

Дроздовський Я. П.

кандидат економічних наук,

*доцент кафедри міжнародних економічних відносин
Ужгородського національного університету*

Добей А. Г.

студент магістратури

Ужгородського національного університету

Drozdovsky Yaroslav

Ph.D. in Economics,

*Associate Professor at the Department of International Economic Relations
Uzhhorod National University*

Dobey Andriy

Master Student

Uzhhorod National University

АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ПЕРЕВАГ І НЕДОЛІКІВ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Анотація. Стаття присвячена проблемам надмірного споживання викопного палива, скорочення викидів парникових газів та структурних перетворень глобального енергетичного сектору. Досліджено структуру парникових викидів, а також структуру споживання енергоносіїв за видами палива. Представлено характеристику кожного виду альтернативної енергетики, проведено аналіз переваг і недоліків відповідних секторів та динаміку їхнього розвитку протягом останнього десятиліття. Досліджено зусилля міжнародних організацій щодо пом'якшення кліматичних змін, а також основні сценарії реалізації глобальних енергетичних трансформацій. Зосереджено увагу на факторах, що сповільнюють розвиток енергетики, пов'язаної із використанням відновлюваних джерел у світі та на ускладненнях, пов'язаних із структурним реформуванням даного сектору глобальної економіки в процесі реалізації концепції переходу до «чистих нульових викидів». Визначено шляхи подолання існуючих інфраструктурних, соціально-економічних та технологічних ускладнень.

Ключові слова: парникові викиди, кліматичні зміни, викопне паливо, альтернативна енергетика, відновлювані джерела, енергетичний перехід, чисті нульові викиди, Паризька угода.

Вступ та постановка проблеми. Проблема забезпечення максимального виробничого результату за якомога раціональнішого використання наявних ресурсів є фундаментальним завданням економічної науки.

Використання ресурсів завжди пов'язане з певними витратами енергії. Людство в процесі життєдіяльності потребує енергію в принципі. В умовах сучасного геополітичного напруження, коли світова економіка стоїть на порозі четвертої промислової революції, а кліматичні зміни створюють дедалі більше викликів для стабільного функціонування не лише глобальних ринків, господарських зв'язків та інституцій, а й людства як виду, сфера альтернативної енергетики не лише перетворюється у дієвий інструмент підтримання біологічної стабільності та сталого розвитку, але й певною мірою зміщує акценти з використання самих ресурсів у бік технологій їх використання. Власне володіння знаннями про ефективне, раціональне споживання природних ресурсів у багатьох розвинених країнах світу компенсує відсутність або критичну нестачу самих ресурсів.

Крім того, глобальна політична нестабільність і цивілізаційна поляризація, що активізувалася протягом останніх двох років на тлі повномасштабної агресії російської федерації проти України актуалізує питання освоєння та використання відновлювальних джерел в енергетиці і підносить його до глобального геополітичного рівня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на актуальність теми виробництва і споживання енергії питанню альтернативної енергетики присвячені численні публікації вітчизняних і закордонних спеціалістів і науковців, серед яких Полянський О.С., Нараєвський С.В., Самойчук К.О., Cozzi L., Gould T., а також аналітичні дослідження

міжнародних організацій та інститутів, зокрема щорічні звіти про стан енергетики Міжнародного енергетичного агентства (IEA), Міжнародного агентства з відновлювальної енергії (IRENA), Всесвітньої ради з енергетики (WEC) та ін.

Попри відсутність особливих розбіжностей щодо класифікації видів альтернативної енергетики та необхідності і перспектив їхнього застосування, недостатня увага приділяється об'єктивному аналізу не лише переваг, але й недоліків даних технологій, що уповільнюють широке впровадження новітніх, кліматично-безпечних технічних рішень та озброюють контраргументами противників енергетичного переходу.

Мета даної статті полягає у проведенні аналізу переваг і недоліків найбільш поширених видів альтернативної енергетики в контексті кліматичного та технологічного аспектів, а також визначення перешкод та способів їх подолання на шляху до успішної реалізації концепції «чистих нульових викидів».

Результати дослідження. Розглянемо головні мотиваційні аргументи на користь проведення дослідження глобальних тенденцій розвитку альтернативної енергетики.

Перший і найважливіший – це планетарні кліматичні зміни. 2023 рік став найбільш спекотним за всю історію метеорологічних спостережень. На превеликий жаль, людство усвідомило небезпеку незворотних процесів у природі достатньо пізно, проте на думку багатьох спеціалістів-кліматологів курс на послідовне системне зменшення споживання в енергетиці основних видів викопного палива, до яких належать вугілля, природний газ та нафта, дає надію на стабілізацію процесу середньорічного підвищення температури на планеті в безпечних межах.

Другий, похідний від першого, – це новий технологічний прорив і навіть можлива зміна глобальної економічної парадигми внаслідок відмови або послідовного зменшення використання викопного палива людством. Адже зменшення споживання вуглеводнів неодмінно призведе до закриття цілих галузей, вимушеного перерозподілу капіталів, робочої сили не лише у міждержавних, але й міжконтинентальних масштабах із серйозними політичними та соціальними наслідками.

Третій аргумент з'явився відносно недавно, але актуальність його зростає щомісяця. Це глобальна геополітика. Історично склалося так, що наявність викопних природних ресурсів знаходиться в розпорядженні країн з авторитарним способом управління, натомість демократичні країни зосередили в своїх руках технології видобування, обробки, переробки та промислового використання цих ресурсів. Таким чином стратегічний курс на зменшення споживання викопних видів палива – це ще й шлях до зміцнення економічної стійкості, незалежності та навіть безпеки розвинених країн демократичного табору.

Згідно міжнародної класифікації, запровадженої Організацією Об'єднаних Націй, визначають наступні види відновлюваної (альтернативної) енергетики: вітрова, сонячна, гідроенергетика, геотермальна, енергія океану (хвилі та припливи) та використання енергії біомаси [3]. Слід зазначити, що ООН вважає гідроенергетику сферою виробництва відновлюваної енергії, на відміну від Міжнародного енергетичного агентства (IEA) та Енергетичного інституту (Велика Британія), які вважають її традиційною галуззю.

Чому зазначені галузі так важливі? Тому що вони дозволяють зменшити вуглецевий слід в атмосфері, а значить пом'якшити вплив на навколишнє середовище та є дієвим інструментом у забезпеченні сталого розвитку глобальної енергосистеми. На жаль, ми змушені спостерігати постійне підвищення середньорічної температури на планеті протягом періоду від початку індустріальної епохи дотепер. Кліматичні зміни із розряду прогнозів перейшли у категорію реальності. Основною причиною цього процесу є так званий «підсилений парниковий ефект», тобто збільшення середньої температури на планеті внаслідок надмірного викиду людством у атмосферу парникових газів, до яких відносять двоокис вуглецю (74,4%), метан (17,3%), закис азоту (6,2%), озон та деякі

штучно створені хімічні сполуки (2,1%), як наприклад стійкі до розпаду в атмосфері хлорфторвуглеводні (CFC) [6; 8].

Проаналізувавши структуру глобальних викидів парникових газів за економічними секторами у відсотках, зображену на рис. 1, доходимо висновку, що основним сектором, що спричиняє глобальне температурне зростання є енергетика, тобто та її частина, яка використовує викопне паливо – вугілля, природний газ та нафту – для потреб енергогенерації.

Таким чином основним фактором покращення глобального клімату є обмеження використання викопного палива в енергетиці, тобто впровадження та розвитку таких технологій, які не спричиняють збільшення викидів парникових газів у атмосферу. Саме альтернативна енергетика, побудована на використанні відновлювальних джерел енергії (сонця, вітру, біомаси, води та ґрунту), є одним із основних факторів, що забезпечують потенційно сталий розвиток на планеті.

Розглянемо структуру споживання енергоносіїв для потреб людства при генерації електричної та теплової енергії у 2022 р., подану у таблиці 1.

Таблиця 1

Структура споживання енергоносіїв для потреб глобальної енергогенерації (2022 р.)

Найменування енергоносія	Питома вага у відсотках	Приріст відносно 2021 р. у відсотках
Вугілля	35,4	1,0
Природний газ	22,7	1,0
Ядерна енергія	9,2	-4,0
Нафта	2,5	-0,7
Інші невідновлювані	0,9	6,4
Гідроенергетика*	14,9	1,1
Вітер	7,2	13,5
Сонце	4,5	24,9
Інші відновлювані	2,7	3,4
Разом	100,0	

* Гідроенергетика відноситься до умовно-відновлювальних галузей з причини розбіжностей у класифікації

Джерело: створено авторами за матеріалами [1]



Рис. 1. Структура глобальних викидів парникових газів за секторами у відсотках (2022)

Джерело: [4]

Як бачимо, вугілля залишається основним джерелом енергії на планеті, займаючи більше третини глобального енергетичного балансу. Його споживання, на жаль продовжує зростати, як і природного газу, який посідає впевнене друге місце (22,7%). Неприємним фактором, що зумовив від'ємний приріст (-4%) глобальної ядерної енергетики у 2022 р. стали захоплення найпотужнішої у Європі Запорізької атомної електростанції російськими загарбниками та позапланові ремонти деяких французьких енергоблоків з причини корозії у конструкції. Проте позитивну динаміку продемонстрували такі галузі відновлювальної енергетики, як вітрова (13,5%) та сонячна (24,5%).

Отже, з допомогою відновлювальних джерел 2022 року людство згенерувало 14,4% всієї енергії, а з урахуванням гідроенергетики згідно методики ООН – 29,3%, тобто майже третину.

Така обнадійлива динаміка розвитку альтернативної енергетики – результат реалізації комплексних дій на виконання положень Паризької угоди – угоди в межах Рамкової конвенції про зміну клімату (UNFCCC) щодо заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю починаючи з 2020 р., яка набула чинності 4 листопада 2016 р., ратифікована 194 країнами світу, в тому числі і Україною.

Основними принципами Паризької угоди є наступні:

1. Оптимізація, тобто скорочення споживання енергії через підвищення ефективності її використання. Це означає насамперед запровадження заходів з енергозбереження, запровадження та розвиток енергоощадних технологій у капітальному будівництві, цивільній і промисловій інженерії, транспорті та побутовій сфері, зокрема пасивне фасадне утеплення будівель, повторне використання сировини і матеріалів, перехід на низькопотенційні системи обігріву та охолодження, використання ізоляційних матеріалів, розвиток громадського транспорту, застосування сучасного LED-освітлення, зниження енергомісткості технологічних процесів, утилізація побічного тепла та ін.

2. Електрифікація, тобто зміщення попиту на енергоносії від прямого спалювання викопних видів палива до використання електроенергії. Даним принципом передбачається насамперед електрифікація таких сфер як індивідуальний і комерційний транспорт (перехід від автомобілів з двигунами внутрішнього згорання до електрокарів), виробництво

тепла для споживання у побутовому, комерційному та муніципальному секторах, а також у промисловості.

3. Декарбонізація, тобто забезпечення переконавання, що вироблена електроенергія має нульовий вуглецевий слід, зокрема і насамперед запровадження і розширення застосування альтернативних технологій виробництва електроенергії, теплопостачання та кліматизації.

Реалізація даних принципів підлягає щоп'ятирічному коригуванню та супроводжується трьома прогнозними сценаріями розвитку глобальної ситуації зі споживанням викопного палива, обмеженням викидів парникових газів та дотриманням максимального зростання глобальної середньорічної температури значно нижче 2,0°C, а у кращому випадку до 1,5°C понад доіндустріальні рівні [7].

Перший сценарій – Сценарій заявлених політик (Stated Policies Scenario) або STEPS – означає секторальну оцінку поточного стану справ у кожній країні із впровадженням новітніх «чистих» технологій та не передбачає істотного втручання у процес, дотримання принципів Паризької угоди лише умовно забезпечується кожною державою самостійно, без додаткових зобов'язань.

Другий – Сценарій покращених обіцянок (Advanced Pledges Scenario) або APS – передбачає, що принципи UNFCCC будуть дотримані вчасно і у повному обсязі

Третій – Сценарій чистих нульових викидів (Net Zero Emissions Scenario) або NEZ – включає в себе амбіційну мету досягнути до 2050 року нульового рівня чистих викидів діоксиду вуглецю, тобто такого рівня викидів, який буде повністю поглинатись природним чином наявними екосистемами планети.

Діаграма на рисунку 2 містить інформацію, за рахунок яких секторів згідно принципів Паризької угоди до 2050 року має бути досягнуто скорочення поточного рівня планетарних викидів у 34 мільярди тонн умовного діоксиду вуглецю до рівня чистих нульових викидів. Як бачимо, промисловість, енергетика та транспорт є сферами докладання максимальних зусиль в сенсі енергетичних трансформацій. Зокрема енергетика має прийняти на себе 29% скорочення викидів.

Досягнути цієї мети за оцінками багатьох експертів вкрай складно, але можливо, реалізуючи зазначені принципи оптимізації, електрифікації та декарбонізації. Альтернативна енергетика покликана відіграти у цьому

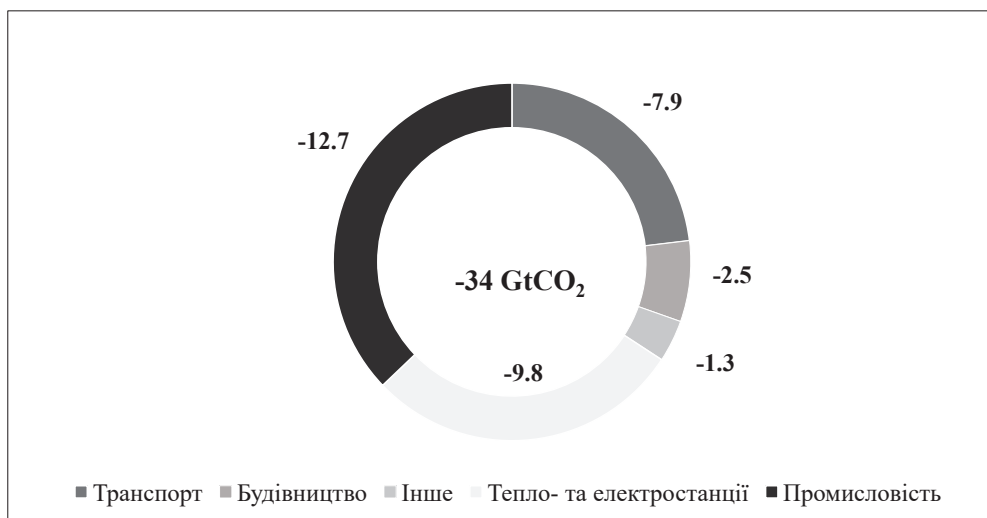


Рис. 2. Секторальна структура планового зменшення середньорічних викидів у мільярдах тон еквіваленту CO₂ згідно сценарію NZE на період 2023–2050 рр.

Джерело: створено авторами на основі [10]



Рис. 3. Обсяг альтернативної енергогенерації у світі 2022 р. за секторами, ТВт-год

Джерело: створено авторами за матеріалами [1]

процесі визначальну роль. Протягом останніх 10 років розгортання інноваційних технологій та інвестицій у цей сектор зростало експоненційно, досягнувши рекордного рівня у 1,3 трильйони доларів США в кінці 2022 року, що на 19% більше попереднього року та на 70% більше допандемічного рівня. У великій мірі це було спричинено широкою доступністю і зрілістю альтернативних технологій енергогенерації [9].

Як можемо зауважити, провідним сектором, який 2022 року виробив 50% енергії, створеної з допомогою відновлювальних джерел, стала вітрова енергетика, яка передбачає використання кінетичної енергії повітряних мас для приведення у рух турбін, що в результаті обертання генерують електричну енергію, будучи розташованими або на суходолі, або в морській акваторії, переважно в межах континентального шельфу для зменшення витрат на транспортування виробленої електроенергії.

Перша повітряна турбіна, створена з метою виробництва електроенергії побачила світ у 1887 році у Шотландії. Ресурсний потенціал енергії вітру перевищує обсяг виробленої глобальної електроенергії. Це означає, що у деяких регіонах з допомогою даної технології можна повністю забезпечити електроенергією як промисловість, транспорт, так і побутових та комерційних споживачів.

Вітрова енергетика пропонує численні переваги, що пояснюють темпи зростання цієї галузі у світі. Насамперед, крім зазначеної декарбонізації, це підвищення рівня зайнятості. За ствердженням американського Бюро трудової статистики вітрова енергетика створить сотні тисяч робочих місць станом на 2050 рік. Крім того інвестиції в даний сектор стимулюють економічне зростання, пожвавлюючи ділову активність у суміжних секторах, таких як електроніка, важка промисловість та капітальне будівництво. Вітрова енергетика приносить переваги місцевим громадам за рахунок розбудови місцевої інфраструктури та рентних платежів за користування земельними ділянками під вітровими електростанціями [11]. Собівартість електроенергії 2021 р. у нових вітроенергетичних проєктах знизилася на 15% порівняно з попереднім роком і становила 0,033 USD/кВт-год, створюючи гідну конкуренцію вичопному паливу та традиційній енергогенерації [10].

До викликів та недоліків вітроенергетики відносять обмеженість розташування вітрогенеруючих установок,

що обумовлена достатньою кількістю вітру. Як правило такі місця є значно віддаленими від мережевої інфраструктури, що спричиняє додаткові витрати на транспортування електроенергії і збільшує собівартість останньої. Крім того вітрові турбіни створюють шум та спотворюють природний ландшафт, негативно впливаючи на навколишнє середовище, а також є травмонебезпечними для деяких видів птахів. Тому правильне місцезорозташування вітрогенеруючих установок має важливе значення для безпеки флори і фауни. Вітрові турбіни є також чутливими до сейсмічної активності.

Другим за важливістю сектором альтернативної енергетики є сонячна тепло- та електроенергетика, яка у 2022 р. виробила 1322,62 терават-годин теплової та електричної енергії у сукупності, що становило 31,5% всієї енергії, отриманої з допомогою відновлювальних джерел [1].

Технологічно варто розрізняти сонячну електроенергетику, що виконує задачі з виробництва електроенергії з допомогою фотовольтаїчних геліопанелей, та геліотермальну енергетику, яка виробляє теплову енергію шляхом нагріву рідких теплоносіїв (вода, гліколеві суміші тощо) переважно для побутових, комерційних, рідше – промислових потреб, наприклад знесолення води, покращена переробка нафти, харчова та хімічна промисловість тощо.

Використання геліосистем у домогосподарствах спричиняє зниження експлуатаційних витрат будинку та забезпечує енергетичну автономність, як електричну, так і теплову, в разі використання акумулюючих потужностей та допоміжного інверторного обладнання. Фотовольтаїчні геліосистеми мають широке застосування в місцях, географічно віддалених або ізольованих від електромережі, зокрема у морському транспорті, космічній галузі, астрономічних лабораторіях та різноманітних метеостанціях, освітленні автомагістралей тощо. Низькі поточні витрати та тривалий термін експлуатації, а також постійне технологічне удосконалення виробництва кристалічної матриці, що є основою фотовольтаїчних панелей, пояснюють стрімкий розвиток сектора сонячної енергетики протягом останніх років.

До недоліків технології варто віднести пряму залежність від сонячного опромінення та метеоумов, спричинені цим середньодобові коливання у виробництві електроенергії подібними системами та, як наслідок, мережеві

дисбаланси потужностей і напруги. Крім того розташування геліосистем у місцевостях з низьким рівнем опадів, вимагає регулярного очищення поверхні панелей від засмічення, що погіршує експлуатаційні характеристики обладнання.

Геліополя займають багато простору та потребують великих початкових капіталовкладень. Виробництво фотовольтаїчних панелей пов'язане із використанням шкідливих для навколишнього середовища матеріалів та токсичних речовин.

Використання енергії біомаси є доволі дискусійним питанням. Біомаса – це органічні речовини, які утворюються у різних рослинах в результаті фотосинтезу та можуть бути використані для створення енергії, включаючи всі види рослинних відходів, рослинності, відходів сільського господарства, деревообробної та інших галузей промисловості [12]. Біомаса разом з геотермальною енергією станом на 2022 рік формували усього 776,86 терават-годин енергії, що становило 2,7% її глобального виробництва або 18,5% енергії, виробленої з допомогою відновлювальних джерел, демонструючи доволі скромний приріст порівняно з 2021 р. у 3,4%.

Відносними перевагами біомаси є її доступність та відносна дешевизна. Біомаса може бути використана у твердому вигляді, шляхом безпосереднього спалювання (дрова, тріска, тюки соломи, гранули та брикети з біомаси) чи перетворена і використана у рідкому (біодизель, біоетанол) чи газоподібному (біогаз, біометан) стані. Даний різновид альтернативної енергогенерації так само, як і інші, створює робочі місця, покращує енергонезалежність деяких держав, насамперед аграрних, проте скорочення викидів парникових газів з допомогою біоенергетики викликає серйозні дискусії.

У зв'язку з чим розрізняють традиційну і так звану сучасну біомасу, отриману згідно принципів сталого розвитку, яка виключає використання деревини як палива, але включає тепло- та електрогенерацію, а також виробництво біопалива та біогазів [14].

На думку науковців-членів Міжнародної групи із зміни клімату (IPCC) енергія біомаси, навіть будучи відновлюваною, продукує більше викидів парникових газів у атмосферу, ніж спалювання вугілля. Деревообробні

галузі по всьому світу широко користуються субсидіями та знищують ліси з метою використання деревини у біоенергетиці прикриваючись благородною метою заміни викопного палива на відновлюване біологічне. Вирубка лісів спричиняє нищівний ефект на дику природу та громадське здоров'я, прискорюючи зміни клімату та руйнуючи біологічне різноманіття [13].

Таким чином використання енергії біомаси у коротко- та середньостроковому періодах потребує зваженого підходу із урахуванням місцевої та національної специфіки.

Найменшу питому вагу у загальному балансі глобальної альтернативної енергетики обіймає геотермальна енергетика – сектор, що використовує енергію природного тепла Землі із глибинних шарів ґрунта з допомогою глибоких свердловин. Гарячі геотермальна вода і друга, додаткова рідина з більш низькою точкою кипіння, ніж у води, пропускаються через теплообмінник. Тепло геотермальної води випарює другу рідину, пари якої приводять у дію турбіни [15].

Щоправда якість електроенергії, отриманої в такий спосіб, доволі низька і супроводжується високою собівартістю, що змушує використання технології та її розвиток переважно для муніципальної та комерційної теплогенерації.

З точки зору концептуальних положень енергетичного переходу та на виконання принципів Паризької угоди особливої уваги потребують три сфери, що мають своїм завданням прискорення розвитку альтернативної енергетики та скорочення викидів парникових газів, а саме: створення інфраструктури; політика і регуляторні дії; компетенції та інституційні можливості.

Недостатня інфраструктура для під'єднання енергії до ринків, включаючи технології зберігання енергії та технічне забезпечення інтеграції мереж; недостатня підготовленість розподільчої інфраструктури для збільшених об'ємів електроенергії, неготовність сектору кінцевого споживання до переходу на відновлювальні джерела енергопостачання, – все це обумовлене завданнями електрифікації та декарбонізації планети. Адже реалізація енергетичного переходу, зростання питомої ваги альтернативної енергетики потребуватиме багаторазового збільшення пропускну здатності існуючих мереж та їх якісного оновлення. Вирішення даних завдань полягає у довго-

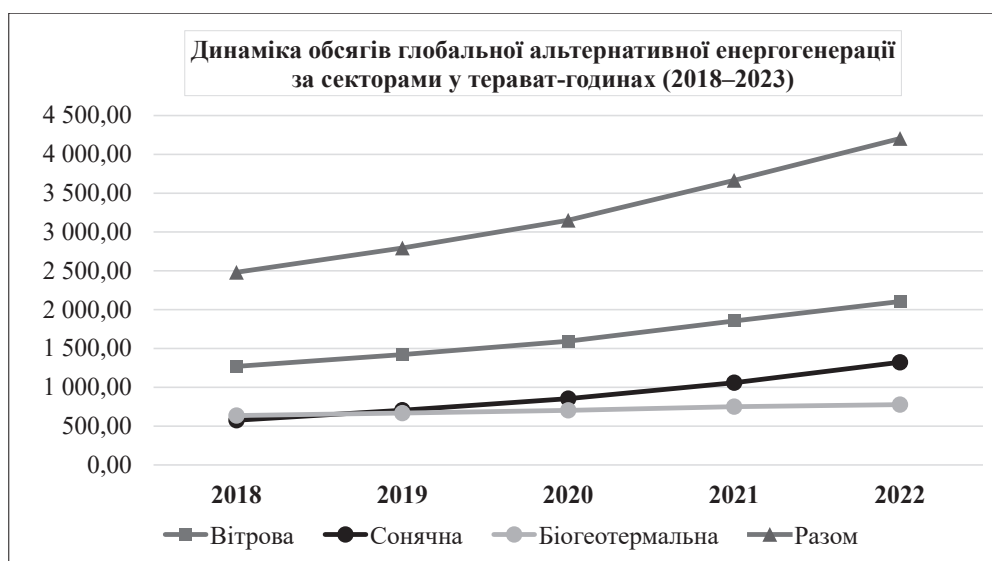


Рис. 4. Динаміка обсягів глобальної альтернативної енергогенерації за секторами у терават-годинах (2018–2023)

Джерело: створено автором за матеріалами [1]

терміновому плануванні, модернізації та розширенні підтримуючої інфраструктури як на суходолі, так і на морі для забезпечення розвитку, зберігання, розподілу, транспортування та споживання альтернативної енергії. Інфраструктура має відповідати національним, регіональним та глобальним стратегіям.

Політика і регуляторні дії, все ще сконцентровані та адаптовані під використання викопних видів палива, пропонують недостатнє державне фінансування процесів енергетичного переходу. Ситуація диктує необхідність розвитку національних та регіональних концепцій для подальшого розвитку альтернативної енергетики, її інтеграції у існуючу інфраструктуру та виходу на ринки. Забезпечення рівності доступу до ресурсів потребуватиме зусиль на багатьох рівнях, від локального до глобального, для встановлення балансу між попитом і пропозицією.

Неспівпадіння між зниженням рівня зайнятості у традиційній енергетиці та створенням нових робочих місць у секторах альтернативної енергогенерації, нестача професійного досвіду у реалізації новітніх енергогенеруючих технологій, проблеми якості праці, зокрема заробітної плати, професійного здоров'я, безпеки діяльності та загальних умов праці потребуватимуть підвищення рівня інформованості та кваліфікації інституцій, громад та громадян щодо особливостей енергетичного переходу. Це потребуватиме координації зусиль між освітніми закладами і промисловістю. Посилені інституції, соціальний діалог та колективне партнерство забезпечать більші соціально-економічні вигоди.

Висновки. Кліматичні зміни як доконаний факт стимулюють людство до зменшення викидів парникових газів в атмосферу та обмеження використання викопного палива, найбільшу питому вагу у споживанні якого обіймає енергетична галузь. Сама вона потребує негайного структурного реформування. Альтернативна енергетика, зокрема вітрова, сонячна та до певної міри використання енергії біомаси покликані забезпечити повний перехід людства до стану «чистих нульових викидів», за якого, згідно положень Паризької угоди щодо зміни клімату, людство до 2050 р. забезпечить такий обсяг емісії парникових газів, які природним чином будуть поглинатись планетою.

На виконання цієї стратегії в світі працює декілька авторитетних міжнародних організацій, серед яких Організація Об'єднаних Націй, в тому числі Секретаріат Паризької угоди, Міжнародне агентство з відновлювальних джерел енергії (IRENA), Міжнародне енергетичне агентство (IEA) тощо. І хоча такі сектори як вітрова та сонячна енергетика демонструють послідовне збільшення питомої ваги у глобальному енергобалансі, людство відстає від наміченого сценарію зменшення викидів. Постпандемічний стрибок відкладеного попиту на енергоресурси та війна в Україні негативно позначилися на темпах декарбонізації глобальної енергетики.

Основними проблемами енергетичного переходу є інфраструктурна неготовність, нестача політичної волі на усіх рівнях від локального до глобального, технологічна інерційність існуючих енергогенеруючих секторів, ризик соціальних диспропорцій та порушень ланцюгів постачання в результаті трансформацій.

Список використаних джерел:

1. Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023. URL: <http://www.worldenergy.org/> (дата звернення: 21.10.2023).
2. UNFC and Renewable Energy. URL: <https://unece.org/unfc-and-renewable-energy-0> (дата звернення: 21.10.2023).
3. Паризька угода про зміну клімату (UNFCCC) : Офіційний сайт секретаріату організації. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (дата звернення: 22.10.2023).
4. Ritchie H. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? URL: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> (дата звернення: 22.10.2023).
5. Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water of Australian Government. URL: <https://www.dcceew.gov.au/climate-change/policy/climate-science/understanding-climate-change> (дата звернення: 23.10.2023).
6. Паризька Угода : ратифіковано Законом № 1469-VIII від 14.07.2016. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (дата звернення: 23.10.2023).
7. Ritchie H., Rosado P., Roser M. Greenhouse gas emissions. URL: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions#how-are-greenhouse-gases-measured> (дата звернення 23.10.2023).
8. Executive Summary of the World Economic Forum. 2023. URL: <https://es.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/executive-summary-2ca78cd466> (дата звернення: 24.10.2023).
9. World Energy Transitions Outlook 2023: 1,5°C Pathway. URL: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (дата звернення: 24.10.2023).
10. Renewable Power Generation Costs. URL: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021> (дата звернення: 24.10.2023).
11. Advantages of wind power. URL: <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy> (дата звернення: 24.10.2023).
12. Навчально-методичний портал Національного університету біоресурсів та природокористування України. URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=327846&chapterid=113121> (дата звернення: 24.10.2023).
13. Davis S. Why is biomass bad? URL: <https://dogwoodalliance.org/2022/03/5-reasons-why-the-world-must-stop-importing-bioenergy/> (дата звернення: 25.10.2023).
14. Goldemberg J., Coelho S.T. Renewable energy – traditional biomass vs. modern biomass. *Energy Policy*. 2004. Volume 32. Issue 6. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421502003403> (дата звернення: 25.10.2023).
15. Самойчук К.О., Лівик Н.В. Використання поверхневих, термальних і морських вод для виробництва теплової і електричної енергії : електронний навчальний посібник. 2020. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_5/page8.html (дата звернення: 25.10.2023).
16. World Energy Transitions Outlook 2023. Executive Summary and Introduction. URL: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (дата звернення: 26.10.2023).

References:

1. Energy Institute Statistical Review of World Energy 2023. Available at: <http://www.worldenergy.org/> (accessed October 21, 2023).
2. UNFC and Renewable Energy. Available at: <https://unece.org/unfc-and-renewable-energy-0> (accessed October 21, 2023).
3. Paryzka uroda pro zminu klimatu (UNFCCC) [Paris Agreement on Climate Change (UNFCCC)]. Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (accessed October 22, 2023).

4. Ritchie H. Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? Available at: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> (accessed October 22, 2023).
5. Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water of Australian Government. Available at: <https://www.dcccew.gov.au/climate-change/policy/climate-science/understanding-climate-change> (accessed October 23, 2023).
6. Paris Agreement: ratified by Law No. 1469-VIII of 14.07.2016. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (accessed October 23, 2023).
7. Ritchie H., Rosado P., Roser M. Greenhouse gas emissions. Available at: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions#how-are-greenhouse-gases-measured> (accessed October 23, 2023).
8. Executive Summary of the World Economic Forum (2023). Available at: <https://es.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2023/in-full/executive-summary-2ca78cd466> (accessed October 24, 2023).
9. World Energy Transitions Outlook 2023: 1,5°C Pathway. Available at: <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (accessed October 24, 2023).
10. Renewable Power Generation Costs. Available at: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021> (accessed October 24, 2023).
11. Advantages of wind power. Available at: <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy> (accessed October 24, 2023).
12. Navchalno-metodychnyi portal Natsionalnoho universytetu bioresursiv ta pryrodokorystuvannia Ukrainy [Educational and methodological portal of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Available at: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=327846&chapterid=113121> (accessed October 24, 2023).
13. Davis S. Why is biomass bad? Available at: <https://dogwoodalliance.org/2022/03/5-reasons-why-the-world-must-stop-importing-bioenergy/> (accessed October 25, 2023).
14. Goldemberg J., Coelho S. T. (2004) Renewable energy – traditional biomass vs. modern biomass. *Energy Policy*, vol. 32, issue 6. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421502003403> (accessed October 25, 2023).
15. Samoichuk K. O., Livyk N. V. *Vykorystannia poverkhnevyykh, termalnykh i morskyykh teplovoi i elektrychnoi enerhii: elektronnyi navchalnyi posibnyk* [Use of surface, thermal and marine thermal and electrical energy: electronic study guide]. Available at: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_5/page8.html (accessed October 25, 2023).
16. World Energy Transitions Outlook 2023. Executive Summary and Introduction. Available at: <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023> (accessed October 26, 2023).

ANALYSIS OF GLOBAL ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ALTERNATIVE ENERGY DEVELOPMENT

Summary. The article is devoted to the problems of excessive consumption of fossil fuels, reduction of greenhouse gas emissions and structural transformations of the global energy sector. The structure of greenhouse emissions, as well as the structure of energy consumption by fuel type, were studied. The characteristics of each type of alternative energy are presented, the advantages and disadvantages of the respective sectors and the dynamics of their development during the last decade are analyzed. The efforts of international organizations to mitigate climate change, as well as the main scenarios for the implementation of global energy transformations, were studied. Attention is focused on the factors that slow down the development of energy related to the use of renewable sources in the world and on the complications associated with the structural reform of this sector of the global economy in the process of implementing the concept of transition to "net zero emissions". Ways to overcome the existing infrastructural, socio-economic and technological complications have been identified.

Key words: greenhouse emissions, climate change, fossil fuel, alternative energy, renewable sources, energy transition, net zero emissions, Paris agreement.