

ПІДВИЩЕННЯ РОЛІ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ У СПОВІЛЬНЕННІ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Розкрито сучасних стан проблем, пов'язаних зі зростанням обсягів викидів парникових газів і температури довкілля через надмірне спалювання викопних видів палива (нафти, вугілля, природного газу). Проаналізовано реалізацію європейського досвіду впровадження оподаткування викидів вуглекислого газу, який позитивно вплинув на реалізацію енергозбереження та зменшення викидів парникових газів в країнах ЄС.

Показано що на країни G20 припадає 78 % глобальних викидів парникових газів, тому вони відіграють найважливішу роль в глобальних зусиллях щодо пом'якшення наслідків кліматичних змін. Наведені показники фактичних глобальних викидів вуглекислого газу України та її міжнародні зобов'язання по досягненню кліматичної нейтральності.

Розкриті потенційні наслідки для економіки країни впровадження механізму прикордонного вуглецевого регулювання (Carbon Border Adjustment Mechanism — CBAM). Наведено порівняльний аналіз розмірів податків на викиди парникових газів України та інших країн.

Будівельна галузь споживає до 40 % від всіх енергоносіїв, що використовуються в країні, тому має величезні резерви економії енергетичних ресурсів. Показано, що ефективним рішенням зменшення викидів парникових газів і сповільнення зростання глобальної температури залишається впровадження в технології будівельних матеріалів, зокрема у виробництві малоклінкерних цементів, неметалевої арматури. Посадка кущів, дерев, озеленення стін і дахів, майданчиків для паркування транспорту залишаються важливим напрямком дизайну ландшафту і служать природним механізмом поліпшення екології за рахунок фотосинтезу.

У сповільненні глобального потепління визначальну роль відіграє зменшення використання викопних видів палива з подальшою відмовою від них на користь ВДЕ. Упровадження зелених стандартів нового будівництва та утеплення застарілого житлового фонду сприятимуть зменшенню енерговитрат у будівництві.

Ключові слова: парниковий ефект, глобальне потепління, екологічні податки, утилізація та секвестрація вуглекислого газу, зростання ВДЕ, зелене будівництво.

Вступ

Наслідком стрімкого і масштабного використання викопних видів палива (нафта, газ, вугілля) є зміна клімату, яка спричинила зростання за останні 200 років середньорічної температури на планеті на 1 °C [1]. В Арктиці темпи зростання температури в 3 рази швидші, ніж у середньому у світі. За даними [2] в період з 1971 по 2019 рік середньорічна температура повітря в арктичній зоні зросла на 3,1 °C.

Будівельна галузь, як фондоутворювальна галузь економіки, посідає особливо вагоме місце у споживанні енергетичних ресурсів. На цю галузь припадає майже 40% в загальних обсягах споживання енергії. Зміни клімату, зумовлені діяльністю людини, несуть з собою катастрофічні загрози існуванню людства. Глобальна зміна клімату через парниковий ефект відчутна уже сьогодні. В Парижі у 2015 році лідери світових держав домовилися обмежити підняття глобальної температури до кінця століття значно нижче 2 °C та вжити заходи для обмеження її підвищення на 1,5 °C.

Досягнення цієї мети теоретично все ще є можливим, але це вимагає зменшення щорічних загальних викидів парникових газів на 7,6 % починаючи з 2030 року [3].

З однієї сторони парниковий ефект підтримує на планеті Земля комфортну для життя температуру (+15 °C). В разі його відсутності середня температура була б мінусова (-18 °C). Парникові гази затримують сонячну енергію на поверхні Землі та в атмосфері і перешкоджають її поверненню назад у космос, що приводить до зростання температури. Згідно з оцінкою Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), для досягнення «нульового» рівня викидів у будинках до 2050 року безпосередні викиди CO₂ мають скоротитися на 50 %, а непрямі — на 60 %. Це рівнозначно зменшенню рівня викидів парникових газів у будівельній галузі приблизно на 6 % на рік до 2030 року.

За даними Національного у правління океанічних та атмосферних досліджень США (NOAA) в травні 2022 року зареєстровано новий світовий рекорд концентрації CO₂ в атмосфері, він склав 421 мільйонну частку. Востаннє Земля стикалася з таким рівнем концентрації CO₂ близько 4 млн років тому, коли рівень моря був на 5...25 метрів вищим за сучасний, а ліси покривали значну частину арктичної тундри [4].

За останніми прогнозами [5] замість обмеження зростання глобального потепління на рівні до 1,5 °C в рамках Паризької угоди нині світ перебуває на шляху до потепління на рівні 3,2 °C до 2100 року. Для зупинення зростання температури на глобальному рівні перед людством постало питання не тільки поступового зменшення спалювання викопних видів палива, а і подальша відмова від їхнього використання на користь ВДЕ, досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, і при цьому важливо розширити можливості утилізації та консервації вуглекислого газу.

Метою роботи є узагальнення досвіду зменшення викидів парникових газів у будівельній галузі шляхом реалізації низки організаційно-технічних рішень та впровадження інноваційних і технологій використання та утилізації вуглекислого газу.

Результати дослідження

Як відомо приблизно 3,5 млрд людей проживає у міських районах. До 2050 року чисельність міського населення може зрости до 6,3 млрд осіб, а частка міських жителів в світі зросте з 50 до 70 %. В результаті розорювання земель, будівництва міст і доріг, вирубки лісів біомаса рослинності суші скоротилася приблизно на 25 %. Відповідно уповільнились процеси біологічного кругообігу вуглекислого газу, а прискорення процесу урбанізації супроводжувалося погіршенням екологічної ситуації у великих містах. Саме тому на часі додаткове озеленення міських територій і підвищений інтерес до «зелених» покривель, фасадів, стоянок, які є найдоступнішим способом утилізації парникових газів. При цьому мають діяти й інші організаційно-технологічні заходи масштабного використання та утилізації CO₂.

У Державному агентстві США з охорони навколишнього середовища підрахували, що в містах з населенням до 1 млн жителів денна температура на 1...3 °C, а вночі до 12 °C вища, ніж у передмісті. Дороги, будівлі, міська інфраструктура під дією сонячного випромінювання нагріваються вдень, а вночі видають тепло.

Найбільша відповідальність (75 %) за парниковий ефект покладається саме на вуглекислий газ, хоча інші гази мають значно більший потенціальний вплив на глобальне потепління (табл. 1).

До речовин, що мають яскраво виражений парниковий ефект, відносять водяні пари, CO₂, метан, закис азоту, кисень у формі озону в тропосфері, галогенорганічні сполуки гексафторид сірки (SF₆) та низка інших. Такі стійкі гази, як CO₂, CH₄, N₂O зумовлюють понад 95 % парникового ефекту.

Таблиця 1

Основні парникові гази та їх потенціальний вплив на глобальне потепління

№	Хімічна формула	Назва	Потенціал глобального потепління
1	CO ₂	Діоксид вуглецю	1
2	CH ₄	Метан	25
3	N ₂ O	Закись азоту	298
4	HFCx	Гідрофторвуглероди	150...11700
5	PFCx	Перфторвуглероди	6500...9200
5	SF ₆	Гексафторид сірки (елегаз)	23900

За даними дослідницького центру Єврокомісії, у 2019 році Україна продовжувала скорочувати викиди CO₂ і вони становили 196 млн т. Для порівняння в 2018 році викиди були на рівні 203 млн т,

в 1990 році — 783 млн т. В 2020 році викиди на душу населення становили майже 4,5 т на рік, проти 4,6 т роком раніше та понад 15 т у 1990 році, тоді як середні світові викиди на душу населення становлять 4,9 т CO₂.

На країни G20 припадає 78 % глобальних викидів парникових газів. Тому активізація дій членів G20 відіграє визначальну роль в глобальних зусиллях щодо пом'якшення наслідків зміни клімату. На рис. 1 показані порівняльні дані викидів парникових газів окремих країн світу, які є основними «забруднювачами» довкілля станом на 2018 рік [6].

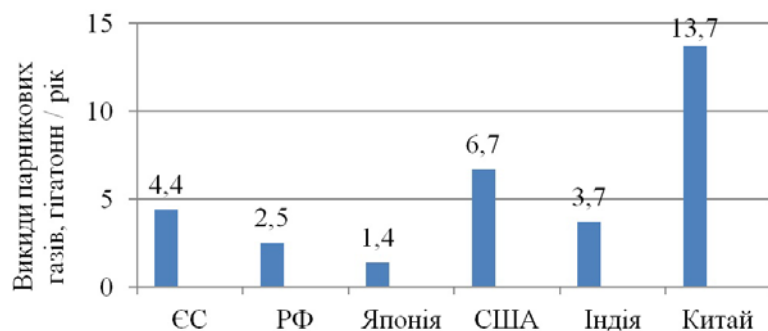


Рис. 1. Викиди парникових газів у 2018 році, гігатонн/рік

Усі види господарської діяльності людини, починаючи з опалення будинків, приготування їжі, використання транспортних засобів, промислового, сільськогосподарського виробництва та інше, супроводжується спалюванням викопного палива. За даними ООН понад дві третини викидів вуглецю припадає на спалювання викопного палива. Спалювання вуглеводів

супроводжується виділенням сірчистого, вуглекислого і чадного газів, а також оксидів нітрогену, пилю, сажі та інших забруднювальних речовин, сліди яких присутні в паливі.

В табл. 2 подані обсяги CO₂, що утворюються під час спалювання одиниці маси різних видів палива.

Таблиця 2

Показники викидів CO₂ під час спалювання різних видів палива

Вид палива	Викиди CO ₂
Природний газ	1,85 т CO ₂ /(тис. м ³)
Кам'яне вугілля	2,7...2,8 т CO ₂ / т, в залежності від марки вугілля
Торф	~1,5 т CO ₂ /т, одна т торфу дає в ~2 рази менше енергії, ніж тонна вугілля
Автомобільний бензин Паливний мазут Дизельне паливо Авіаційний керосин	3,0 т CO ₂ /т або 2,1...2,3 кг CO ₂ /л в залежності від температури палива і його марки (літнє паливо має більшу в'язкість)
Деревне паливо і сільськогосподарські відходи	Викиди CO ₂ беруться рівними нулю, оскільки CO ₂ , раніше був поглинений з атмосфери в процесі росту рослин

Як випливає з табл. 2, найменше викидів CO₂ відбувається під час спалювання природного газу та деревного палива, найбільше — продуктів нафтопереробки та кам'яного вугілля.

Паливо у вигляді відходів деревини або деревини у вигляді пелет вважається екологічно чистим. За даними [7] в процесі спалювання деревини емісія CO₂ в атмосферу становить 320216 мг CO₂/кВт·год. Однак варто взяти до уваги те, що при спалюванні деревини, як джерела енергії, реалізується умовний нульовий баланс CO₂: під час згоряння біомаси в атмосферу виділяється стільки ж CO₂, скільки було адсорбовано у процесі фотосинтезу в період росту рослин. У багатьох країнах успішно працюють пелетні виробництва. Пелети використовуються для теплозабезпечення приватних будинків, в роботі ТЕС та ТЕЦ.

В країнах ЄС діють високі податки на викиди CO₂, які є стимулом до використання ВДЕ, до яких відноситься деревина та її відходи. Тому там широко розповсюджені опалювальні котли, які працюють на відходах деревини, як на екологічно чистому паливі.

За даними [8] ефективність газифікації пелет може досягати значення в 99,3 %, що означає майже повну відсутність паливних шлаків і золи. У разі спалювання 2000 кг пелет виділяється стільки ж теплової енергії, як при спалюванні: 3200 кг деревини, 1400 м³ газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту.

Оподаткування викидів вуглекислого газу

Вдосконалення нормативної бази (введення в дію в 2022 році нових ДБН В.2.6-31:2021 «Тепло-ва ізоляція та енергоефективність будівель»), реалізація нових технічних і технологічних рішень

сприяють залагоджуванню проблем енергозбереження в будівельній галузі. Разом з тим, в Україні практично до 2019 року була відсутня дієва система оподаткування викидів CO₂. До 2019 року податок на викиди CO₂ був складовою екологічного податку і становив абсолютно символічну величину — лише 0,41 грн. за т викидів CO₂. За такого розміру податку економічно вигідно було його заплатити, ніж впроваджувати енергоефективні технології. В 2019 році Україна збільшила розмір цього податку майже в 25 раз — до 10 грн (€0,32), а з 2020 року ще в три рази до 30 грн/т CO₂. З великим запізненням майже через 30 років, лише після підписання угоди з ЄС про адаптацію української нормативної бази до вимог ЄС, в українській енергетичній політиці відбулися зміни та орієнтація на рекомендації ЄС.

Цей податок тепер сплачують підприємства, що мають річні викиди понад 500 т CO₂. За даними Державної податкової служби в 2020 році його сплатили 7347 підприємств і доходи бюджету від податку за 2019 і 2020 роки становили відповідно 951 та 940 млн грн. Аналіз сплати викидів парникових газів на прикладі чорної металургії свідчать про те, що частка неоподаткованих викидів наближається до 50 %, а викиди у транспортному секторі, які складають від 15 до 19 %, взагалі залишаються за межами оподаткування.

Ставка податку на CO₂ в Україні, навіть після її підняття, значно нижча, ніж у інших країн з зіставним рівнем економічного розвитку. Порівняльні розміри податку за викиди CO₂ деяких країн показані на рис. 2. [9].

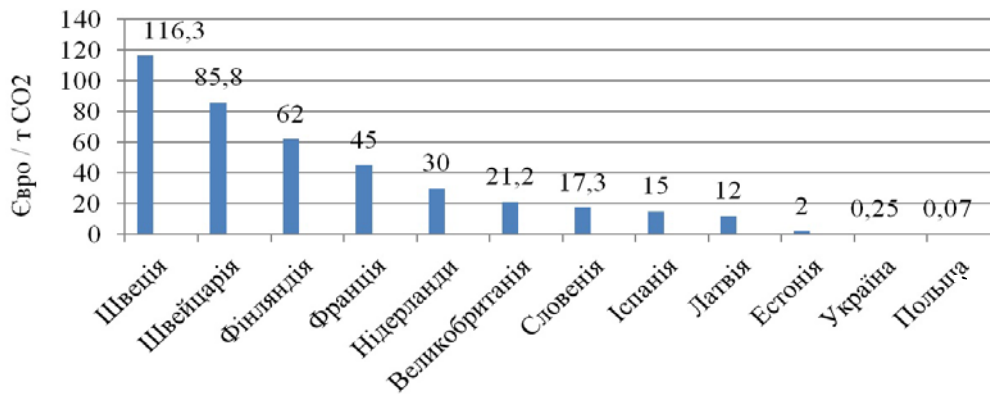


Рис. 2. Ставка податку на викиди CO₂ окремих країнах Європи станом на 2021 рік

Як видно з рис. 2 ставки екологічного податку в Україні навіть після їх зростання в 2019 і 2020 роках є надто низькими і не стимулюють до енергомодернізації технологій та зменшення викидів парникових газів.

В Україні досить повільно реалізуються заходи щодо енергозбереження в будівельній галузі. Сертифікація продукції, паспортизація об'єктів, прийняття нових ДБН лише наблизилі показники термічного опору огорожувальних стінових конструкцій до показників європейських вимог. Зростання виробництва енергоефективних конструкційно-теплоізоляційних стінових і теплоізоляційних матеріалів забезпечило значні, хоча і недостатні результати енергозбереження в будівельній галузі. Неутеплений застарілий житловий фонд потребує великі енергетичні ресурси на його утримання.

Метою реалізації механізму вуглецевого податку є скорочення викидів парникових газів та реально «відчутного» енергозбереження шляхом впровадження технологічних інновацій, оподаткування викидів парникових газів, залучення громадськості до екологічного моніторингу, поліпшення управління охороною навколишнього середовища на місцевому рівні.

У вуглецевому податку слід вбачати і просвітницьку функцію щодо енергозбереження, особливо у використанні автотранспортних засобів. В 2022 році Європарламент проголосував за повну відмову від бензинових та дизельних авто в ЄС з 2035 року. У Німеччині в багатьох містах заборонено в'їжджати в середмістя автомобілям на дизельному паливі. Виняток — дизельні авто, які відповідають стандартам Євро-6. У Великій Британії, Франції з 2040 року заборонять нові бензинові та дизельні автомобілі, у Норвегії з 2025 року усі нові автомобілі мають бути електричними. Для власників електроавтомобілів передбачені пільги — звільнення власників таких авто від ПДВ, можливість безкоштовного використання платних доріг і магістралей, можливість займати смуги для громадського транспорту та безкоштовне паркування у центрі міста.

Наявна система оподаткування викидів CO₂ в Україні (а по суті фактична її відсутність протягом майже 30 років незалежності) реально не працювала. Порівняльні показники енергоємності ВВП України та частки ВДЕ в енергобалансі окремих європейських країн подані в табл. 3 [10].

Таблиця 3

Показники енергоємності ВВП та частки ВДЕ в енергобалансі окремих європейських країн станом на 2019 рік

Країна	Ставка податку, €/т	Рік введення	Енергоємність ВВП, тне/тис. дол	Частка ВДЕ в енергобалансі, %, 2019 рік
Швеція	108,81	1991	0,09	56,4
Норвегія	48,46	1991	0,07	74,6
Данія	23,77	1992	0,05	37,2
Латвія	9,14	1995	0,08	41,0
Словенія	17,37	1996	0,09	22,0
Естонія	1,93	2000	0,11	31,9
Франція	44,81	2009	0,08	17,2
Україна	0,37	2011	0,3	8,1
Великобританія	20,12	2013	0,11	12,3

Примітка: Carbon Taxes in Europe Total energy supply (TES) by source, World 1990—2018.

Німеччина з 2021 року запровадила вуглецевий податок на рівні €25 за тону викидів CO₂. Передбачається, що протягом 2021—2025 років розмір цього податку поступово зросте до €55 за тону. Енергоємність ВВП становить 0,07 тне/тис. дол., частка ВДЕ в енергобалансі — 17,4%.

Як видно з табл. 3 енергоємність ВВП України станом на 2019 рік в рази вища ніж в колишніх пострадянських республіках, а частка ВДЕ в енергобалансі значно поступається іншим країнам, на одиницю площі житлових будинків в Україні витрачається в 2—3 рази більше енергії ніж в ЄС.

Хоча протягом 2019—2020 років податок на викиди CO₂ в Україні суттєво зріс, але Проект Low Carbon Ukraine у своєму дослідженні зазначає, що для досягнення успіху, Україні необхідно починати з розміру величини податку від 4,2 €/т CO₂ з перспективою збільшення ставки до €9 у 2030 році.

Уряд України має виконати необхідні розрахунки, запропонувати розширення бази оподаткування та збільшення ставки податку на викиди, які забезпечать виконання міжнародних зобов'язань України в рамках Паризької угоди. Україна зобов'язалась до 2035 року відмовитися від вугілля та замінити його атомною енергетикою та ВДЕ та і надалі зменшити імпорту енергоносіїв.

Основними товарними позиціями українського імпорту у 2021 році були: палива мінеральні, нафта та продукти її перегонки (14,33 млрд дол.) [11]. В 2019 році Україна заплатила за імпортовані енергоносії близько 17 млрд дол. За даними офіційної статистики за 2021 рік весь імпорту товарів становив 72,82 млрд дол., експорт — 68,09 млрд дол. За 2021 рік українські аграрії експортували продукції на 18,6 млрд дол. Майже співмірність величини українського імпорту палива та нафтопродуктів з розмірами експорту агропродукції, яка традиційно посідає перше місце в українському експорті, гальмує розвиток економіки і робить Україну непривабливою для проживання людей, а це супроводжується надмірною міграцією та депопуляцією населення [12].

Нещодавно ЄС ухвалив і затвердив на всіх рівнях Зелена угода (Green Deal), яка має бути реалізована в декілька етапів. При цьому має діяти саме економічний принцип: забруднив повітря — плати. З 2023 до 2026 рік ЄС вводить у дію перший етап механізму карбонового коригування імпорту на кордоні з ЄС. В 2025 році передбачено впровадження механізму прикордонного вуглецевого врегулювання (Carbon Border Adjustment Mechanism — CBAM), що входить до політичного плану Європейської комісії. За цим механізмом ЄС здійснюватиме оподаткування викидів парникових газів щодо імпортової продукції, яка постачається на його територію з країн, де відсутнє регулювання емісійних викидів вуглецю під час виробництва. Таким чином ЄС зобов'яже своїх торговельних партнерів, зокрема і Україну, переглянути політику боротьби зі зміною клімату та вирівнює комерційні умови, в яких перебувають європейські імпортери та виробники аналогічної продукції ЄС.

За прогнозами аналітиків під режим CBAM на першому етапі може потрапити значна частина товарів українського експорту. CBAM охопить 5 великих груп товарів: цемент, електроенергія, хімічні добрива, чавун, сталь і алюміній. Різке зростання розмірів податку на викиди парникових

газів може призвести до втрати конкурентоспроможності вітчизняної продукції, яка імпортується в країни ЄС і частка якої в останні роки зросла до 41,5 %.

На сьогодні українські підприємства самостійно звітують про свої викиди, а для перевірки правильності звітування податкова служба може залучати фахівців Міндовкілля. Залежно від порушення передбачені штрафи, розміри яких коливаються від 170 грн до 75 % суми несплаченого податку. Згідно з даними МВФ, реальна ціна викидів із вугільних станцій України з урахуванням усіх супутніх екологічних витрат становить не 30 грн/т, а майже 1000 грн/т CO₂ [13].

Заявлена мета України — знизити викиди парникових газів до рівня 35 % від викидів, які були у 1990 році, а до 2060 року — стати вуглецево-нейтральною країною: тобто поглинати вуглецю не менше, ніж викидати в атмосферу потребує дієвих комплексних заходів щодо зменшення енергоспоживання та викидів парникових газів.

Показовим для України є досвід Швеції, яка запровадила податок на викиди CO₂ ще у 1991 році за ставкою 250 шведських крон (€24) за т викидів. В подальші роки ставка податку поступово зростала.

Досвід Швеції, інших країн, доводить, що податок на вуглець може бути простим для впровадження та адміністрування з низькими витратами для органів влади та операторів. Це особливо важливо за наявних систем збору податків, таких, як система стягнення інших акцизних податків на пальне. Розмір податку враховує вміст в паливі вуглецю, та стимулює до енергозбереження, спонукає до використання відходів виробництва, що містять вуглець. При цьому спрощується система оподаткування, оскільки не потрібно напряму вимірювати викиди і влаштовувати інспекційні перевірки.

За даними [14] у 2019 році в Швеції зібрано €2042,67 млн податку на вуглець. В 2021 році 68 % усієї електрики було вироблено з використанням ВДЕ, а до 2040 року ця країна планує повністю відмовитися від викопного палива. Податок сплачують і домогосподарства, і підприємства, що не входять до Європейської системи торгівлі викидами (EU ETS). Галузь, на яку поширюється ця система, повністю звільняється від податку на вуглець. Однак з 2018 року вартість тонни викидів CO₂ однакова і для податку і для EU ETS. Вона базується на директиві ЄС 2003/87/ЄС щодо торгівлі викидами і працює за принципом «обмежуй і торгуй» (cap-and-trade). Підприємства, що не увійшли до EU ETS, самостійно сплачують податок на викиди CO₂.

Порівняння розміру надходжень до бюджету від податку на CO₂ України, навіть після його останнього збільшення в 2020 році: українських 950 млн. грн і шведських €2042,67 млн. свідчить про фактичну «відсутність» такого оподаткування в Україні. При цьому за 1990—2013 роки ВВП Швеції збільшився на 61 %, водночас викиди CO₂ були зменшені на 23 %.

Поступове зростання екологічного податку в Україні має стимулювати власників підприємств та населення до зменшення енергоспоживання та викидів CO₂. Переглянутий нещодавно Національно-визначений внесок (НВВ2) встановлює мету зменшення викидів парникових газів в усіх галузях економіки принаймні до 35 % від рівня 1990 року.

Європейські країни шляхом раціонального використання енергоресурсів досягли значного зменшення енергоємності ВВП зокрема і за рахунок введення податків на викиди парникових газів ще з кінця 80-х років минулого століття. Україна із затримкою в часі, приблизно в 20—25 років через системні економічні кризи, вимушена досягати кардинальних змін сьогодні.

Шляхи зменшення викидів парникових газів

В звіті Energy Transition Investment Trends 2022 зазначено, що визначальним трендом сьогодення є відмова від органічного палива, перехід на ВДЕ та впровадження широкого спектру технологій використання та консервації CO₂. Світові інвестиції в новий енергетичний перехід у 2021 році зросли на 27 % в порівнянні з 2020 роком, досягнувши нового рекордного максимуму \$755 млрд.

В Україні спостерігається значне збільшення інвестицій у відновлювану енергетику. В період з 2016 по 2020 рік встановлена потужність ВДЕ в Україні збільшилась майже у 4 рази і становила 7737 МВт станом на початку 01.01. 2021, та 8148 МВт станом на 01.06.2021. Частка сонячних електростанцій домінує в загальному енергетичному балансі ВДЕ і становить 7166 МВт. Вітрові електростанції займають друге місце — 1475 МВт.

Енергетична стратегія України до 2035 року передбачає збільшення частки ВДЕ з досягнутих 11 % до 25 % у загальному первинному постачанні енергії. Економічно розвинуті країни готові припинити спалювати вугілля для енергетичних потреб у 2030-х роках, бідніші (серед них і Україна) — у 2040-х.

На глобальному рівні один із запропонованих варіантів скорочення викидів парникових газів є секвестрація (CCS, Carbon Capture and Storage) чи утилізація CO₂. Різниця між двома цими поняттями полягає в тому, що утилізація CO₂ завжди передбачає будь-яке корисне використання вуглекислого газу, тоді як секвестрація CO₂ є ширшим поняттям, яке передбачає й захоронення виокремлених об'ємів газу в підземному просторі. Секвестрація вуглекислого газу це трудомісткий процес виокремлення CO₂ з джерела викидів, транспортування та захоронення в геологічних формаціях на дні океану глибиною до 1 км.

Використання CO₂ для підвищення нафтовіддачі у промислових масштабах почалося в США ще в 1970-х роках. На сьогоднішній день ця технологія там краще відпрацьована, ніж інші способи секвестрації CO₂. Крім екологічних вигод вона дозволяє отримувати додатковий ефект від закачування CO₂ під землю — підвищення нафто- та газовіддачі під час їхнього видобутку.

Американські геофізики вперше запропонували зберігати CO₂, шляхом закачування зрідженого вуглекислого газу на дно океану, де він вступає в реакцію з базальтовими породами і назавжди залишається там. Такі сховища можуть вміщати 250 млрд т CO₂.

Як відомо, CO₂ широко застосовується, як сухий лід для охолодження продуктів харчування у виробництві соди, цукру, вина, пива, газованих напоїв, тощо. Вуглекислий газ є досить корисним в теплицях, оскільки підвищує врожайність і стійкість рослин від хвороб і шкідників, бере участь в розвитку (синтезі) рослин.

За підрахунками фахівців сумарне поглинання CO₂ Світовим океаном і біосистемами суші становить 5 млрд т/рік, тобто більше половини від емісії CO₂ за рахунок антропогенної діяльності (8,6 млрд т/рік). Теоретично доказано, що уловлений CO₂ можна перетворити у будь-який вид палива чи хімікат, який нині заснований на нафті. Перетворення CO₂ в інші продукти вимагає великих енерговитрат, наприклад азотні добрива, які отримують за допомогою водного розчину аміаку [15].

Низьковуглецевий «зелений» метанол виробляється за технологією Emission-to-Liquids (ETL). Вуглекислий газ уловлюється на прилеглий електростанції, а водень виробляється шляхом електролізу води. На виробництво однієї тонни метанолу за технологією Emission-to-Liquids (ETL) потрібно 0,188 т H₂ та 1,373 т CO₂. Побічним продуктом цього процесу стає кисень [16].

Канадська компанія CarbonCure Technologies [17] розробила інноваційну технологію виробництва бетонних блоків з використанням CO₂ за рахунок примусової карбонізації бетону. Газоподібний діоксид вуглецю вводиться контрольованими дозами в змішувач. В такому випадку, змішувач виступає в ролі реактора, в якому забезпечується інтеграція CO₂ у традиційний виробничий процес карбонізації свіжого бетону



Під час змішування CO₂ реагує з водою з утворенням іонів карбонату. Карбонат швидко реагує з іонами кальцію, що утворюються при гідратації клінкерних мінералів цементу, що приводить до утворення мінералів карбонату кальцію (вапняку) нанометрового розміру. При цьому досягається економія цементу до 5 % та відбувається утилізація CO₂. Така технологія утилізації CO₂ поширена в Канаді і США.

Узагальнюючи проблему утилізації парникових газів слід зазначити, що визначальним регулятором процесу антропогенної зміни балансу CO₂ залишається Світовий океан, на який припадає близько 30 % CO₂ який розчиняє двоокис вуглецю у поверхневих шарах води. При цьому концентрація CO₂ і бікарбонату (HCO₃⁻) у воді зростає, також зростає і концентрація іонів водню (H⁺), про що може свідчити зниження рівня pH. На думку фахівців загалом концентрація іонів водню у морській воді вже зросла на 30 % порівняно з до індустріального періодом. Це призводить до підвищення рівня кислотності океану, що негативно впливає морські організми, у яких карбонат кальцію формує панцирі та скелети.

Зелене будівництво

Цемент є основним матеріалом в будівельному виробництві. За даними МЕА в усьому світі на виробництво цементу припадає 5 % техногенних викидів CO₂. Кількість викидів у виробництві цементу коливається в діапазоні 0,54...0,83 т CO₂ на 1 тону клінкеру. Вуглекислий газ утворюється в результаті випалу сировинної суміші за 1450...1500 °C через спалювання палива та декарбонізації вапняку, що міститься в її складі. Оксид кальцію вступає у подальші хімічні реакції з компонентами суміші за яких утворюються клінкерні мінерали, а вуглекислий газ видаляється в

атмосферу. В Україні цементні заводи переходять на виробництво мало клінкерних цементів з використанням активних мінеральних домішок. Відповідно до [18] загальні виділення вуглекислого газу під час виробництва 1 т чавуну становлять 2085 кг.

За даними ООН третина загальних антропогенних викидів CO_2 є результатом вирубки лісів для потреб будівництва. Зелена рослинність забезпечує людству існування та стабілізацію клімату шляхом консервації вуглецю (поглинання CO_2) і сонячної енергії у процесі фотосинтезу.

Фотосинтез відіграє визначальну роль у кругообігу вуглецю в природі. Це надзвичайно важливий і складний процес, який включає довгу послідовність біохімічних реакцій, що відбуваються в рослинах за участю вуглекислого газу, води та світла. Фотосинтез — єдиний процес у біосфері, який приводить до засвоєння енергії Сонця і забезпечує існування, як рослин, так і всіх гетеротрофних організмів. Узагальнене рівняння фотосинтезу (брутто-формула) має вигляд



Ліси не тільки основні споживачі діоксиду вуглецю на суші, але і головний резервуар біологічно зв'язаного вуглецю (400...500 млрд т, не враховуючи горючих копалин, що випали з кругообігу), хоча частина накопиченого в них вуглецю людина повертає в повітря, спалюючи їх.

Кругообіг вуглецю відбувається при спалювання рослинних продуктів та викопних видів палива шляхом окислення вуглецю з утворенням CO_2 та теплової енергії



За даними [19] щорічно 1 га 20-річного соснового насадження поглинає 9,35 т вуглекислоти і виділяє 7,25 т кисню, а 60-річного — 14,4 т вуглекислоти і 10,9 т кисню. За рік 40-річні діброви поглинають 18 т вуглекислоти і виділяють 13,9 т кисню.

В європейських країнах, зокрема в Німеччині озеленено до 10% всіх дахів, в інших країнах, включаючи Австрію, Італію, Нідерланди, Норвегію, Швецію, Швейцарію та Великобританію, існують асоціації, які активно просувають ідею озеленення дахів. У Канаді та в США «зелені дахи» також стають популярними.

У рамках реалізації програми президента України «Зелена країна» вже висаджено 155 млн саджанців, продовжується озеленення країни та передбачається будівництво нових сучасних селекційно-насіневих центрів для вирощування посадкового матеріалу на майбутні роки.

Посадка кущів, дерев, озеленення стін і дахів є не тільки визнаним напрямком дизайну ландшафту але і природним механізмом поліпшення екології. У деяких європейських країнах дах із озелененням зараховується забудовнику у загальну площу озеленення території, а власники будинків із неозеленими дахами сплачують додаткові податки. В Японії початок 21 століття ознаменувався прийняттям закону про обов'язкове озеленення всіх дахів площею понад 100 м², 20% поверхні даху площею від 250 м² та 10% даху площею понад 1000 м².

Висновки

Податок на викиди CO_2 в розвинених країнах суттєво впливає на скорочення викидів парникових газів та енергозатратність всієї економіки. Вуглецевий податок в Україні після підвищення становить 30 грн/т CO_2 і є одним з найнижчих в Європі. Нинішній рівень податку в Україні може бути недостатнім для досягнення задекларованих цілей скорочення викидів парникових газів.

Для зменшення викидів CO_2 Україна зобов'язалась оновити законодавство щодо управління відходами, впровадити «зелену» трансформацію промисловості, скоротити споживання вугілля та іншого викопного палива, створити систему торгівлі квотами на викиди та Український кліматичний фонд, реформувати екологічний контроль, збільшити площі лісів, захистити степові екосистеми, зупинити деградацію земель. При цьому має бути утеплений застарілий житловий фонд, який і по сьогодні відволікає величезні енергетичні ресурси.

Впровадження механізму прикордонного вуглецевого врегулювання СВМ, що входить до політичного плану Європейської комісії може суттєво вплинути на експорт української продукції в країни ЄС тому зобов'язує Україну добиватись зменшення енергоспоживання.

На будівельний сектор економіки припадає до 40% від всіх енергоносіїв що використовуються в Україні. Найбільше викидів CO_2 відбувається на виробництві будівельних матеріалів, таких як метал і цемент. Озеленення будинку (покрівля, фасади, стоянки) не тільки виконують декоративні функції але дозволяють скоротити витрати енергії на кондиціонування та опалення будівель, забезпечують комфортний мікроклімат усередині будівлі.

Станом на 2020 рік Україна досягла понад 11 % частки ВДЕ в кінцевому енергоспоживанні, а до 2030 року в Національній економічній стратегії, передбачено досягти 25 % електроенергії, виробленої з ВДЕ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Світова метеорологічна організація — WMO, *The State of the Global Climate 2020*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>.
- [2] AMAP, “Arctic Climate Change Update 2021: Key Trends and Impacts. Summary for Policy-makers,” *Arctic Monitoring and Assessment Programme*, 2021, 16 p. [Electronic resource]. Available: <https://www.amap.no/documents/download/6759/inline>.
- [3] Timothy Lenton, et al., “Climate Tipping Points — Too Risky to Bet Against,” *Nature*, no. 27, November 2019 Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>.
- [4] *Рівні CO₂ атмосфери у травні та чотири мільйони років тому зрівнялися*, [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nauka.ua/news/rivni-co2-v-atmosferi-dosyagli-pokaznika-chotiroh-miljoniv-rokiv-tomu>.
- [5] “United Nations Environment Programme,” *Emissions Gap Report 2019*, 20 November 2019, [Electronic resource]. Available: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.
- [6] *Munich Security Report 2020*. [Electronic resource]. Available: www.securityconference.org/en/publications/munich-security-report/.
- [7] “Forest Biomass and Air Emissions,” *Washington State Department of Natural Resources*, [Electronic resource]. Available: http://www.eesi.org/files/em_forest_biomass_and_air_emissions_factsheet_8.pdf.
- [8] Н. А. Галиш, «Сертифікація деревних пелет як необхідна складова їх збуту,» *Економічний аналіз*, т. 28, № 3, с. 238-246, 2018.
- [9] “Carbon Taxes in Europe,” *Tax foundation*, 2021. [Electronic resource]. Available: <https://bit.ly/3cToY0c>.
- [10] «Механізми уменшення вибросов CO₂,» *Економіческая правда*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/projects/ekonomika-bez-vykydiv/2021/03/31/672462/>.
- [11] «Експорт и импорт Украины увеличился на треть,» *Економіческая правда*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2022/02/15/682382/>.
- [12] Т. В. Сердюк, і В. Р. Сердюк, «Актуальність зростання обсягів житлового будівництва в умовах демографічної кризи,» наук.-техн. журнал, *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, т. 32, № 1, с. 79-88, 2022.
- [13] Fiscal Policies for Paris Climate Strategies — from Principle to Practice. International Monetary Fund Fiscal Affairs Dept, 2019. [Electronic resource]. Available: <https://www.imf.org/en/Publications/Policy-Papers/Issues/2019/05/01/Fiscal-Policies-for-Paris-Climate-Strategies-from-Principle-to-Practice-46826>.
- [14] “Sweden Carbon Tax,” *Government of Sweden*, 2021. [Electronic resource]. Available: <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/>.
- [15] “Environmental and value creation. CO₂ for EOR on the Norwegian Shelf — a Case Study,” *Bellona report*, 2015.
- [16] B. Stefánsson, “CRI technology and CCU project development in Norway,” *Carbon Recycling International*, Брюссель, Бельгія, 2020. [Electronic resource]. Available: <https://www.prosess21.no/contentassets/52fc2f61d22f484aa4c205ef423c6e07/crprosess21-webinar-on-ccu-c-2020-05-20.pdf>.
- [17] А. Е. Вакуров, и И. П. Абросимов, «Описание и преимущества технологи производства бетона из диоксида углерода в строительстве,» *Бюллетень науки и практики*, т. 4, № 8, с. 148-153, 2018.
- [18] В. А. Філантропова, і П. І. Шам. Про забруднення атмосферного повітря підприємствами чорної металургії. *Вісник Приазовського державного технічного університету*, № 11, с. 1-4, 2001.
- [19] Н. П. Анучин, и др., *Лес в современном мире*. М.: изд-во «Лесная промышленность», 1978, 400 с.

Рекомендована кафедрою будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.09.2022

Сердюк Василь Романович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: vasromvs@gmail.com ;

Сердюк Тетяна Василівна — канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: serdyuktanya@gmail.com ;

Франишина Світлана Юрївна — інженер кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: fransveta50@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. R. Serdiuk¹
T. V. Serdiuk¹
S. Yu. Franyshyna¹

Increasing the Role of the Construction Industry in Slowing Global Warming

¹Vinnitsia National Technical University

The work reveals the current state of problems related to the growth of emissions greenhouse gases and environmental temperature due to excessive burning of fossil fuels (oil, coal, natural gas). The analysis of the implementation of the European experience is given introduction of taxation of carbon dioxide emissions, which had a positive effect on sales energy saving and reduction of greenhouse gas emissions. It is shown that the G20 countries account for 78 % of global greenhouse gas emissions, therefore they play a critical role in global mitigation efforts climatic changes. Indicators of Ukraine's actual global carbon dioxide emissions and international obligations to reduce them and achieve climate neutrality are presented. The potential consequences for the country's economy of the implementation of the cross-border mechanism have been revealed carbon border adjustment mechanism (Carbon Border Adjustment Mechanism — CBAM), a comparative analysis of taxes on greenhouse gas emissions in Ukraine and other countries is given. There have been generalized modern methods of utilization of carbon dioxide by its use in technologies for the production of cement concrete, fuel and other materials. The construction industry consumes up to 40 % of all energy carriers used in the country has huge reserves of saving energy resources. It is shown that it is an effective solution reducing greenhouse gas emissions and increasing global temperature remains implementation of low-clinker cement, non-metallic construction materials technology fittings Planting bushes, trees, landscaping walls and roofs, parking lots remain a recognized direction of landscape design and serve as a natural mechanism improvement of ecology. It is shown that the reduction plays a decisive role in the reduction of global warming the use of fossil fuels with subsequent abandonment of them in favor of RES. Expansion of the use of pellets for heating, implementation of green standards for new construction and insulation of the outdated housing stock will contribute to the reduction of energy consumption in construction.

Keywords: greenhouse effect, global warming, environmental taxes, utilization and sequestration of carbon dioxide, renewable energy growth, green construction.

Serdiuk Vasyl R. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Construction, Municipal Economy and Architecture, e-mail: vasromvs@gmail.com ;

Serdiuk Tetiana V. — Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Construction, Municipal Economy and Architecture, e-mail: serdyuktanya@gmail.com ;

Franyshyna Svitlana Yu. — Engineer of the Chair of Construction, Municipal Economy and Architecture, e-mail: fransveta50@gmail.com