², енергії вітру, при швидкості вітру 10 м/с – $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м², геотермальної – $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², а для атомної енергії – 0,2 МВт/м².

У розвиток відновлювальної енергетики щорічно в світі інвестуються значні кошти. Так, у 2018 р. було інвестовано 296 млрд дол. США, а у 2019 – 301,7 млрд дол. США [23]. Розподіл інвестицій за основними видами відновлювальної енергетики можна побачити у табл. 1. Але, в той же час, уряди країн активно субсидують споживання викопної енергії, що суперечить меті обмеження викидів CO₂, оскільки призводить до заниження вартості використанні викопного палива в порівнянні із відновлювальним. У 2018 р. на споживання електроенергії було витрачено приблизно по 150 млрд дол. США і ще 100 млрд дол. США у споживання природного газу [26]. Слід зауважити, що субсидування споживання традиційної енергії робить її доступнішою для населення і, таким чином, сприяє меті забезпечення загального доступу до недорогої енергії. Тобто, відміна субсидій в деяких країнах, в яких відсутні доступні технології виробництва чистої відновлювальної енергії, залишить населення без доступу до енергії взагалі.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Із проведеного аналізу видів ВДЕ з'ясовано відмінності їх ролі у декарбонізації економіки з точки зору різних міжнародних організацій. Найжорсткіший з екологічної точки зору підхід обліку ВДЕ включає тільки сучасні її види: сонячну, геотермальну, сучасну біоенергетику, енергію вітру, нетрадиційну (малу) гідроенергетику. Із сучасних ВДЕ найбільш стрімко у технологічному рівні розвиваються сонячна та вітряна енергія, вони ж залучають більшу частку світових інвестицій, спрямованих на відновлювальну енергетику. Але, слід зазначити, що традиційні види відновлювальної енергетики (традиційна біоенергетика і гідроенергетика), на сьогоднішній день, навіть за наявності негативної динаміки у ціні та вартості генерації (табл. 1), відіграють важливу роль у формуванні світової частки невикопного палива і мають значний потенціал розвитку, особливо в країнах з низьким рівнем доходу. Існує достатньо високий потенціал заміщення викопного палива сучасним відновлювальним при виробництві електроенергії. Також спостерігається позитивна динаміка використання ВДЕ у промисловості та у будівництві, але частка ВДЕ на транспорті залишається стабільно низькою. Наразі, уряди країн активно регулюють використання відновлювальної енергії у транспортній сфері, але реального збільшення не відбувається. Констатуємо, що на сьогоднішній день загальних передумов світового енергетичного переходу на ВДЕ поки не створено, і, відповідно, в найближчій перспективі можна не очікувати значних скорочень викидів CO₂. Зниження викидів відбувається при зниженні світової економічної активності (наприклад, під час пандемії), але подальше економічне зростання знову призводитиме до збільшення викидів CO₂. Зазначимо, що окремі розвинуті країни мають реальні перспективи переходу на ВДЕ, але цей аспект розглядатиметься у подальших дослідженнях.

Список літератури.

1. Некрасов В. Л. Энергетический переход. Теоретико-методологические аспекты исследования. *Исторический ежегодник*. 2007. Режим доступа: http://www.history.nsc.ru/website/history-institute/var/custom/File/IE2007/020_Nekrasov.pdf (дата звернення 5.06.2021)

2. Пути перехода к устойчивой энергетике. *Серия публикаций ЕЭК ООН по энергетике №67*. Женева. 2020. Режим доступа: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/PATHWAYS/Home/FINAL_Report_-_Pathways_to_Sustainable_Energy_-_RUSSIAN.pdf (дата звернення 9.06.2021)
3. Прогноз развития энергетики мира. Сколково. Москва. 2019. Режим доступа: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019-02_Rus.pdf (дата звернення 9.06.2021)
4. Global Energy Outlook 2020: Energy Transition or Energy Addition? Resources for the Future. May 2020. Режим доступа: https://media.rff.org/documents/GEO_2020_Report.pdf (дата звернення 9.06.2021)
5. Statistical Review of World Energy. *British Petroleum*. 2020. Режим доступа: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата звернення 9.06.2021)
6. Stevens P. An introduction to energy economics. *The Economics of Energy*. 2000. Chatham House, London, UK.
7. Плачкова С. Г. Энергетика. История, настоящее и будущее. Книга 5. *Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире*. Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5> (дата звернення 9.06.2021)
8. Єліссєва О. К., Хазан П. В. Оцінювання впливу відновлюваної енергетики на соціально-економічні показники. *Бізнес Інформ*. 2017. № 8. С. 134–140.
9. Branger F., Quirion P. Climate Policy and the «Carbon Haven» Effect. *WIREs Climate Change*. 2014. Vol. 5. P. 53–71. Режим доступа: <https://doi.org/10.1002/wcc.245> (дата звернення 9.06.2021)
10. Goulder L. H., Schein A.R. Carbon Taxes versus Cap and Trade: A Critical Review. *Climate Change Economics*. Vol. 4. No.3. 2013. Режим доступа: <https://web.stanford.edu/~goulder/Papers/Published%20Papers/Goulder%20and%20Schein%20-%20Carbon%20Taxes%20vs%20Cap%20and%20Trade%20-%20C1%20Ch%20Economics.pdf> (дата звернення 9.06.2021)
11. Roy R., Braathen N. The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries. *OECD Environment Working Papers*. No. 124. 2017. OECD Publishing. Paris. Режим доступа: <https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en> (дата звернення 9.06.2021)
12. Богатырева В.В., Гавриш В.И., Ниценко В.С., Павлов К.В. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты их использования в условиях инновационного развития общества: моногр. – Новополюцк: Полоц. гос. ун-т, 2017. – 324 с.
13. Ahmed W, Sarkar B. Management of next-generation energy using a triple bottom line approach under a supply chain framework. *Resources, Conservation and Recycling*. Elsevier BV; - 2019 150:104431. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104431>
14. New Energy Outlook (NEO). *Bloomberg NEF*. Режим доступа: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (дата звернення 9.06.2021)
15. Energy Perspectives 2021. *Equinor*. Режим доступа: <https://www.equinor.com/en/sustainability/energy-perspectives.html> (дата звернення 10.06.2021)
16. Outlook for energy: A perspective to 2040. *Exxon Mobil Corporation*. Режим доступа: <https://corporate.exxonmobil.com/Energy-and-innovation/outlook-for-energy> (дата звернення 10.06.2021)
17. Outlook 2020: Coping with the increasingly challenging energy trilemma (3Es). *Institute of Energy Economics Japan*. Режим доступа: <https://eneken.iej.or.jp/data/8650.pdf> (дата звернення 10.06.2021)
18. Sky scenario. *Shell*. Режим доступа: https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf (дата звернення 10.06.2021)
19. International Energy Outlook 2020. *US Energy Information Administration*. Режим доступа: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> (дата звернення 10.06.2021)
20. Офіційний сайт Міжнародного енергетичного агентства. Режим доступа: <https://www.iea.org/> (дата звернення 10.06.2021)
21. Офіційний сайт Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії. Режим доступа: <https://www.irena.org/> (дата звернення 10.06.2021)
22. Офіційний сайт Міжнародної мережі з питань сталої енергетики. Режим доступа: <https://www.inforse.org/> (дата звернення 10.06.2021)
23. Офіційний сайт Мережі з питань політики у сфері відновлюваної енергетики. Режим доступа: <https://www.ren21.net/> (дата звернення 10.06.2021)
24. Красніков П., Джусов О. Роль ринків відновлювальної енергетики у вирішенні глобальних проблем сучасності. *Економічний простір: Збірник наукових праць*. 2019. № 150. С. 48-35.

25. Stukalo N., Krasnikova N., Steblianko I. et al.: «Green» economy: from global concept to reality of local development. Publisher, Serednyak, 2018. - С. 80-95.
26. World Economic Situation and Prospects 2020. *United Nations*. New York. 2020. Режим доступу: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf (дата звернення 10.06.2021).

References.

1. Nekrasov, V.L. (2007), "Energy transition. Theoretical and methodological aspects of the study", *Istoricheskiy yezhegodnik*, vol. 20, pp.224-240, available at: http://www.history.nsc.ru/website/history-institute/var/custom/File/IE2007/020_Nekrasov.pdf (Accessed 5 June 2021)
2. The official site of UNECE (2020), "Pathways to Sustainable Energy Transition", available at: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/PATHWAYS/Home/FINAL_Report_-_Pathways_to_Sustainable_Energy_-_RUSSIAN.pdf (Accessed 9 June 2021)
3. The official site of Skolkovo (2019), "Forecast of the development of energy in the world", available at: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019-02_Rus.pdf (Accessed 9 June 2021)
4. The official site of Resources for the Future (2020), "Global Energy Outlook 2020: Energy Transition or Energy Addition?", available at: https://media.rff.org/documents/GEO_2020_Report.pdf (Accessed 9 June 2021)
5. The official site of British Petroleum (2020), "Statistical Review of World Energy", available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата звернення 9.06.2021)
6. Stevens, P. (2000), *An introduction to energy economics. The Economics of Energy*. Chatham House, London, UK.
7. Plachkova, S.G. (2012), *Energetika. Istoriya, nastoyashcheye i budushcheye. Kniga 5. Elektroenergetika i okhrana okruzhayushchey sredy. Funktsionirovaniye energetiki v sovremennom mire* [Energetics. History, present and future. Book 5. Electricity and environmental protection. The functioning of the energy sector in the modern world], [Online], available at: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5> (Accessed 9 June 2021)
8. Yelisyeyeva, O.K. and Khazan, P.V. (2017), "Estimation of influence of renewable energy on social and economic indicators", *Business Inform*, vol. 8, pp. 134–140.
9. Branger, F. and Quirion, P. (2014), "Climate Policy and the «Carbon Haven» Effect", *WIREs Climate Change*, vol. 5, pp. 53–71, available at: <https://doi.org/10.1002/wcc.245> (Accessed 9 June 2021)
10. Goulder, L.H. and Schein, A.R. (2013), "Carbon Taxes versus Cap and Trade: A Critical Review", *Climate Change Economics*, vol. 4, No.3, available at: <https://web.stanford.edu/~goulder/Papers/Published%20Papers/Goulder%20and%20Schein%20-%20Carbon%20Taxes%20vs%20Cap%20and%20Trade%20-%20CI%20Ch%20Economics.pdf> (Accessed 9 June 2021)
11. Roy, R. and Braathen, N. (2017), "The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries", *OECD Environment Working Papers*, vol. 124, available at: <https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en> (Accessed 9 June 2021)
12. Bogatyreva, V.V. Gavrish, V.I. Nitsenko, V.S. and Pavlov, K.V. (2017), *Al'ternativnyye toplivno-energeticheskiye resursy: ekonomiko-upravlencheskiye aspekty ikh ispol'zovaniya v usloviyakh innovatsionnogo razvitiya obshchestva* [Alternative fuel and energy resources: economic and managerial aspects of their use in the context of innovative development of society], Polotsk state university, Novopolotsk, Russia.
13. Ahmed, W. and Sarkar, B. (2019), "Management of next-generation energy using a triple bottom line approach under a supply chain framework", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 150, available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104431>
14. The official site of Bloomberg NEF (2021), "New Energy Outlook (NEO)", available at: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (Accessed 9 June 2021)
15. The official site of Equinor (2021), "Energy Perspectives 2021", available at: <https://www.equinor.com/en/sustainability/energy-perspectives.html> (Accessed 10 June 2021)
16. The official site of Exxon Mobil Corporation (2021), "Outlook for energy: A perspective to 2040", available at: <https://corporate.exxonmobil.com/Energy-and-innovation/outlook-for-energy> (Accessed 10 June 2021)
17. The official site of Institute of Energy Economics (2020), "Outlook 2020: Coping with the increasingly challenging energy trilemma (3Es)", available at: <https://eneken.ieej.or.jp/data/8650.pdf> (Accessed 10 June 2021)
18. The official site of Shell (2020), "Sky scenario", available at: https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf (Accessed 10 June 2021)
19. The official site of US Energy Information Administration (2020), "International Energy Outlook 2020", available at: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> (Accessed 10 June 2021)

20. The official site of International Energy Agency (IEA) (2021), available at: <https://www.iea.org/> (Accessed 10 June 2021)
21. The official site of International Renewable Energy Agency (IRENA) (2021), available at: <https://www.irena.org/> (Accessed 10 June 2021)
22. The official site of International Network for Sustainable Energy (INFORSE) (2021), available at: <https://www.inforse.org/> (Accessed 10 June 2021)
23. The official site of Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2021), available at: <https://www.ren21.net/> (Accessed 10 June 2021)
24. Krasnikov, P. and Dzhusov, O. (2019), "The role of renewable energy markets in solving global problems of today", *Ekonomichnyy prostir: Zbirnyk naukovykh prats'*, vol. 150, pp. 48-35.
25. Stukalo, N. Krasnikova, N. and Stebliancko, I. (2018), «Green» economy: from global concept to reality of local development, Publisher Serednyak, Dnipro, Ukraine, pp. 80-95.
26. The official site of United Nations (2020), "World Economic Situation and Prospects 2020", available at: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf (Accessed 10 June 2021).

Стаття надійшла до редакції 14.06.2021 р.