

# СТАЛИЙ РОЗВИТОК, ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 339.97:504

DOI <https://doi.org/10.32782/2224-6282/150-16>

Джусов О. А., Красніков П. Д.  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Dzhusov O., Krasnikov P.  
Dnipro National University named after Oles Honchar

## РОЛЬ РИНКІВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ВИРІШЕННІ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ СУЧАСНОСТІ

У статті проведено аналіз глобальних ризиків, які визначаються Світовим економічним форумом. Визначено, що відбулась їх переорієнтація з економічного на екологічне підґрунтя, що прямо або опосередковано пов'язано з прагненням людства до економічного розвитку. Доведено прямий зв'язок між економічним зростанням, споживанням традиційної викопної енергії і збільшенням шкідливих викидів у навколишнє середовище. Визначено, що технології використання викопного палива характеризуються високою інтенсивністю викидів вуглецю при згоранні, в той час як відновлювальні технології мають дуже низьку інтенсивність або зовсім не провокують викиди вуглецю при генерації електроенергії. Встановлено, що в структурі споживання частка відновлювальної енергетики збільшувалась найдинамічніше з усіх інших видів енергії і зростає до 4%. Отримано висновок, що сучасне загальне зростання попиту на енергію в світі перевищує зростання виробництва відновлювальної енергетики, тому поки не вдасться ефективна декарбонізація енергетичного сектору. В структурі відновлювальної енергетики переважає енергія вітру, але за темпами зростання лідером є сонячна енергія, якій в майбутньому прогнозується провідна роль у генерації світової електроенергії. Встановлено, що використання реального потенціалу розвитку відновлювальної енергетики разом із заходами по підвищенню енергоефективності та електрифікації кінцевих споживачів можуть забезпечити близько 90% скорочення викидів CO<sub>2</sub>, пов'язаних із енергетикою. З'ясована особливість ринків відновлювальної енергетики, що полягає у практичній відсутності міжнародної торгівлі такою енергією. Це пов'язано, з одного боку, з відсутністю інфраструктури для міжнародної торгівлі. З іншого боку, правила торгівлі та навіть роль товарів для відновлювальної енергетики ще не до кінця сформовані у Світовій організації торгівлі. Було встановлено, що на відміну від викопної енергетики, вигоди від міжнародної торгівлі відновлювальною енергетикою отримують не країни, що мають надлишкові енергетичні ресурси, а країни, що виробляють обладнання для її генерації. Доведено, що ефективне врегулювання проблем розвитку державами та міжнародними організаціями дасть можливість декарбонізувати економіку і уповільнити антропогенну деградацію навколишнього середовища.

**Ключові слова:** відновлювальна енергетика; вуглецева інтенсивність; економічне зростання; викопне паливо; декарбонізація.

## THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY MARKETS IN SOLVING GLOBAL CONTEMPORARY PROBLEMS

The article presents the results of analyzes the global risks that are determined by the World Economic Forum. It has been determined that they have been reoriented from economic to environmental foundations, which are directly or indirectly related to the desire of mankind for economic development. A direct connection has been proved between economic growth, consumption of traditional fossil energy and an increase in harmful emissions into the environment. It has been determined that Fossil fuel technologies are characterized by a high intensity of carbon emissions during combustion, while recovery technologies are very low in intensity or without carbon emissions at all when generating electricity. It was found that in the structure of consumption the share of renewable energy increased most dynamically of all other types of energy and increased up to 4%. It has been concluded that the current global increase in energy demand in the world exceeds the growth in renewable energy production, therefore, effective decarbonization of the energy sector has not yet been successful. Wind energy predominates in the structure of renewable energy, but in the future solar energy is projected to lead in the generation of world electricity, due to its leadership in terms of growth. It has been established that Using the real potential of renewable energy development together with measures to increase energy efficiency and end-user electrification can provide about 90% reduction in CO<sub>2</sub> emissions associated with energy sector. The peculiarity of renewable energy markets has been clarified, which consists in the practical absence of international trade in such energy. This is due to, on the one hand, the lack of infrastructure for international trade. On the other hand, the rules of trade and even the role of goods for renewable energy are not yet fully formed in the World Trade Organization. It was found that, unlike fossil energy, the gain from international trade in renewable energy is received not by countries with excess energy resources, but by countries that produce equipment for its generation. It is proved that an effective settlement of development problems by states and international organizations will allow decarbonizing the economy and slowing down anthropogenic environmental degradation.

**Keywords:** renewable energy; carbon intensity; economic growth; fossil fuels; decarbonisation.

**JEL Classification:** F60, Q42, Q57

**Актуальність.** Світовий енергетичний сектор є джерелом близько 70% всіх викидів парникових газів. Абсолютний обсяг і частка викидів парникових газів від викопного палива постійно зростають протягом останніх десятиліть, в той час, інші викиди, пов'язані, наприклад, з вирубок лісів, зменшуються. Викиди парникових газів від згорання викопного палива були охарактеризовані британським економістом Ніколасом Стерном як найбільша вада ринкового механізму за всю історію людства [1]. Нова інтерпретація теорії Т. Мальтуса в сучасному світі базується на відсутності глобальної можливості збільшення виробництва викопної енергії у відповідь на збільшення світового народонаселення, як з огляду на обмеженість її запасів, так і з огляду на шкідливість такого збільшення для населення і планети в цілому.

Фундаментальна декарбонізація всього енергетичного сектору є ключовим глобальним викликом, що стала головною вимогою для досягнення цілей Паризької Угоди, підписаної на Міжнародних кліматичних переговорах ООН (COP21) в 2015 році [2]. Головною метою Паризької Угоди є утримання глобального потепління у межах 2°C, в ідеалі 1,5°C. Тому, актуальним є дослідження впливу розвитку відновлювальної енергетики на вирішення глобальних проблем сучасності.

**Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій.** Існує досить великий спектр досліджень, які доводять зв'язок між споживанням традиційної викопної енергії, економічним зростанням і станом навколишнього середовища в контексті викидів CO<sub>2</sub>. Аве С. та Edoja P. встановили, що екстенсивне зростання виробництва разом із збільшенням населення призводить до збільшення споживання викопного палива і сприяє зростанню рівня викидів CO<sub>2</sub> в країнах, що розвиваються. Вчені вбачають вихід у розвитку низьковуглецевих технологій та заохоченні довгострокових інвестицій у відновлювальну енергетику [3]. Chen J.-H. та Huang Y.-F. довели значну кореляцію між викидами CO<sub>2</sub> та споживанням нафти, газу та вугілля, а також вплив поточного економічного зростання на майбутні викиди [4]. Saidi K. та Hammami S. встановили наявність значного впливу споживання викопного палива на збільшення викидів CO<sub>2</sub> для 58 країн світу загалом та для чотирьох регіонів: Європи, Північної Азії, Латинської Америки та Карибського регіону [5].

Загалом, експерти вважають, що уповільнення глобального потепління можливо лише за дуже амбітної мети переходу на 94-100% відновлювальних джерел енергії до 2050 р. Група учених розробила дорожню карту переходу 139 країн світу до 2050 р. повністю на споживання альтернативної енергії. Вони встановили, що завдяки такому переходу відбуватиметься зменшення смертності від забруднення навколишнього середовища; зниження витрат на боротьбу з глобальним потеплінням; зниження витрат на енергоспоживання; створення «зелених» робочих місць; стабілізація цін на енергоносії; зниження енергозалежності країн; децентралізація світового енергопостачання; розширення доступу до споживання енергії тих, хто знаходиться в стані енергетичної бідності [6].

У роботі Маляренко В.А. системно дослідила стан, напрямки та перспективи розвитку базових напрямків енергетики і технологій виробництва енергії, з урахуванням їх взаємодії з довкіллям [7]. Аналіз основних

тенденцій розвитку світової та української енергетики, роль та позиціонування України на світових енергетичних ринках визначались українським центром економічних і політичних досліджень імені А.Разумкова [8]. Проте у науковій літературі практично відсутні дослідження проблеми впливу ринку відновлювальної енергетики на розв'язання екологічних проблем, пов'язаних з викидами CO<sub>2</sub>.

Статистичну базу дослідження склали статистичні бази даних та звіти Міжнародного енергетичного агентства, енергетичного комітету Європейського Союзу, статистичного щорічника світової енергетики, Світового банку, аналітичного центру REN21, статистичного огляду світової енергетики.

**Мета роботи.** На основі дослідження ринків відновлювальної енергетики визначити можливість розв'язання глобальних проблем сучасності.

**Виклад основних результатів дослідження.** Глобальні проблеми сучасності генеруються глобальними ризиками, які щорічно групуються Світовим економічним форумом за п'ятьма групами: економічні, екологічні, геополітичні, соціальні, технологічні. Такий поділ носить досить умовний характер, оскільки окремі ризики зазвичай одночасно впливають на різні сфери. У 2019 р. експерти форуму визначили 30 головних загроз людству та 13 тенденцій, що можуть впливати на ступінь їх дієвості або змінювати їх питому вагу [9]. Із 10 найімовірніших ризиків 2019 р. експерти визначили 5 екологічних. Перші три ризики: екстремальні погодні явища, неготовність до кліматичних змін, стихійні лиха – є екологічними і підсилюються тенденціями зміни клімату та деградації навколишнього середовища. Зміни клімату напряму або опосередковано пов'язані із діяльністю людини, змінюють склад планетарної атмосфери на додачу до природної мінливості клімату. Деградація навколишнього середовища полягає у погіршенні якості повітря, ґрунтів та води завдяки підвищенню концентрації забруднювальних речовин та інших видів діяльності людини.

Переорієнтація глобальних ризиків з економічного на екологічне підґрунтя відбувалась поступово. У післякризових 2009 та 2010 рр. 80% експертів вважали найвпливовішими глобальними ризиками – економічні, у 2013 та 2014 рр. по 40% експертів відзначили економічні і екологічні. З 2017 р. економічні ризики вже не відзначаються як найвпливовіші, натомість щороку 60% експертів вважають такими саме екологічні ризики. Таким чином, більшість глобальних проблем сучасності формуються в екологічній сфері і прямо або опосередковано пов'язані з прагненням людства до економічного розвитку.

Екологічна складова економічного розвитку у вигляді конкретних вимірюваних критеріїв доєдналась до економічної складової лише при формуванні концепції сталого розвитку. До того часу екологи досліджували та попереджали суспільство про можливості екологічних негараздів, пов'язаних, в першу чергу, із надмірно активним використанням викопного палива. В економічному сенсі попередження екологів використовувались більшою мірою як дієвий елемент маркетингу на світових ринках для спекулятивного збільшення цін і збагачення виробників викопного палива.

Економічна теорія зазначає, що діяльність комерційних підприємств несе в собі негативні екстерналії

не тільки у вигляді неоплатних шкідливих викидів від безпосередньої діяльності, а ще і за рахунок стимулювання видобутку викопної енергії. Якщо перші негативні ефекти регулюють і контролюють держави через встановлення норм шкідливих викидів підприємств, то ефективних державних стимулів переорієнтації підприємств на використання відновлювальної енергії довгий час не створювалось. В такій ситуації попит на викопне паливо продовжує зростати, а одиничні підприємства, що вирішили перейти на чисті технології, потерпають від конкуренції з боку традиційних підприємств [1].

З іншого боку відновлювальна енергетика несе суспільству безліч позитивних екстерналій, таких як розв'язання екологічних проблем, забезпечення диверсифікації енергопостачання або навіть енерго незалежності держав. Тобто, відновлювальна енергія є класичним суспільним благом і це означає, що суспільство може користуватись позитивними зовнішніми ефектами від її використання без оплати цих позитивних ефектів. Таким чином, інвестори не можуть в повній мірі отримати користь від виробництва відновлювальної енергетики, в результаті чого виробництво та споживання її знаходиться нижче соціально значимих рівнів. Тобто, ефективний розвиток відновлювальної енергетики можливий лише за умови втручання держави у врегулювання позитивних екстерналій. Теоретично можливими є три напрямки такого врегулювання: стимулювання приватних інвестицій у виробництво, субсидування виробництва або безпосередньо виробництво державою таких благ. Стимулювання приватних інвестицій ефективно використовується в світовій економіці саме для виробництва альтернативної енергетики.

При переважному поточному використанні викопного палива в світі існує чітка кореляція між темпами зростання світового ВВП, приростом споживання первинної енергії та викидами CO<sub>2</sub> від енергетичного сектору (рис. 1). Середні темпи зростання споживання первинної енергії в середньому за 10 років з 2007 по 2017 рр. склали 1,5%, приріст 2018 р. склав 2,9%. У 2009 р. кризове падіння споживання первинної електроенергії склало 1,4%, а падіння світового ВВП – 1,7%.

Три світові регіони: Азійсько-тихоокеанський, Північна Америка і Європа споживають близько 80% всієї

енергії виробленої в світі. Найбільший приріст у споживанні енергії відбувся за 2007-2018 рр. на Середньому Сході та у Азійсько-тихоокеанському регіоні. В Європі та Північній Америці натомість спостерігалось незначне зниження споживання, що пояснюється використанням інноваційних технологій енергозбереження та вищою за світову ефективністю використання енергії. Загальносвітове значення енергоємності ВВП складає 5 МДж/дол. США, європейське – 4 МДж/дол. США, азійсько-тихоокеанське – 6 МДж/дол. США, африканське – 7 МДж/дол. США [11].

Викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з енергетикою, можна розкласти відповідно до змін чотирьох факторів: населення, ВВП на душу населення, енергоємність ВВП та вуглецева інтенсивність економіки. Зниження енергоємності ВВП в світі значно призупинило зростання викидів, інспірованих збільшенням населення та ВВП в у період з 1970 по 2010 рр. Також, наприкінці минулого сторіччя знижувалась вуглецева інтенсивність економіки завдяки переходу з вугілля на природний газ та розширенню ядерної енергетики [12, с. 33]. З початком нового століття, збільшення вуглецевої інтенсивності пов'язують з розширенням використання вугілля в світі. Останні п'ять років інтенсивний розвиток відновлювальної енергетики разом із зменшенням частки вугілля у світовому енергоспоживанні знову привело до зниження вуглецевої інтенсивності. Але сучасне загальне зростання попиту на енергію в світі перевищує зростання виробництва відновлювальної енергетики, тому поки не вдається ефективно декарбонізувати енергетичний сектор. За підрахунками експертів, для компенсації зростаючого попиту на енергію і підтримки викидів CO<sub>2</sub> на рівні 2015 р. за останні три роки відновлювальна генерація мала б зростати більш ніж утричі швидше за реальне її зростання [10, с. 9].

Вплив енергетичних технологій на клімат вимірюють за допомогою інтенсивності викидів вуглецю як кількості CO<sub>2</sub> на одиницю згенерованої енергії. Технології використання викопного палива характеризуються високою інтенсивністю викидів вуглецю при згоранні, в той час як відновлювальні технології мають дуже низьку інтенсивність або зовсім не провокують викиди вуглецю при генерації електроенергії (рис. 2). Тому, на розвиток відновлювальної енергетики, а саме:

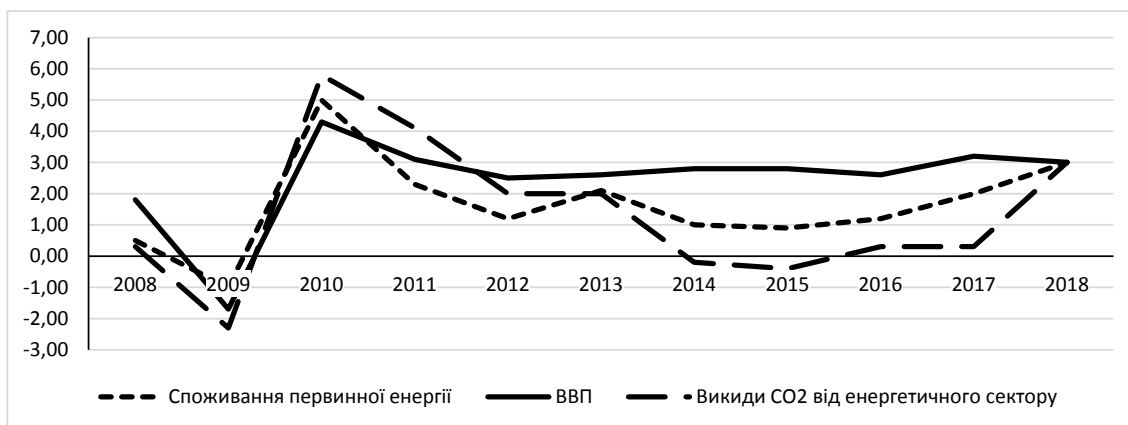


Рис. 1. Темпи зростання світового ВВП, споживання первинної енергії та викидів CO<sub>2</sub> від енергетичного сектору, 2008-2018 рр. %

Джерело: складено авторами за даними [10 с. 8, 11]

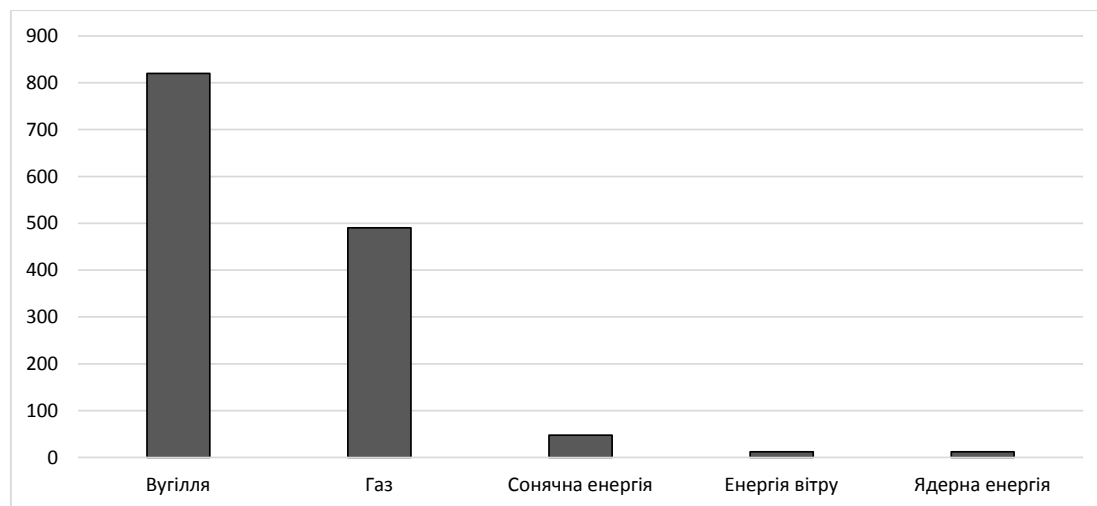


Рис. 2. Вуглецева інтенсивність деяких технологій виробництва електроенергії, CO<sub>2</sub>/кВт·год

Джерело: [12]

сонячної та вітряної, розраховує світ у зниженні ймовірності настання глобальних екологічних ризиків.

Потенційно, на кожний квадратний метр Землі припадає в середньому 1700 кВт·год сонячної енергії щорічно. Запаси вітрових ресурсів величезні і їх в основному рівномірно розподілено по всіх континентах.

Використання реального потенціалу розвитку відновлювальної енергетики разом із заходами по підвищення енергоефективності та електрифікації кінцевих споживачів можуть забезпечити близько 90% скорочення викидів CO<sub>2</sub>, пов'язаних із енергетикою [14, с. 17]. Розвиток відновлювальної енергетики передбачає впровадження відновлювальних технологій в енергетичному секторі і організацію інфраструктури їх кінцевого споживання. Заходи щодо підвищення енергоефективності стосуються всіх напрямків кінцевого використання енергії в промисловості, транспорті та опаленні будівель. Заходи з електрифікації мають спрямовуватися на електрифікацію опалення та транспорту.

В світовій структурі споживання первинної енергії поки переважає нафта, частка якої постійно знижується з 1990 р. і у 2018 р. становила 34% [10, с. 11]. Другим за часткою у споживанні є вугілля з найнижчим з 15 років показником – 27%, з майже половиною генерації викидів CO<sub>2</sub> (рис. 3). Частка природного газу постійно збільшується і досягла у 2018 р. 24%. Частка гідро– та атомної енергії останніми роками є незмінною і складає відповідно 7% та 4%.

У 2018 р. частка відновлювальної енергетики, що збільшувалась найдинамічніше, зросла до 4% і майже порівнялась з атомною, відповідно: 611,3 млн т н.е. – атомна енергія та 561,3 млн т н.е. – відновлювальна. В структурі відновлювальної енергетики поки переважає енергія вітру – 51%, але за темпами зростання лідером є сонячна енергія – 28,9% приросту за 2018 р. (рис. 4) [10, с. 9, 52].

Останніми роками спостерігається бурхливий розвиток відновлювальної енергетики: у 2007 р. у світі генерувалося всього 8 ГВт сонячної енергії, у 2018 р.

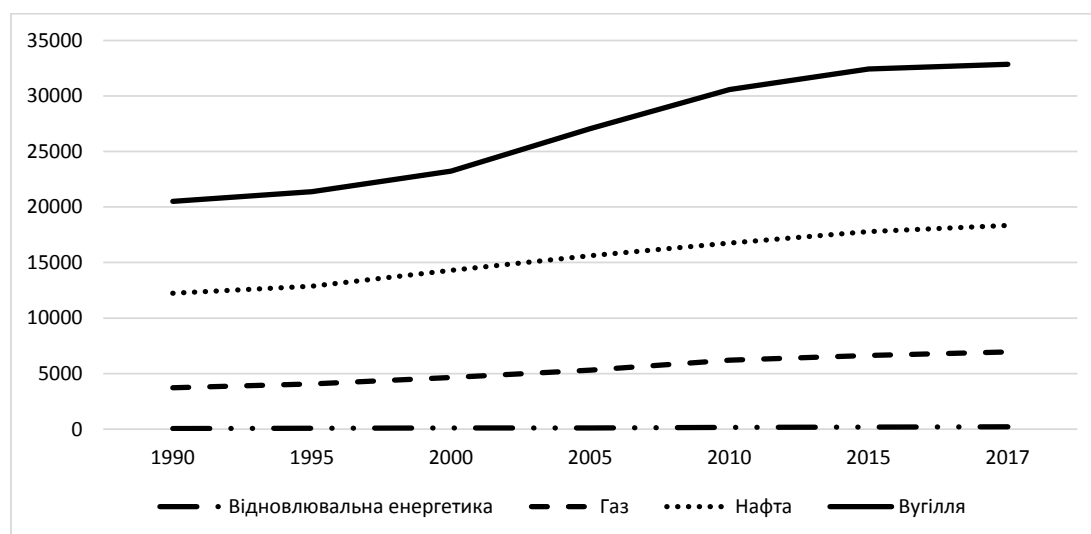


Рис. 3. Динаміка викидів CO<sub>2</sub> за енергетичними ресурсами, 1990-2017 рр., Мт CO<sub>2</sub>

Джерело: складено авторами за даними [13]

вже майже 505 ГВт. Потужність вітряної енергетики з 2007 р. збільшилася з менш ніж 100 ГВт до 591 ГВт 2018 р. У 2018 р. потужність відновлювальної енергії без урахування гідроенергетики (1246 ГВт) вперше перевищила потужність гідроенергетики (1132 ГВт).

КНР є світовим лідером як у виробництві відновлювальної енергетики так і у забрудненні навколишнього середовища CO<sub>2</sub>. Китай у 2018 р. генерував майже 28% всіх світових викидів CO<sub>2</sub>, тож 47% генерації електроенергії із вугілля припадає на Китай [10, с. 58,59]. Для порівняння, за допомогою вугілля в КНР у 2018 р. було вироблено 4732 ТВт·год електроенергії, а за допомогою відновлювальних технологій – 634 ТВт·год (25% світової відновлювальної генерації). КНР також відіграє ключову роль у створенні нових відновлювальних потужностей і може змінювати загальносвітові інвестиційні тенденції. Так, інвестиції КНР у відновлювальну енергетику знизились у 2018 р. порівняно з 2017 р. на 4% (91 млрд дол. США) і навіть при зростанні інвестицій всього іншого світу це призвело до зниження загальносвітового інвестування за 2018 р. на 11,5% [15, с. 148].

Особливістю ринків відновлювальної енергетики є практична відсутність міжнародної торгівлі такою енергією. Це пов'язано, з одного боку, з відсутністю інфраструктури для міжнародної торгівлі, а інколи, навіть для торгівлі в межах однієї країни. З іншого боку, правила торгівлі та навіть роль товарів для відновлювальної енергетики ще не сформовані у СОТ. Бурхливий розвиток альтернативної енергетики зумовив необхідність доповнень та змін у Гармонізованій системі опису та кодування товарів, оскільки, наприклад, більшість товарів з сонячними технологіями є частиною більш широких товарних груп. Сонячні батареї, що складають переважну більшість обсягу міжнародної торгівлі, пов'язаної з сонячною енергетикою, реєструються по коду ГС 854140, який також включає світлодіоди та інші світлочутливі напівпровідникові пристрої. Така неврегульованість ускладнює як статистику міжнародної торгівлі такими товарами, так і саму торгівлю, оскільки унеможливає стимулювання ввезення в країни сонячних батарей для реалізації програм розвитку відновлювальної енерге-

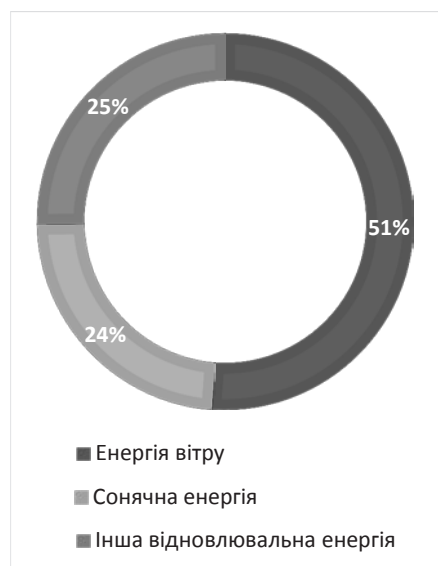


Рис. 4. Структура генерації відновлювальної енергетики в світі без урахування гідроенергетики, 2018 р., ТВт·год

Джерело: [10]

тики. Тобто, сонячні батареї як відносно новий товар у системі міжнародної торгівлі, з одного боку, потребує уточнення в Гармонізованій системі, а, з іншого боку, вимагає ретельної уваги, оскільки розвиток торгівлі ними відбиває певні геополітичні точки напруження у міжнародних економічних відносинах. Якщо у викопній енергетиці вираш від міжнародної торгівлі отримують країни, що мають надлишкові енергетичні ресурси, то у відновлювальній енергетиці, виграють ті країни, що виробляють обладнання для генерації. На прикладі сонячної енергетики, яка до речі, за прогнозами експертів, у 2050 р. буде переважати в структурі світової енергетики, можна побачити процес формування основних гравців такого ринку і вже відчуті певну протидію їх формуванню.

КНР активно формує свою лідерську позицію на світовому ринку обладнання для сонячної енергетики.

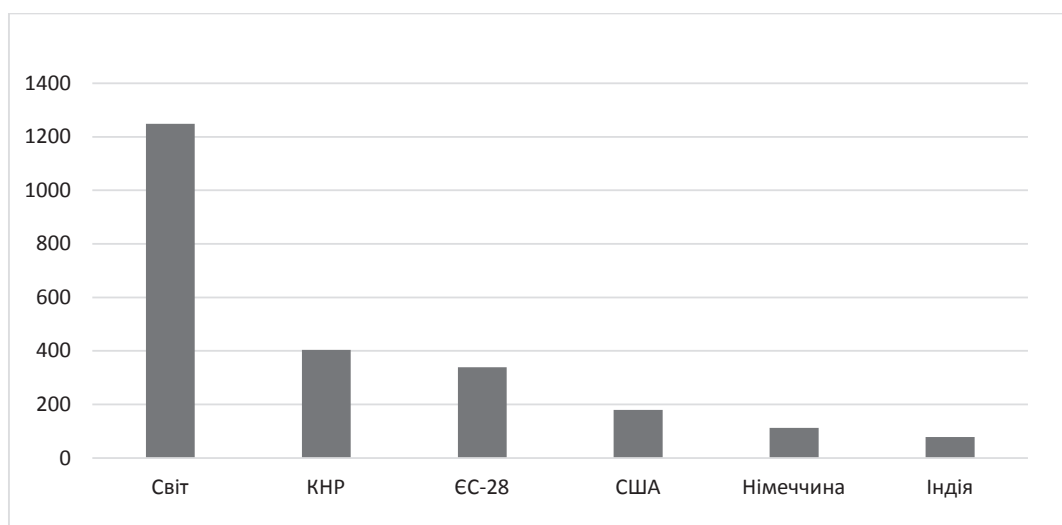


Рис. 5. Потужність відновлювальної енергетики в світі і окремих країнах, 2018 р., ГВт

Джерело: [10]

У 2019 р. із 10 топових світових виробників сонячних батарей визначених Bloomberg: JinkoSolar; CanadianSolar; RisenEnergy; JASolar; HanwhaQCells; TrinaSolar; Longi; GCLSystems; Talesun; Seraphim – тільки дві не китайські: HanwhaQCells належить не КНР, але виробництво розташовано також в Китаї і CanadianSolar, заснована китайцем [16]. Виробництво сонячних панелей на початку цього століття намагались організувати безліч країн, що реалізують програми розвитку відновлювальної енергетики. Інвестиції у виробництво сонячних панелей в деяких країнах захищено законодавчо через можливість використання на території країни тільки власні панелі. Але, такий захист вже сьогодні стає елементом не стимулювання виробництва сонячної енергії, а навпаки. Так, сонячні батареї казахського заводу «AstanaSolar» у 8 раз дорожче за китайські із вартістю доставки до Казахстану. У 2016 р. Індія прогала спір «Індія – Сонячні батареї» і СОТ визнала порушення принципу національного режиму у вимозі по використанню виробниками тільки національних компонентів для сонячних батарей та модулів як передумови закупівлі електроенергії індійським урядом. Вартість китайських сонячних панелей постійно знижується, що викликає вже не побоювання інших виробників, а достатньо різкий опір, наприклад, у вигляді додаткового 30% мита на китайські сонячні батареї, введеного США у 2018 р. вже після того, як СОТ визнала у 2014 р. неправомірність такого заходу.

Таким чином, перед світом постає задача активізувати виробництво альтернативної енергії задля ефективного заміщення споживання викопної енергетики.

Деякі країни досягли значних успіхів у озелененні своєї енергетики, але існує низка загальних перешкод, на подолання яких необхідно звертати увагу при формуванні міжнародних та національних концепцій переходу на відновлювальну енергетику.

**Висновки.** Ринки відновлювальної енергетики за останні роки дуже активно розвиваються і обсяг спожитої енергії із відновлювальних джерел вже досяг рівня спожитої атомної енергії в світі. Потенціал використання сонця, вітру та інших відновлювальних джерел величезний, що приводить до розуміння можливості заміщення шкідливої навколишньому середовищу викопної енергії. Вуглецева інтенсивність відновлювальної енергії майже в 100 разів нижча за аналогічний показник вугілля, яким генерується майже 14 500 МтСО<sub>2</sub>. Оскільки більшість сучасних глобальних проблеми людства генеруються змінам клімату та деградацією навколишнього середовища, перехід економіки на відновлювальну енергетику сприятиме їх розв'язанню. Але розвиток ринків відновлювальної енергетики, що знаходиться у стадії становлення, в свою чергу генерує проблеми в міжнародних економічних відносинах з приводу формування позицій ключових світових гравців на ринках обладнання для генерації такої енергії, а також створення стимулів для подальшого розвитку та врегулювання позитивних екстерналій. Ефективне врегулювання проблем розвитку державами та міжнародними організаціями дасть можливість декарбонізувати економіку і уповільнити антропогенну деградацію навколишнього середовища.

#### Список використаних джерел:

1. Stern, N. The Economics of Climate Change: The Stern Review // Cambridge University Press. 2007. 576 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview\\_report\\_complete.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf)
2. The Paris Agreement. UNFCCC // Conference of the Parties on its Twenty-first session, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1., 12 December 2015. 32 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
3. Aye G.C. & Edoja P.E. Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model // Cogent Economics & Finance, Vol. 5, No. 1, 24 September. 2017. 22 p. doi.org/10.1080/23322039.2017.1379239 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23322039.2017.1379239?needAccess=true>
4. Chen, J.-H. & Huang, Y.-F. Nonlinear environment and economic growth nexus: A panel smooth transition regression approach // Journal of International and Global Economic Studies, 7(2). 2014. P. 1–16. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/5f75/ec68b3f5555eeca695e66f8f46a6dfdedb80.pdf>
5. Saidi, K. & Hammami, S. The impact of CO2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries // Energy Reports, 1, 2015. P. 62–70. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S235248471500013X?token=571C06C303B87837D8612568730293C9A4DF0AD95E9C763A4F5D78DF16C17F9CC591A0273362D418C562450CEA829A4B>
6. Jacobson, M.Z. et al. 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World // Joule 1, 6 September. 2017. P. 108–121 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CountriesWWS.pdf>
7. Маляренко, В.А. Енергетика і навколишнє середовище : навч. видання / В. А. Маляренко. – Х.: Видавництво САГА, 2008. 364 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/5282/1/e-book.pdf>
8. Роль і місце української енергетики у світових енергетичних процесах // Центр Разумкова. 2018. 90 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://razumkov.org.ua/uploads/article/2018\\_ENERGY\\_PRINT.pdf](http://razumkov.org.ua/uploads/article/2018_ENERGY_PRINT.pdf)
9. The Global Risks Report, 14th Ed. // World Economic Forum. Geneva, 2019. 114 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)
10. BP 2019 Statistical Review of World Energy. London, SALTERBAXTER MSLGROUP. 2019. 64 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
11. The World Bank. 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://data.worldbank.org/indicator/>
12. Schlömer S., T. Bruckner & L. Fulton. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation // Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Annex III: 1329-1356 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)
13. International Energy Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source> (дата звернення: 20.12.19). – Назва з екрана.

14. Climate Change and Renewable Energy: National policies and the role of communities, cities and regions (Report to the G20 Climate Sustainability Working Group (CSWG)) // International Renewable Energy Agency. IRENA, Abu Dhabi, 2019. 60 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA\\_G20\\_climate\\_sustainability\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_G20_climate_sustainability_2019.pdf)
15. Renewables 2019 // Global Status Report. REN21, Paris, France, 2019. 336 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)
16. Latest Tier 1 Solar Panels List 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://review.solar/latest-tier-1-solar-panels-list-2019/> (дата звернення: 20.12.19). – Назва з екрана.

#### References:

1. Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge University Press, 576. Retrieved from: [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview\\_report\\_complete.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf)
2. The Paris Agreement (2015). UNFCCC, Conference of the Parties on its Twenty-first session, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1., Nov. 15, 32. Retrieved from: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
3. Aye, G.C. & Edoja, P.E. (2017). Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. Cogent Economics & Finance, Vol. 5, No. 1, 24 September, 22. Retrieved from: <https://tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23322039.2017.1379239?needAccess=true>
4. Chen, J.-H. & Huang, Y.-F. (2014). Nonlinear environment and economic growth nexus: A panel smooth transition regression approach/ Journal of International and Global Economic Studies, 7(2), 1–16. Retrieved from: <https://pdfs.semanticscholar.org/5f75/ec68b3f5555eeca695e66f8f46a6dfdadb80.pdf>
5. Saidi, K. & Hammami, S. (2015). The impact of CO2 emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries. Energy Reports, 1, 62–70. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2015.01.003>
6. Jacobson, M.Z. et al. (2017). 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World. Joule 1: September 6, 108–121. Retrieved from: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CountriesWWS.pdf>
7. Malyarenko, V.A. (2008). Enerhetyka i navkolyshnye seredovyshche [Energy and the environment]. KH.: Vidavnytstvo SAGA [X.: SAGA Publishing House], 364. Retrieved from: <http://eprints.kname.edu.ua/5282/1/e-book.pdf> [in Ukrainian]
8. (2018). Rol' i mistse ukraïns'koyi enerhetyky u svitovykh enerhetychnykh protsesakh [The role and place of Ukrainian energy in the world energy processes]. Kyev: Tsentrazumkova – Kyiv: The Razumkov Centre, 90. Retrieved from: [http://razumkov.org.ua/uploads/article/2018\\_ENERGY\\_PRINT.pdf](http://razumkov.org.ua/uploads/article/2018_ENERGY_PRINT.pdf) [in Ukrainian]
9. The Global Risks Report (2019). World Economic Forum, 14th Ed. Geneva, 114. Retrieved from: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)
10. (2019). BP 2019 Statistical Review of World Energy. London, SALTERBAXTER MSLGROUP, 64. Retrieved from: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
11. (2019). The World Bank. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/>
12. (n.d.). Schlömer S., T. Bruckner & L. Fulton. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Annex III, 1329-1356. Retrieved from: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_annex-iii.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf)
13. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved from: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2%20emissions%20by%20energy%20source>
14. IRENA (2019). Climate Change and Renewable Energy: National policies and the role of communities, cities and regions (Report to the G20 Climate Sustainability Working Group (CSWG)). International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 60. Retrieved from: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA\\_G20\\_climate\\_sustainability\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_G20_climate_sustainability_2019.pdf)
15. REN21. (2019). Renewables 2019 Global Status Report, 336. Retrieved from: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)
16. Latest Tier 1 Solar Panels List 2019. Retrieved from: <https://review.solar/latest-tier-1-solar-panels-list-2019/>