

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-19-26>

УДК 338.467, 65.011.4

К. Ю. Гура¹
В. Г. Петрук¹

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ЕКОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ І СВІТУ

¹Вінницький національний технічний університет

Декарбонізація — це не питання моди, а гостра проблема виживання людства. Глобальна зміна клімату — це найнепохальніший виклик, з яким стикнулось людство, на довгострокову перспективу і який вимагає негайних дій. Зміна клімату — це одне з основних питань екологічної безпеки. Точніше визначення декарбонізації — це комплекс заходів, методів і технологій, націлених на обмеження темпів глобального потепління. Вони базуються на: 1 — обмеженні видобування та використання вуглецевмісної сировини і 2 — зменшенні викидів парникових газів (насамперед CO₂ і випарів H₂O) в атмосферу. Україна відповідно до Паризької угоди (2015 р.) взяла на себе зобов'язання до 2030 року скоротити рівень парникових газів на 40 % (а за оновленими даними і 55 %) у порівнянні з доіндустріальним рівнем (тобто 1990 роком). Однак великий шлях до цілковитої декарбонізації країни тільки починається. Декарбонізація енергетики і економіки в цілому — шлях до спасіння людства і екосистем. Це завдання людство поставило виконати до 2050 року. У протилежному випадку — кліматичної катастрофи уникнути не вдасться. При цьому останні десятиліття стали найтеплішими в історії людства. Площа арктичного льоду скорочується. Підвищення температури атмосфери приблизно на 2 °C відповідає підвищенню рівня моря на бметрів і більше. Катастрофічні пожежі, повені, засухи, урагани, цунамі стали нормою. Біологічне різноманіття скорочується (до 1950—60 рр. один вид тварин або рослин зникав на Землі в рік, а сьогодні — один або декілька видів — в день, тобто, щонайменше, ця швидкість зникнення зростає у 365 разів). Океани нагріваються та задихаються від відходів нафти і пластика. І цей екологічно загрозований перелік, на жаль, можна продовжувати. Таким чином, людству нічого не залишається, як обрати безвуглецевий шлях розвитку, тобто декарбонізацію та екомодернізацію економіки, альтернативи немає.

Метою статті є аналіз сучасних тенденцій, трендів і процесів декарбонізації та екомодернізації енергетики та промисловості України і світу в умовах глобальних змін клімату.

Ключові слова: декарбонізація, екомодернізація, поновлювальна енергетика, економіка, зміна клімату.

Вступ

Проблема полягає у тому, що зміни клімату внаслідок антропогенно-техногенної діяльності людства стають настільки глобальними і незворотними, що навіть загрожують існуванню живих систем. Тому декарбонізація енергетики зокрема і економіки в цілому є безальтернативним шляхом розвитку людства на найближчу перспективу. При цьому декарбонізація енергетики в ЄС, Україні і світі буде непростою! Європа до 2050 року має стати кліматично нейтральним континентом. Як впливає з чисельних наукових досліджень і публікацій вчених усього світу, для цього потрібно найближчим часом витратити щонайменше €1 трильйон. Однак, більшість держав не готові до радикальних змін в традиційних технологіях, хоч вже до 2027 року буде виділено приблизно €100 мільярдів для країн, які будуть задіяні в декарбонізації. Разом з тим, наприклад, Україна і Польща не повністю готові до такого переходу. США, Китай, Росія теж не поспішають приймати доленосні рішення для планети і людства. Але це доведеться робити відповідно до «Євро-

пейської зеленої угоди», «Метанової стратегії» Єврокомісії, Паризької угоди (2015 р.), майбутньому кліматичному саміту у Глазго (перенесено з 2020 на 2021 р.) та багатьом іншим основоположним угодам і прийнятим документам з цієї складної проблеми. Зокрема, ЄС планує ввести податок на викиди, а до 2040 року закрити понад 70 % вугільних електростанцій та ін. Сьогодні такий податок приблизно \$2 на тону викидів CO₂. До 2030 року ця цифра може зрости до \$75. «Зелена угода» ЄС передбачає до 2050 року перехід до безвуглецевої економіки шляхом заміщення енергетичної системи на викопному паливі — відновлюваною енергетикою [1]—[10].

Мета роботи — аналіз сучасних тенденцій, трендів і процесів декарбонізації та екомодернізації енергетики та промисловості України і світу в умовах глобальних змін клімату.

Аналіз результатів дослідження

Збільшення викидів парникових газів призводить до зменшення та скорочення стратосфери. Разом з тим, швидко відбувається потепління тропосфери, тобто нижніх шарів атмосфери. Вона розширюється, а стратосфера охолоджується і звужується. Відтак, тропопауза зміщується до більших висот. Нагадаємо, що тропосфера (0...12 км), стратосфера (12...50 км), а далі мезосфера (50...80 км), термосфера (80...600 км). В результаті, товщина стратосфери за 40 останніх років зменшилась на 400 м.

Природний газ поки що не входить до пріоритетів декарбонізації, а є ефективною заміною вугілля і нафті. Але потрібна державна підтримка саме відновлюваних джерел енергії для переходу на «Зелену енергетику». Також на сьогодні є гострою необхідністю технологічні інновації.

Отже, декарбонізація, екологізація та екомодернізація економіки — це гостра необхідність, з якою стикнулось людство. Потрібна цілковита відмова від виробництва енергії з вугілля, але за умови розвитку інших джерел енергії. Деякою мірою можна це врегулювати торгівлею квотами на викиди та іншими економічними заходами. У Німеччині, наприклад, понад 40 % «пакету» стимулювання енергетики спрямовані на підтримку сонячної та вітроенергетики, а також виробництва H₂, виробництва електромобілів тощо. При цьому для них цифровізація та декарбонізація — основні важелі стійкого розвитку на сьогодні.

Парниковими є гази, у молекулах яких є два або більше атомів різних елементів. Збільшення концентрації парникових газів призводить до глобального потепління, тобто, якщо ми будемо збільшувати виробництво, наприклад, H₂, то відповідно і збільшуватимемо викиди пари H₂O. Треба пам'ятати, що водяна пара — це теж парниковий газ. Доведено, що вплив водяної пари на парниковий ефект вище ніж вплив CO₂. Тобто треба контролювати разом з іншими парниковими газами, і викиди водяної пари. Запобігання викидам пари H₂O є, наприклад, градирні, конденсація на холодних стінках відповідних агрегатів, охолодження в ставках, водосховищах, озерах тощо. При цьому треба стимулювати технології, які знижують викиди не тільки CO, CO₂, CH₄ тощо, але й пари H₂O.

На частку викопного палива припадає понад 70 % викидів парникових газів. Вітроенергетика і сонячні панелі все більше конкурують з нафтою, газом і вугіллям, але вони вимагають системи накопичення і зберігання енергії, а також протяжних електричних мереж. Альтернатива — електромобілі, лісовідновлення (як поглинач CO₂), зміни у законодавстві, податки на атмосферні та інші викиди, відмова від фінансування викопних палив тощо. Треба також думати над сучасними технологіями видалення CO₂ з атмосфери Землі та ін.

Трасекторія глобальних викидів парникових газів — це обмеження глобального потепління до рівня не більше 1,5...2 °C. Відповідні резолюції ООН рекомендують країнам стабілізувати концентрацію парникових газів у атмосфері на такому рівні, за якого екосистеми можуть природним чином адаптуватися до зміни клімату, а виробництво продовольства не перебуває під загрозою, і економічний розвиток відбувається стійким, збалансованим чином. Це також передбачають регуляторні рамки ЄС в області вуглецевого управління економіками. На сьогодні людська діяльність додає CO₂ у атмосферу швидше ніж природні процеси можуть переробити або поглинути його. Щоб стабілізувати екологічну ситуацію на Землі, треба скоротити антропогенні викиди, зокрема: CO₂, CO, H₂O, CH₄, N₂O, тощо на 80 %. Якщо викиди залишаться на поточному рівні орієнтовно 42 гігатонн CO₂, то вуглецевий «бюджет» для межі 1,5 °C може бути вичерпаний до 2028 року. Підвищення температури буде тривати за таких умов до 2050 року. Умови Кіотського протоколу трохи допомогли скоротити антропогенні викиди парникових газів, але процес торгівлі квотами продовжується. До парникових газів, крім вищезазначених, також відносяться: фторовані і хлоровані гази, сірководні, SO₂, гідрофторвуглеці, перфторвуглеці та ін. Внаслідок велетенських антропо-

погенно-техногенних викидів у атмосферу океани і ліси уже не спроможні повною мірою поглинати парникові гази. Одна третина антропогенних парникових газів поглинається океаном, але це призводить до закиснення морської води вуглецевою кислотою і непоправної шкоди морським екосистемам, фауні і флорі, диханню риб, розвитку личинок. Крім того, відбувається накопичення токсинів тощо. При цьому за певних умов: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$.

Отже, джерела CO_2 : металургія; хімічна промисловість; сільське господарство; виробництво цементу; вирубка лісів; лісові пожежі (приблизно 7 гігатонн CO_2); вулкани; факели (наприклад, при добуванні сирої нафти); теплоелектростанції та ін.

Джерелами метану CH_4 є: викопне паливо (33 %); ВРХ — 21 %; стічні води (21 %); вирощування рису (анаеробне розкладання органіки); танення вічної мерзлоти; болота; біотенки на станціях очищення стічних вод тощо.

Джерелами оксидів азоту (NO , N_2O , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_5) є: сільське господарство; транспорт; хімічна промисловість (зокрема, виробництво аміаку, мінеральних добрив) тощо.

Джерелами чадного газу CO є: хімічна промисловість; виробництво графітових електродів; неповне згорання палива на теплоелектростанціях, печах, котлах та ін.

Відтак, прогнози на 21 століття передбачають, що викиди парникових газів будуть зростати, і до кінця 21 століття середня температура атмосфери може зрости на 4,5 градуси, не враховуючи підняття температури тропосфери на понад 1 градус сьогодні у порівнянні з початком 19 століття. Це запускає потужний механізм танення льодовиків, і, в свою чергу, призведе до ще більшого зростання викидів парникових газів (зокрема, водяної пари) за геометричною прогресією. Це так звана концепція «нестримної зміни клімату», або «кліматичного вибуху», або «кліматичної біфуркації», «кліматичного колапсу», коли вже зупинити незворотні процеси деградації екосистем і самого людства не буде можливим. Це песимістичний сценарій агонії людства і всього живого на дуже тендітній, термодинамічно обмеженій і чутливій планеті Земля. Проте, якщо Людина, врешті-решт, вже зараз і сьогодні не повернеться обличчям до її Величності Природи, то такий чорний чи пекельний сценарій цілком можливий. На жаль, вчені усього світу на експериментально доведених фактах констатують, що до того йде, але це не безнадійно!

Разом з тим, в рамках ефективної кліматичної політики електроенергетичний та транспортний сектори можуть забезпечити пропорційне скорочення викидів сполук вуглецю. При цьому транспортні викиди парникових газів складають приблизно $\frac{1}{4}$ викидів у всьому світі. Скасування субсидій на викопне паливо теж є одним з ефективних інструментів пом'якшення клімату. Заміна дизельних і бензинових ДВЗ на електромобілі — це не тільки один з можливих засобів зниження викидів, але й зменшення кількості захворювань людей і представників інших екосистем.

Світовий попит на первинну енергію за 2018 рік склав приблизно 16132 ТВт · год. Перехід на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) може знизити попит на первинну енергію. З іншого боку, виникає проблема забезпечення ефективного зберігання і накопичення усієї енергії, щільності енергії батарей та ін. Між тим, ціни на сонячні фотоелектричні модулі впали з 2010 року на 80 %, а ціни на вітряні турбіни на 30...40 %. Швидкість впровадження ВДЕ має зрости у 6 разів, то тоді людство матиме шанс утриматися на рівні змін температури атмосфери не вище 2 °C! У 2019 році встановлена потужність енергії вітру на рівні 650 ГВт. При цьому ядерна енергетика, як усім відомо, має серйозні обмеження з погляду екологічних ризиків, які можуть переважати вигоду (як приклад — епохальні і страшні аварії на Чорнобильській АЕС, у Фукусімі тощо). Крім імовірності ядерних аварій є проблема поводження з ядерними радіоактивними відходами. Треба однак зауважити, що громадська думка, яка стосується АЕС, в різних країнах різниться. Ще одна проблема АЕС — неспинне старіння і необхідність їх зупинки. Особливо це стосується України і республік колишнього СРСР, де ще й і до нині використовуються застарілі реактори з явним перевищенням строків експлуатації.

При цьому проблема акумуляції енергії може частково бути вирішена за рахунок: ГАЕС (гідроакумулюючих ЕС); стисненого повітря; виробництва водню; літій-іонних акумуляторів та інших сучасних інноваційно-технологічних рішень.

Іншим аспектом безвуглецевого розвитку економік світу є декарбонізація транспорту. Передбачається, що до 2050 року три чверті автомобілів будуть електричними. Декарбонізація авіатранспорту до 2050 року передбачається важкою, оскільки для водню характерний низький ККД — приблизно 30 % у порівнянні з авіабензином.

Ще одним засобом декарбонізації є теплові насоси, використання яких може зменшити викиди CO_2 на 8...10 %.

Важливим заходом уповільнення зміни клімату також є енергозбереження. Крім того, зміна способу життя людей на: зменшення опалення будівель; перехід на велосипедний транспорт; харчування рослинною їжею; прання одягу у холодній воді; модернізація і заміна електричних лампочок на енергозбережні; повторне використання пластикових пакетів та їх заборона; дієтичні зміни у харчуванні окремих націй і країн; скорочення споживання м'яса (вегетаріанська дієта) та інші ощадливі технології.

Додамо, що необхідний стрімкий розвиток кліматично розумного регенованого сільського господарства. Також варто переходити на використання ефективнішого залізничного та річкового транспорту у порівнянні з автомобільним та, особливо, авіаційним транспортом.

Необхідно також всебічно застосовувати практику сучасних архітектурно-дизайнерських рішень, концепцію нового урбанізму та транзитно-орієнтованого проектування міст, що спрямовані на: скорочення відстаней, стимулювання громадського транспорту замість приватних автомобілів, улаштування пішохідних та велосипедних доріжок, теплоізоляцію, зменшення втрати тепла у будівлях, використання білих дахів, на яких максимально встановлювати сонячні панелі, зменшення використання кондиціонерів тощо.

Так само виправдане введення індивідуальних квот, особистих вуглецевих кредитів (до прикладу, пенсіонери менше літають, значить вони можуть продавати свої квоти, щоб оплатити свої рахунки, наприклад, за опалення тощо).

Варто також збільшити зусилля з контролю за народжуваністю, бо значна чисельність населення планети сильно впливає на глобальне потепління внаслідок продукування ним все більше продуктів харчування, одягу тощо, а відтак — збільшення парникових газів.

Необхідно зауважити, що більшість промислових гігантів України побудовані і введені в експлуатацію ще в радянські часи, коли питання економії енергоресурсів відходили на другий план. Через це важка промисловість (та й легка теж) — крупнотоннажні виробництва, металургія, ТЕС тощо є лідерами з викидів парникових газів, наприклад: Маріупольський металургійний комбінат, Азовсталь, Бурштинська, Курахівська, Запорізька, Ладизинська ТЕС та ін. Вугільна генерація в енергобалансі України — це майже 40 %. Рівень енергоємності ВВП України перевищує середнє значення країн світу удвічі. Втрати України через низьку ефективність підприємств коштували тільки у 2018 році приблизно \$1,5 млрд, що можна прирівняти до траншу МВФ, який ми позичаємо. Стимулювати до зменшення викидів промисловості — це вводити серйозні податки на викиди парникових газів. У світі ця середня цифра приблизно €30 на тонну CO₂. В окремих країнах вона сягає і €80, і навіть €147, як, наприклад, у Швеції. Додамо, що на 1 тонну виробленої сталі викиди CO₂ становлять 1,3 тонни. До 2050 року ЄС прагне цю цифру зменшити до 80...320 кг на тонну сталі. Крім того, ЄС запровадить податок на «прикордонне вуглецеве коригування», від чого Україна може суттєво постраждати, особливо її металургія та ін.

Міненерго започаткувало Фонд декарбонізації, існування якого підтверджено відповідним Законом України за 2020 рік. Це фактично ті ж функції, що і Фонд охорони навколишнього середовища, тільки цей Фонд спрямовується на екомодернізацію підприємств, які будуть позбавлені можливості викидати CO₂. Цей Фонд пропонують називати «кліматичним фондом». У зв'язку з надзвичайно гостротою проблеми в Україні, як і у інших країнах, постала також необхідність встановлення інституції (посади) Урядового Уповноваженого з питань декарбонізації.

Хто з підприємців буде знижувати обсяг парникових газів до 250 кг CO₂ на 1 тонну сталі, тому буде стимул від держави у вигляді 5-відсоткового зниження тарифу на електроенергію. Є окремі прогресивні підприємства і в Україні — це «Електросталь», «Інтерпайпсталь», «Дніпроспецсталь» та ін. з низьковуглецевими технологіями виробництва сталі. Однак такого роду технології необхідно розробляти і надалі.

В Україні до 2035 року передбачається зростання ВДЕ до 25...30 % (на сьогодні — це трохи більше 5 %). У 2020 році Україна витратила \$7,5 млрд на імпорт нафтопродуктів (природного газу, нафти та вугілля). А треба використовувати потенціал місцевих джерел енергії. Лише завдяки біоенергетиці можна замінити в еквіваленті 37 млрд м³ газу у рік (імпорт природного газу тільки у 2020 році склав 15, 9 млрд м³). При цьому спочатку домінувало вугілля в енергетичному секторі, донедавна — нафта, а сьогодні — природний газ.

«Вуглецева нейтральність», або «нульові відходи» — це означає, що об'єм емісій не повинен перевищувати об'єм вуглецю, що поглинають ліси та океани. Щоб досягти цього рівня, необхідно скорочувати добування вугілля, нафти і газу приблизно на 6 % в рік. Замість цього, більшість країн нарощують виробництво викопних палив на 2 % щорічно. Всі країни (понад 110) планують

досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, а Китай прийняв рішення, що досягне її до 2060 року. При цьому перехід на екологічно чисту енергетику тільки до 2030 року створить понад 18 млн робочих місць.

Настав час встановити ціни (податки) на викиди вуглецю, а також покласти кінець будівництву нових вуглецевих ТЕС та субсидіюванню і фінансуванню такої екологічно небезпечної енергетики. Треба створити пільгові кредити на просування бізнесу, орієнтованого на декарбонізацію. Будівництво нових електростанцій людям обходиться дешевше, ніж експлуатація застарілих вугільних ТЕС.

В ЄС після 2023 року набуде чинності так зване вуглецеве регулювання, тобто збільшений податок на продукцію, що вироблена з вуглецевмісної сировини, а також збір коштів для додаткового фінансування процесів декарбонізації. Але, наприклад, Росія, яка експортує нафту, газ, вугілля і бюджет якої більше ніж наполовину складається з продажу цих вуглецевмісних продуктів, може втратити понад \$15 млрд вже до 2030 року і декарбонізація їй не вигідна, тому що ця країна не хоче остаточно втратити ринки збуту своєї вуглецевої сировини. Тому такі держави з ненаситними амбіціями та інтересами вже зараз є проблемою людства на шляху до повної декарбонізації економік усіх країн.

Негативний вплив CH_4 на клімат у 26...28 разів вищий ніж CO_2 . На сьогодні необхідно працювати над технологіями уловлювання та зберігання сполук вуглецю. Сучасні технології досить дорогі: тонна секвестрованого CO_2 обходиться \$160...170, тобто вони є дуже капіталоемними. Уловлений CO_2 можна, наприклад, перекачувати у родовища, а потім герметизувати його під Землею. Ще можливо перетворення CO_2 в сухий лід. Якщо, наприклад, розплавлена сіль нагріває сухий лід («надкритичний флюїд»), то він може запускати і обертати турбіну. Такі та інші сучасні технології використання вуглекислого газу розробляються в багатьох країнах, зокрема, в ЄС.

Досягнення цілей по декарбонізації вимагає залучення інвестицій та прозорих ринкових умов для розвитку. Бізнес і держава мають бути союзниками в процесі декарбонізації.

Пандемія COVID-19 та зміни клімату підвели людство до нової реальності. Ми вже не можемо жити так, як жили раніше. Разом з тим, «зелену» трансформацію світової економіки вже не зупинити.

На 2020 рік в ЄС викопні джерела становлять 37 %, а 38 % — відновлювані. «Зелена» електроенергія — неодмінна умова для виробництва «зеленої» сталі і іншої продукції. Вуглецевий податок та система торгівлі квотами на викиди — це один з інструментів стимулювання декарбонізації. Ще одним стимулом є державне фінансування і підтримка безвуглецевих технологій у вигляді, наприклад: позик, грантів, компенсацій, податкових канікул тощо.

ЄС має намір до 2030 року витратити понад €800 млрд на декарбонізацію, рис. 1, 2 [3], [4], [6].

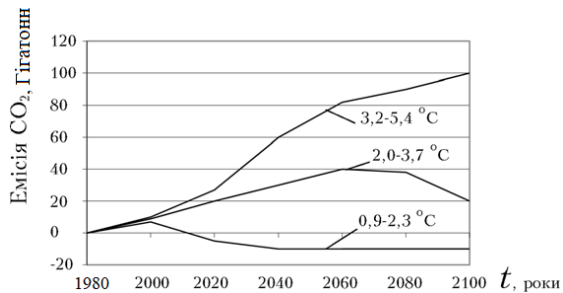


Рис. 1. Можливі температурні сценарії емісії парникових газів

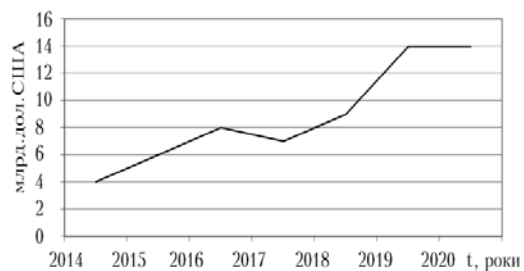


Рис. 2. Інвестиції в ВДЕ

З 2000 по 2020 рік зареєстровано близько 8 тис. масштабних природних катастроф. Це майже удвічі більше ніж з 1980 по 2000 рр. Йдеться про катастрофічні шторми, цунамі, лісові пожежі та ін. Тільки з 2019—2020 рік пожежі привели до загибелі понад 3 млрд тварин. До речі, і пандемія відповідним чином «стимулює» декарбонізацію.

При цьому варто зазначити, що Китай та Індія з 1990 року суттєво підвищили емісію парникових газів (Китай у 4,2 раз, а Індія — в 4,1 рази). Але більшість країн знизили рівні парникових газів. Канада і ЄС закріпили вуглецеву нейтральність навіть на законодавчому рівні. ЄС вже надав «зелену карту» цього переходу до «зеленої» економіки. Раніше до 2030 року ЄС планував скоротити емісію CO_2 на 40 %, але відкоригував до 55 %. В рамках цього плану можна буде торгувати квотами, тобто права на емісію. Так, на початку 2021 року тонна CO_2 еквівалентно торгувалась на рівні €40, (в 2020 році — €30), а до 2030 року зросте до €100. У Європі попит на електромобілі та гібриди зріс на 137 %. Сукупність інвестицій у розвідку та добування нафти та газу склали у 2020 році \$328 млрд, а це на 32 % менше ніж у 2019 році. Разом з тим, вартість сонячної генерації та

літій-іонних батарей за останні 10 років суттєво знизилась, рис. 3, 4 [3], [4], [6].

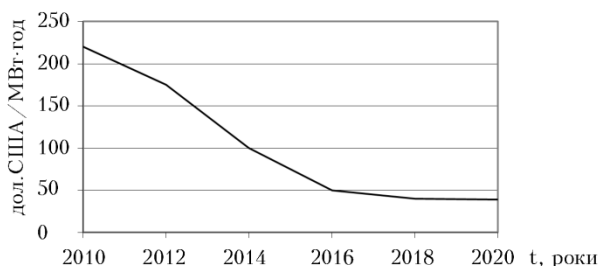


Рис. 3. Вартість сонячної генерації

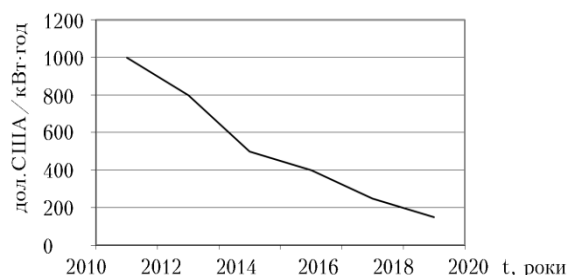


Рис. 4. Вартість літій-іонних батарей

Зараз зусилля та дотації в боротьбі за покращення клімату не достатньо ефективні, особливо для економік, які тільки почали розвиватись, або які постраждали від воєнних конфліктів. З початку пандемії, на жаль, для України державна підтримка в сфері декарбонізації, енергоефективності та екологічних заходів зменшилася, а підтримка викопних палив навіть зросла. Все це протирічить загальносвітовій тенденції. Інші розвинені країни, навпаки, збільшують фінансування заходів на боротьбу зі змінами клімату. Тому перед Україною стоїть великий виклик, пов'язаний з необхідністю модернізації виробництва задля власного конкурентоспроможного майбутнього.

За останній час кліматична політика еволюціонувала, пройшовши 5 етапів: 1) 40 років тому — усвідомлення проблеми науковим співтовариством; 2) перехід від наукової проблеми в політичну площину; 3) створення інституційної платформи; 4) Кіотський протокол; 5) Паризька угода 2015 року.

Не зважаючи на кволі зусилля людства, з 1990 року (так званий доіндустріальний рівень) до 2020 року температура атмосферного повітря збільшилася на 1,2 °С. Найбільшими емітентами цього на сьогодні залишаються Китай, Індія, США, ЄС, Японія та Росія (остання, у першу чергу, внаслідок глобальних пожеж у Сибірі, танення вічної мерзлоти з виділенням метану, спалювання газу у факелах та ін.). Сукупна частка викидів цих країн понад 60 %. На сьогодні понад 90 держав, які емітують більше 65 % парникових газів, впроваджують заходи декарбонізації. При цьому декарбонізація — це зменшення екологічного сліду, який тягнеться за будь-якою продукцією або сервісом. Ініціативи України з декарбонізації оцінюються середнім рівнем зусиль. Дуже низький рівень протидії змінам клімату притаманний таким державам, як США, Канада, Австралія та, особливо, Російська Федерація. Високий — Норвегія, Швеція, Фінляндія, Велика Британія, Індія, Чилі, Прибалтійські республіки, Марокко. У Великій Британії навіть оприлюднена вже стратегія «NetZero» по досягненню вуглецевої нейтральності до 2050 року. У листопаді 2020 року США вийшли з кліматичної Паризької угоди, а у січні 2021 року Президент Д. Байден підписав Указ про повернення до раніше взятих зобов'язань, зокрема, до нульового рівня викидів парникових газів до 2050 року.

Висновки

Отже, світ спрямований на відмову від використання вугілля, нафти і газу, а боротьба з глобальними змінами клімату стала своєрідним мейнстримом більшості розвинених країн. При цьому політика декарбонізації зробить економіку країн сильнішою, якість життя людей кращою, а довкілля чистішим, що призведе до стабілізації клімату на Землі. Оскільки глобальне потепління визнано однією з основних проблем людства, тому вже зараз йдеться навіть про кліматичну мобілізацію усіх країн. При цьому Україна та ЄС мають об'єднати зусилля для цілковитої декарбонізації та екомодернізації економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] М. П. Кулик, «Аналіз екологічної небезпеки об'єктів теплової енергетики та методів зменшення шкідливих впливів», *Вісник інж. акад. України*, вип. 2, с. 253-258, 2014.
- [2] *Intergovernmental Panel on Climate Change*. ISBN 978-0-511-5 4601-3.
- [3] Євроінтеграційний портал, Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля», *Європейський зелений курс: можливості та загрози для України*, Аналітичний документ, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/analityka/analitychnyy-dokument-yevropeyskyy-zelenyy-kurs-mozhlyvosti-ta-zagrozy-dlya-ukrayiny>.
- [4] МЗДПРУ, *Проект аналітичного огляду II Національного визначеного внеску до Паризької угоди*, квітень 2021, с. 4-7. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua>.

[5] А. М. Глушенко, «Декарбонізація металургії: роль економічної політики держави», *The Problems of Economy*, № 1, с. 340-347, 2020.

[6] М. Білявський, «Україна і глобальна політика декарбонізації», *Центр Разумкова*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021_Ukraine%20and%20the%20Global%20Policy%20of%20Decarbonisation.pdf.

[7] *Резолюція Генасамблеї ООН № 45/212*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://undocs.org/ru/A/RES/45/212>.

[8] «Цілі ЄС щодо захисту клімату», *Interfax – Україна*, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua/interfax.com.ua/news/general/688450.html>.

[9] «Зелена металургія: чому в Україні не працює жоден фінансовий стимул для декарбонізації промисловості», *Економічна правда*, квітень 2021. (За підтримки «Інтерпайп сталь»).

[10] Рувен Штуббе, і Георг Цахманн, «Назустріч програмі зеленої модернізації України», *Вокс Україна*, 2021, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://voxukraine.org/nazustrich-programi-zelenoyi-modernizatsiyi-ukrayiny/>.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 29.07.2021

Гура Костянтин Юрійович — аспірант кафедри екології та екологічної безпеки, e-mail: kostiantyn.gura@gmail.com ;

Петрук Василь Григорович — д-р. техн. наук, професор, директор Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, e-mail: petrukv@gmail.com.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

K. Yu. Gura¹
V. G. Petruk¹

Analysis of Current Trends of Decarbonization and Ecomodernization of Energy of Ukraine and the World

¹Vinnytsia National Technical University

Decarbonization is clearly not a matter of fashion, but an acute problem of human survival. Global climate change is the most epoch-making challenge facing humanity in the long run and requires immediate action. Climate change is one of the main issues of environmental security. A more accurate definition of decarbonization is a set of measures, methods and technologies that aim to limit the rate of global warming. They are based on: 1 — limiting the extraction and use of carbon-containing raw materials and 2 — reducing greenhouse gas emissions (primarily CO₂ and H₂O vapors) into the atmosphere. According to the Paris Agreement (2015), Ukraine has committed itself to reducing the level of greenhouse gases by 40 % (and, according to updated data, 55 %) by 2030 compared to the pre-industrial level (1990). However, the great path to the complete decarbonisation of the country is just beginning. Decarbonization of energy and the economy as a whole is the way to save humanity and ecosystems. Mankind has set itself this task by 2050. Otherwise, a climate catastrophe cannot be avoided. At the same time, the last decades have become the warmest in the history of mankind. The area of Arctic ice is shrinking. An increase in atmospheric temperature of approximately 2 °C corresponds to an increase in sea level by 6 meters or more. Catastrophic fires, floods, droughts, hurricanes, tsunamis have become the norm. Biodiversity is declining (before 1950—60, one species of animal or plant disappeared from the Earth per year, and today — one or more species — per day, i.e., at least, this rate of extinction has increased 365 times). The oceans heat up and suffocate from oil and plastic waste. And this environmentally threatening list, unfortunately, can be continued. Thus, humanity has no choice but to choose a carbon-free path of development, i.e. there is no alternative to decarbonization and eco-modernization of the economy.

Keywords: decarbonization, ecomodernization, renewable energy, economy, climate change.

Gura Konstantyn Yu. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology and Ecological Safety, e-mail: kostiantyn.gura@gmail.com ;

Petruk Vasyl G. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Director of the Institute of Environmental Safety and Environmental Monitoring, e-mail: petrukv@gmail.com

К. Ю. Гура¹
В. Г. Петрук¹

Анализ современных тенденций декарбонизации и экомодернизации энергетики Украины и мира

¹Винницкий национальный технический университет

Декарбонизация — это не вопрос моды, а острая проблема выживания человечества. Глобальное изменение климата — это наиболее эпохальный вызов, с которым столкнулось человечество в долгосрочной перспективе и который требует от нас немедленных действий. Изменение климата — это один из основных вопросов экологической безопасности. Более правильное определение декарбонизации — это комплекс мероприятий, методов и технологий, которые нацелены на ограничение темпов глобального потепления. Они базируются на: 1 — ограничении добычи и использования углеродсодержащего сырья и 2 — уменьшении выбросов парниковых газов (в первую очередь, CO₂ и паров H₂O) в атмосферу. Украина в соответствии Парижским соглашением (2015) взяла на себя обязательства до 2030 года сократить уровень парниковых газов на 40 % (а по обновленным данным и 55 %) по сравнению с доиндустриальным уровнем (т.е. 1990 годом). Однако большой путь к полной декарбонизации страны только начинается. Декарбонизация энергетики и экономики в целом — путь к спасению человечества и экосистем. Эта задача человечество поставило выполнить к 2050 году. В противном случае — климатической катастрофы избежать не удастся. При этом последние десятилетия стали наиболее теплыми в истории человечества. Площадь арктического льда сокращается. Повышение температуры атмосферы примерно на 2 °C соответствует повышению уровня моря на 6 метров и более. Катастрофические пожары, наводнения, засухи, ураганы, цунами стали нормой. Биологическое разнообразие сокращается (до 1950—60 гг. один вид животных или растений исчезал с территории Земли в год, а сегодня — один или несколько видов — в день, то есть, по меньшей мере, эта скорость исчезновения выросла в 365 раз). Океаны нагреваются и задыхаются от отходов нефти и пластика. И этот экологически угрожающий перечень, к сожалению, можно продолжать. Таким образом, человечеству ничего не остается, как выбирать безуглеродный путь развития, то есть декарбонизацию и экомодернизацию экономики, альтернативы нет.

Целью статьи является анализ современных тенденций, трендов и процессов декарбонизации и экомодернизации энергетики и промышленности Украины и мира в условиях глобальных изменений климата.

Ключевые слова: декарбонизация, экомодернизация, возобновляемая энергетика, экономика, изменение климата.

Гура Константин Юрьевич — аспирант кафедры экологии и экологической безопасности, e-mail: kostiantyn.gura@gmail.com ;

Петрук Василий Григорьевич — д-р. техн. наук, профессор, директор Института экологической безопасности и мониторинга окружающей среды, e-mail: petrukvg@gmail.com