

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА  
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

До захисту допустити:  
Завідувач кафедри  
Мітюшкіна Х.С.

\_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ завідувача кафедри)  
« » 20 р.

**ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУ НА ШЛЯХУ ДОСЯГНЕННЯ  
КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ**

Кваліфікаційна робота  
здобувача вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня вищої  
освіти освітньо-професійної  
програми  
«Екологія, охорона  
навколишнього середовища та  
збалансоване  
природокористування»  
Старжинського Олександра  
Юрійовича

Науковий керівник:  
Мітюшкіна Х.С., к.е.н., доцент

Кваліфікаційна робота захищена з  
оцінкою

Секретар ЕК

« » 20 р

Київ – 2026

## АНОТАЦІЯ

*Старжинський О.Ю. Екологізація транспорту на шляху досягнення кліматичної нейтральності*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за ОПП «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». – Маріупольський державний університет, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню теоретичних і практичних аспектів екологізації транспортної галузі як важливого напрямку досягнення кліматичної нейтральності. У роботі проаналізовано роль транспорту у формуванні викидів парникових газів та його вплив на зміну клімату, розглянуто міжнародні підходи до реалізації концепції кліматичної нейтральності та основні складові екологізації транспортної системи.

Досліджено сучасний стан транспортного сектору України, нормативно-правове регулювання процесів декарбонізації, структуру транспортних перевезень та динаміку викидів парникових газів. Проведено порівняльний аналіз екологічності автомобільного, залізничного та авіаційного транспорту. Особливу увагу приділено оцінці впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище та визначенню основних екологічних проблем галузі.

Обґрунтовано перспективні напрями досягнення кліматичної нейтральності транспортного сектору, зокрема впровадження інноваційних технологій, розвиток електротранспорту, використання альтернативних видів палива, удосконалення системи міської мобільності та застосування економічних механізмів стимулювання екологічно безпечного транспорту.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів під час розроблення програм декарбонізації транспортного сектору, екологічних стратегій та заходів зі зменшення викидів парникових газів в Україні.

**Ключові слова:** екологізація транспорту, кліматична нейтральність, декарбонізація, транспортний сектор, парникові гази, викиди CO<sub>2</sub>, сталий розвиток, електротранспорт, зелена мобільність, екологічна безпека.

## ABSTRACT

*Starzhynskiy O.Y. Greening of transport on the way to achieving climate neutrality*

Qualification work for the degree of Bachelor in the specialty "Ecology and Environmental Protection". – Mariupol State University, 2026.

The qualification thesis is devoted to the study of theoretical and practical aspects of transport greening as an important pathway toward achieving climate neutrality. The research analyzes the role of the transport sector in greenhouse gas emissions and climate change, examines international approaches to climate neutrality implementation, and identifies the main components of transport system greening.

The current state of Ukraine's transport sector, the regulatory framework for transport decarbonization, the structure of transport activities, and greenhouse gas emission trends are investigated. A comparative environmental assessment of road, rail, and air transport is carried out. Particular attention is paid to evaluating the environmental impact of transport activities and identifying the key ecological challenges of the sector.

The study substantiates promising directions for achieving climate neutrality in the transport sector, including the introduction of innovative technologies, development of electric mobility, use of alternative fuels, improvement of sustainable urban mobility systems, and application of economic incentives for environmentally friendly transport.

The practical significance of the research lies in the possibility of using its results in the development of transport decarbonization programs, environmental strategies, and measures aimed at reducing greenhouse gas emissions in Ukraine.

**Keywords:** transport greening, climate neutrality, decarbonization, transport sector, greenhouse gases, CO<sub>2</sub> emissions, sustainable development, electric transport, green mobility, environmental safety.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ВСТУП.....                                                                                                         | 6-8   |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ.....                                                  | 9-23  |
| 1.1. Роль транспорту у викидах парникових газів та зміні клімату.....                                              | 9-13  |
| 1.2. Концепція кліматичної нейтральності: міжнародні стандарти та зобов'язання.....                                | 13-18 |
| 1.3. Поняття та складові «екологізації» транспортної системи.....                                                  | 19-22 |
| Висновок до розділу 1.....                                                                                         | 23    |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ.....                                    | 24-44 |
| 2.1. Нормативно-правове регулювання декарбонізації транспорту в Україні.....                                       | 24-29 |
| 2.2. Оцінка структури транспортного сектору та динаміки викидів.....                                               | 29-34 |
| 2.3. Порівняльний аналіз екологічності різних видів транспорту (автомобільний, залізничний, авіаційний).....       | 34-42 |
| Висновок до розділу 2.....                                                                                         | 43-44 |
| РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ТА СТРАТЕГІЇ ДОСЯГНЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРУ.....                       | 45-66 |
| 3.1. Впровадження технологічних інновацій в транспортній галузі (зарубіжний досвід).....                           | 45-52 |
| 3.2. Розвиток сталої міської мобільності (мікромобільність, громадський транспорт, інтермодальні перевезення)..... | 52-61 |
| 3.3. Економічні інструменти стимулювання: податки на викиди, субсидії для «зеленого» транспорту та квотування..... | 61-64 |
| Висновок до розділу 3.....                                                                                         | 65-66 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                      | 67-68 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                    | 69-74 |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасний розвиток світової економіки супроводжується зростанням антропогенного навантаження на навколишнє середовище, що проявляється у зміні клімату, погіршенні якості атмосферного повітря та виснаженні природних ресурсів. Одним із ключових джерел викидів парникових газів є транспортна галузь, яка забезпечує функціонування економіки, але водночас формує значну частку глобальних і національних викидів CO<sub>2</sub>.

Актуальність теми зумовлена необхідністю переходу до моделі сталого розвитку та досягнення кліматичної нейтральності, що передбачає зменшення викидів парникових газів до рівня, який компенсується природними або технологічними механізмами їх поглинання. В умовах євроінтеграції України та адаптації до вимог Європейського «зеленого курсу» особливої важливості набуває екологізація транспортної системи як одного з найбільш енергоємних і екологічно навантажених секторів. Традиційні підходи до перевезень вступають у протиріччя з екологічними межами біосфери, що вимагає розробки нових моделей «декарбонізації» та «циркулярної мобільності». . Необхідність теоретичного обґрунтування цих процесів та пошук дієвих механізмів їх реалізації в українських реаліях визначають вибір теми та напрями дипломного дослідження.

Вплив транспорту на навколишнє середовище - найбільш необхідна і актуальна проблема сучасного суспільства. Наслідки цього впливу позначаються не тільки на нашому поколінні, але можуть позначитися і на майбутнє покоління.

Для України, яка перебуває на етапі екологічного відновлення та інтеграції до ЄС, екологізація транспорту набуває важливого значення. Необхідність теоретичного обґрунтування цих процесів та пошук дієвих механізмів їх реалізації в українських реаліях визначають вибір теми та напрями дипломного дослідження.

**Об’єктом дослідження** є транспортна система.

**Предметом дослідження** є екологізація транспортної галузі на шляху до досягнення кліматичної нейтральності.

**Ступінь вивченості проблеми.** Питання екологізації транспорту та зниження його впливу на клімат активно досліджуються у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Досліджували цю тему вчені: В.І.Борейко, Д.В.Зеркалов (економіка природокористування), В.П.Матейчик (моніторинг та мінімізація викидів ДВЗ). Кліматичні аспекти декарбонізації та моделювання низьковуглецевих сценаріїв висвітлені у працях О.О.Дячука та експертів ІРСС. Проблеми сталої міської мобільності є предметом уваги С.А. Смекаліної.

**Метою роботи** є наукове обґрунтування стратегічних векторів екологізації транспортної системи та розробка комплексних рекомендацій щодо зниження її кліматичного впливу.

Для досягнення мети визначено такі **завдання**:

1. проаналізувати роль транспорту у формуванні викидів парникових газів;
2. дослідити міжнародні підходи до кліматичної нейтральності;
3. визначити сутність та складові екологізації транспорту;
4. проаналізувати нормативно-правове регулювання декарбонізації транспорту в Україні;
5. оцінити структуру транспортного сектору та динаміку викидів;
6. провести аналіз екологічності автомобільного, залізничного та авіаційного видів транспорту;
7. розглянути зарубіжний досвід від впровадження технологічних інновацій в транспортної галузі;
8. дослідити розвиток міської мобільності;
9. проаналізувати застосування економічних стимулів.

**Методологія дослідження.** З урахуванням поставленої мети і завдань дослідження, його об’єкта і предмета були обрані такі методи, як системно-

структурний метод, статистичний аналіз, метод порівняльної екологічної експертизи різних видів транспортних систем.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати дослідження були апробовані на наукових конференціях, зокрема у XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний розвиток державотворення та правотворення в Україні: проблеми теорії та практики» та у IX Всеукраїнській науково-практичній заочній конференції «Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти».

**Структура кваліфікаційної роботи** обумовлена її предметом, метою та завданнями. Робота складається зі вступу, анотації, трьох розділів (9 підрозділів), висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи — 74 сторінки. Кількість джерел — 57. Кількість таблиць — 12, рисунків — 5.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

#### 1.1. Роль транспорту у викидах парникових газів та зміні клімату

Транспортна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні функціонування сучасної економіки, однак водночас є одним із найбільших джерел антропогенних викидів парникових газів.

Викиди транспорту: підсилюють парниковий ефект, сприяють глобальному потеплінню та впливають на частоту екстремальних погодних явищ.

Найбільшої шкоди навколишньому середовищу завдає автомобільний транспорт, на частку якого у структурі викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу у 2025 році в Україні припадало 96 % [1].

У вихлопних газах автомобілів міститься близько 200 різних речовин, серед яких можна виділити альдегіди (токсичні речовини, які здатні накопичуватися в організмі людини і мають подразнюючу, збуджуючу, нейротоксичну дію), бензопірен (сильний канцероген і мутаген, речовина першого класу небезпеки, оскільки вивести з організму його неможливо, а його накопичення призводить до розвитку онкологічних захворювань та генетичних змін у майбутніх поколіннях), свинець (викликає загальну слабкість, біль у животі, анемію, хвороби нирок, опорно-рухового апарату), канцерогенні речовини (що викликають ракові захворювання) тощо [7].

Специфікою забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом є значна концентрація відпрацьованих газів у нижніх шарах атмосфери. Розпорошення їх у безпосередній близькості від рослин, тварин, людей провокує підвищення захворюваності населення, забруднення ґрунту, повітря та водних ресурсів [12].

Значну шкоду навколишньому середовищу завдає залізничний транспорт внаслідок концентрації надмірного шуму, вібрації, теплового та електромагнітного випромінювання вздовж залізничних колій та вокзалів,

засмічення територій відпрацьованими газами, паливно-мастильними матеріалами, металевою стружкою, зливною брудною водою, каналами [5].

Внаслідок цього засмічуються прилеглі до залізниці території, насамперед ґрунт та водні ресурси, знижується родючість ґрунту, створюються передумови для ерозії, накопичуються шкідливі речовини на прилеглих сільськогосподарських територіях та знижується якість вирощеної сільськогосподарської продукції [5]. В результаті екологічних та медичних досліджень з'ясувалося, що забруднення залізничних колій нечистотами та продуктами їх розкладання, особливо у теплі сезони року, спричинило захворювання шлунка та легень у багатьох пасажирів та залізничників.

Залізничний транспорт завдає шкоди рослинному і тваринному світу, оскільки шляхи нерідко прокладаються на перетині шляхів міграції деяких видів тварин, що ускладнює їх існування і розмноження, а іноді призводить до їх загибелі. Особливо небезпечні аварії на залізницях, здатні спричинити значне широкомасштабне забруднення всіх компонентів навколишнього середовища [11].

Авіаційний (повітряний) транспорт завдає шкоди навколишньому середовищу через шуми, які створюють двигуни літаків та вертольотів, обладнання аеропортів, об'єктів з ремонту та технічного обслуговування літальних апаратів; через електромагнітне випромінювання від радіолокаційної та радіонавігаційної техніки, вібрації, продуктів згоряння палива, теплового випромінювання [5].

Інтенсивність забруднення навколишнього середовища, насамперед повітря, авіаційним транспортом значно залежить від графіка роботи аеропорту, руху літальних апаратів: при зльоті та посадці в навколишнє середовище надходить максимальний обсяг оксиду вуглецю та вуглеводневих сполук, а в польоті – найбільше оксиду азоту.

Так, за кожні 300 зльотів та посадок трансконтинентальних авіалайнерів до навколишнього середовища надходить 3,7 т оксиду вуглецю, 2 т

вуглеводневих сполук та 1,7 т оксидів азоту. Позитивним моментом при цьому є те, що продукти згоряння палива в основному розсіюються у верхніх шарах атмосфери та на великих територіях, що знижує їхню концентрацію в повітрі та ступінь негативного впливу авіації на всі компоненти навколишнього середовища [16]. Внаслідок цього прилеглі до аеропортів території стають непридатними для проживання людини, ведення сільськогосподарського виробництва тощо.

Вплив забруднення довкілля авіаційним транспортом на організм людини досить руйнівний: проявляється воно головними болями, млявістю, дратівливістю, зниженням природних реакцій, пам'яті, втратою слуху, неможливістю сконцентруватися на певній роботі, розладами сну, захворюваннями серцево-судинної та ендокринної систем [12].

Водний транспорт призначений для перевезення пасажирів та вантажів водними шляхами. При цьому його поділяють на морський, якщо використовуються морські судна, і річковий – при здійсненні перевезень внутрішніми водними шляхами, як природними (річки, озера), так і штучними (канали, водосховища тощо). У процесі експлуатації водних ресурсів відбувається їхнє значне забруднення. У воду потрапляють харчові відходи, сміття, пально-мастильні матеріали, втрачені вантажі; у повітря – відпрацьовані вихлопні гази двигунів; створюються шуми, вібрація. Морські суди зливають баластну воду, а також воду, що використовується для приготування їжі та гігієнічних цілей [13].

На трубопровідний транспорт покладається завдання перекачування газу, нафти, нафтопродуктів від джерел видобутку до місць переробки та споживання. Він включає не тільки трубопроводи, а й компресорні та насосні станції. Ще на етапі будівництва трубопроводів порушуються природні ландшафти, із сільськогосподарського обороту вилучаються значні площі земель, засмічуються прилеглі території. У процесі свого функціонування трубопровідний транспорт не завдає помітної шкоди навколишньому

середовищу, проте, незважаючи на значну, здавалося б, міцність трубопроводів, згодом вони зазнають корозії, просідають і тріскаються на стиках. Внаслідок цього на прилеглі території потрапляє значна кількість забруднюючих речовин, що часто супроводжується вибухами та пожежами, а їх наслідки важко усунути [9] .

Війна в Україні посилила негативний вплив транспорту на довкілля через:

- збільшення обсягів перевезень військової техніки, евакуаційних рейсів та гуманітарних вантажів призвело до зростання споживання пального. У періоди дефіциту палива використовувалися низькоякісні або несертифіковані види пального, що погіршило склад викидів.

За оцінками екологічних організацій, у прифронтових регіонах рівень забруднення повітря діоксидом азоту ( $\text{NO}_2$ ) та дрібнодисперсними частками ( $\text{PM}_{2.5}$ ) у 2022–2023 рр. зріс на 20–30% порівняно з довоєнними роками [1];

- зруйнована техніка, розливи пального, мастил та хімікатів у районах бойових дій — усе це сприяє забрудненню ґрунтів і водних об'єктів. За даними UNEP (Програма ООН з довкілля), серед типових проблем — витіки з військових складів, зруйновані нафтобази, пошкоджені трубопроводи та автоколони [26];
- рух важкої техніки (танки, БТР, артилерія) значно погіршує стан дорожнього покриття, ущільнює ґрунти, руйнує прибережні екосистеми та збільшує пилоутворення. На відміну від цивільного транспорту, військова техніка не обладнана системами контролю викидів, тому вплив на атмосферу значно інтенсивніший [1];

- через перепланування маршрутів транспорту часто порушуються природоохоронні території — заказники, ліси, заповідники. Зокрема, у Харківській, Донецькій та Херсонській областях зафіксоване втручання у природні ландшафти при будівництві тимчасових доріг та об'їздів [1] ;

- через постійні переміщення техніки, активну роботу генераторів та надлишкові перевезення фіксується збільшення рівня шумового навантаження, особливо в тиліових містах, де раніше воно було низьким [1] ;
- велика кількість знищеної техніки потребує утихомиреного утилізаційного процесу, який має бути екологічно безпечним. Проте у зоні бойових дій такої можливості немає, і відходи (метали, пластик, мастила) залишаються у природному середовищі [26] .

Викиди вуглекислого газу, оксидів азоту та дрібнодисперсних частинок спричиняють як глобальні, так і локальні екологічні наслідки, зокрема зміну клімату та погіршення якості повітря в містах. Подальше зростання мобільності населення, урбанізація та розвиток логістики посилюють навантаження на довкілля, що зумовлює необхідність переходу до низьковуглецевих моделей транспорту [21].

## **1.2. Концепція кліматичної нейтральності: міжнародні стандарти та зобов'язання**

Концепція кліматичної нейтральності є одним із ключових напрямів сучасної екологічної політики, спрямованої на протидію глобальній зміні клімату. Вона передбачає досягнення балансу між обсягами викидів парникових газів та їх поглинанням природними або технологічними засобами. Такий підхід забезпечує мінімізацію негативного впливу антропогенної діяльності на кліматичну систему Землі.

Відповідно до підходів Міжурядова група експертів зі зміни клімату, досягнення кліматичної нейтральності можливе за умови комплексного поєднання таких заходів, як скорочення викидів, підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії та впровадження технологій уловлювання і зберігання вуглецю.

Уже багато країн у ЄС працюють над досягненням кліматичної нейтральності, однак не так багато тих, які вирішили досягти цієї цілі саме до

2030 року. Є і ті, які заявили про плани стати кліматично нейтральними в певних секторах економіки.

Щоб зміни відбувалися швидше і більш системно, ЄС якраз і вирішив запустити програму «Кліматична угода міста» (Climate City Contract), яка б охопила кількадесят міст, що спробують стати кліматично нейтральними вже до 2030 року. Програма містить всі ключові заходи для досягнення кліматичної нейтральності та способи їх реалізації. Зокрема, документ включає загальний план кліматичної нейтральності у всіх секторах (енергетика, житло, управління відходами, транспорт тощо), а також відповідні інвестиційні плани.

Також у грудні 2020 року було прийнято Стратегію сталої і розумної мобільності ЄС – це бачення розвитку міської та міжміської мобільності до 2050 року. Вона містить завдання зі скорочення викидів парникових газів від транспорту: розвиток громадського транспорту, мікромобільності, заміну залізницею авіаперельотів і автобусних міжміських сполучень, оптимізацію вантажних перевезень і створення транспортних хабів. У Стратегії не забули навіть про такі деталі, як, наприклад, негативний вплив на повітря від стирання покриттів авто.

Стратегія сталої та розумної мобільності ЄС рекомендує країнам та містам:

1. Розробляти плани розвитку велосипедної інфраструктури (програми, стратегії, концепції) і виконувати їх.
2. Пріоритизувати захист вразливих учасників дорожнього руху. Покращення і оновлення інфраструктури з високим ризиком має стати пріоритетом інвестицій в інфраструктуру.
3. Обладнати для пішоходів 100% довжини магістральних доріг у населених пунктах до 2030 року. А для велосипедистів – мінімум 50% довжини магістральних доріг у містах. Під “обладнанням” розуміється не лише тротуар чи велодоріжка, а і транспортні розв’язки, орієнтовані на пішоходів та

велосипедистів, мінімізація підземних пішохідних переходів на шляху, облаштування занижених бордюрів тощо.

4. Якісно збирати та аналізувати дані, вести розслідування ДТП за участі пішоходів та користувачів мікромобільних транспортних засобів.
5. Розробити путівники велосипедних маршрутів та заохочувати туристів подорожувати велосипедом.
6. Заохочувати поїздки на навчання/роботу мікромобільним транспортом, зокрема велосипедами.
7. Розвивати прокати мікромобільного транспорту, зокрема велосипедів.

Визначальну роль у формуванні міжнародної кліматичної політики відіграє Паризька кліматична угода, укладена в рамках Рамкова конвенція ООН про зміну клімату. Основною метою цієї угоди є утримання зростання середньої глобальної температури на рівні значно нижче 2°C порівняно з доіндустріальним періодом та докладання зусиль для обмеження цього показника до 1,5°C. Для цього країни-учасниці беруть на себе зобов'язання щодо поступового скорочення викидів парникових газів.

Важливе значення для досягнення кліматичної нейтральності мають міжнародні стандарти обліку та звітності про викиди парникових газів.

Зокрема, використовуються стандарти серії ISO 14064, що регламентують процедури моніторингу, звітності та верифікації даних.

На регіональному рівні вагомий внесок у формування політики кліматичної нейтральності здійснює Європейський Союз. У межах ініціативи «Європейський зелений курс» передбачено досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, а також скорочення викидів парникових газів щонайменше на 55% до 2030 року. Реалізація цих цілей супроводжується впровадженням механізмів вуглецевого регулювання, зокрема системи торгівлі викидами (EU ETS) [20].

Незважаючи на міжнародні зобов'язання, сучасні тенденції свідчать про складність досягнення кліматичної нейтральності. За останні роки глобальні

викиди парникових газів демонструють переважно зростаючу динаміку, а саме:

- У 2020 році спостерігалось тимчасове зниження викидів через пандемію COVID-19 (приблизно на 5%) [6].;
- Після цього відбулося швидке відновлення та зростання [6].;
- У 2024 році викиди досягли рекордного рівня — понад 52–57 Гт [6].;
- Транспортний сектор стабільно формує близько 15% глобальних викидів[29].

Аналіз глобальної динаміки викидів парникових газів дозволяє оцінити ефективність міжнародних заходів з декарбонізації економіки та транспортного сектору. Для визначення загальносвітових тенденцій доцільно розглянути зміну обсягів викидів CO<sub>2</sub> та темпів їх зростання протягом 2014–2024 років.

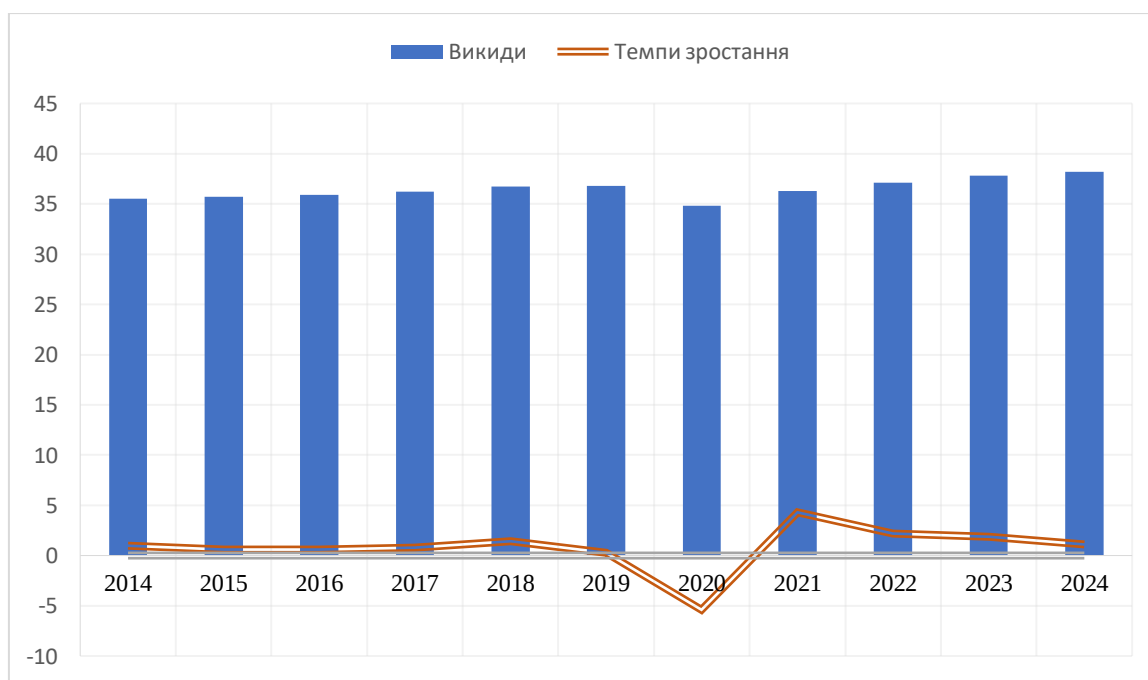


Рис. 1.1. Глобальні викиди CO<sub>2</sub>-викидів у 2014-2024 роках.

загальнених статистичних матеріалів щодо глобальних викидів CO<sub>2</sub>.

*\*побудовано автором з використанням [6]*

Як видно з рисунка 1.1, упродовж 2014–2024 років загальний обсяг глобальних викидів CO<sub>2</sub> демонстрував тенденцію до зростання. Винятком став 2020 рік, коли через пандемію COVID-19 відбулося різке скорочення економічної активності та транспортних перевезень, що спричинило зниження викидів на 5,4 %. Уже з 2021 року спостерігається відновлення економіки та повернення до зростання викидів. У 2024 році їх обсяг досяг близько 37,8 млрд т CO<sub>2</sub>, що свідчить про необхідність подальшого посилення заходів декарбонізації транспортного сектору та економіки загалом.

Україна, як учасник Паризької кліматичної угоди, також інтегрується у глобальну кліматичну політику. Держава взяла на себе зобов’язання щодо скорочення викидів парникових газів та адаптації економіки до принципів сталого розвитку. Важливими напрямками є гармонізація національного законодавства з європейськими нормами, розвиток відновлюваної енергетики, підвищення енергоефективності та модернізація промисловості. Хоча досягти виконання взятих зобов’язань у період війни надто важко [21].

Разом із тим, досягнення кліматичної нейтральності супроводжується низкою викликів, серед яких — значні фінансові витрати, технологічні обмеження, а також необхідність трансформації енергетичних і транспортних систем. Особливо актуальним є питання справедливого розподілу відповідальності між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються.

Таблиця 1.2

**Порівняння викидів парникових газів за регіонами (2020–2024 рр.) [6].**

| Рік  | ЄС, Гт | США, Гт | Китай, Гт | Україна, млн т |
|------|--------|---------|-----------|----------------|
| 2020 | ~3.7   | ~5.0    | ~14.7     | ~220           |
| 2021 | ~3.9   | ~5.3    | ~15.5     | ~230           |
| 2022 | ~3.8   | ~5.2    | ~15.8     | ~205           |
| 2023 | ~3.6   | ~5.1    | ~16.2     | ~180           |
| 2024 | ~3.5   | ~5.0    | ~16.5     | ~170           |

*\*побудовано автором з використанням даних [28,36,51]*

З даних таблиці визначаємо, що:

- Китай залишається країною з найбільшими показниками парникових газів у світі;
- ЄС демонструє стале скорочення викидів;
- США мають відносно стабільні показники;
- Україна показує зниження викидів, що частково пов'язано зі структурними змінами економіки та війною.

Отже, концепція кліматичної нейтральності базується на комплексі міжнародних стандартів і зобов'язань, які формують основу глобальної кліматичної політики. Її реалізація є необхідною умовою стабілізації клімату та забезпечення сталого розвитку світової спільноти.

### **1.3. Поняття та складові «екологізації» транспортної системи**

Екологізація – процес послідовного впровадження нової техніки і технології, нових форм організації виробництва, виконання управлінських та інших рішень, які дають змогу підвищити ефективність використання природних ресурсів з одночасним збереженням природного середовища та його поліпшення на різних рівнях [10].

До ключових напрямів належать електрифікація транспорту, використання альтернативних палив (біопаливо, водень), розвиток громадського транспорту, мікромобільності та цифрових рішень.

Різні науковці по-різному трактують поняття екологізації, однак усі визначення мають спільну мету — зменшення негативного впливу діяльності людини на навколишнє середовище. Так, В. Я. Шевчук та Н. Реймерс розглядають екологізацію як процес впровадження екологічних ідей та принципів у всі сфери суспільного життя. Є. Гірусов і Х. Маринов акцентують увагу на збереженні суспільства та забезпеченні його сталого розвитку. Т. Сафранов пов'язує екологізацію зі зменшенням негативного впливу

виробничих процесів, а С. Сухарев, С. Чундак і О. Сухарева наголошують на мінімізації відходів та впровадженні безвідходних технологій.

*Таблиця 1.3*

**Критичний аналіз підходів до визначення поняття «екологізація»**

| Автори                                     | Визначення                                                                                                                                                               | Основні акценти                       |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Шевчук В.Я                                 | процес проникнення ідей, знань, законів екології, екологічного мислення в інші сфери науки, виробництва, в життєдіяльність суспільства, держави.                         | впровадження в життя екологічних ідей |
| Н. Реймерс                                 | процес проникнення екологічних ідей у всі сфери суспільного життя, що розраховано на збереження можливості існування і розвитку поколінь людей в рамках законів природи. |                                       |
| Е. Гірусов,<br>Х. Маринов                  | умови збереження суспільства, що становить надзвичайно важливу парадигму сучасного етапу суспільного розвитку                                                            | умови збереження суспільства          |
| Т. Сафранов                                | зменшення інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва та споживання одиниці продукції.                                                                   | зменшення впливу процесів виробництва |
| С. Сухарев,<br>С. Чундак та<br>О. Сухарева | це наслідки мінімізації відходів, які об'єднують у такі напрями: нові безвідходні і мало відходні технології, регенерація відходів.                                      | мінімізація відходів                  |

*\*побудовано автором з використанням [30,31,32]*

Аналіз наукових підходів свідчить, що екологізація є комплексним процесом, який охоплює впровадження екологічних принципів у виробництво, транспорт, економіку та інші сфери діяльності людини. Основними її складовими є раціональне використання природних ресурсів, зниження рівня забруднення довкілля, мінімізація відходів та забезпечення умов сталого розвитку суспільства. Саме тому екологізація транспортної системи є важливим інструментом досягнення кліматичної нейтральності та покращення стану навколишнього середовища.

Важливим є також формування екологічної свідомості населення та стимулювання зміни поведінки користувачів транспортних послуг. Інтеграція різних видів транспорту, розвиток інфраструктури зарядних станцій та інтелектуальних транспортних систем сприяють зниженню викидів та підвищенню ефективності.

Серед пріоритетних напрямків для України в рамках ЄС - є екологізація транспорту. Це передбачає скорочення викидів парникових газів у секторі на 90%, збільшення частки сталих видів транспорту, таких як залізниця та внутрішній водний транспорт, посилення стандартів викидів забруднюючих речовин для транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння, а також розвиток інфраструктури для електромобілів. ЄС передбачає скорочення транспортних викидів на 90% до 2050 року, чому мають сприяти всі види транспорту (автомобільний, залізничний, водний та повітряний) [18].

Зменшення викидів забруднюючих речовин від автотранспорту (особливо в містах з високим трафіком, портових містах та громадах з аеропортами) матиме позитивний вплив на життя людей, які проживають на таких територіях. Використання екологічно чистих видів транспорту матиме ефект покращення якості повітря і водночас задоволення потреб населення у мобільності [19].

*Таблиця 1.4*

#### **Напрямки екологізації різних видів транспорту**

| Напрямки екологізації різних видів транспорту | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| залізничний транспорт                         | відмовитися від опалення пасажирських вагонів вугіллям;<br>збільшити частку пасажиро- та вантажоперевезень залізницею;<br>перевести наземні вантажні перевезення з автодоріг на залізницю;<br>здійснити повну модернізацію та вдосконалення застарілого тягово-рухомого складу залізничного транспорту. |
| водний транспорт                              | - обробка й управління відходами, що утворюються в портах;<br>- екологізація робіт з демонтажу та утилізації суден;<br>- зменшення випадків зіткнення морських суден з морськими тваринами, через обмеження швидкості суден залежно від часу й району, зміни судноплавних шляхів за часом і районом     |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| повітряний транспорт    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- будівництва захисних шумових бар'єрів з метою зменшення шкідливого впливу на населення та птахів і тварин;</li> <li>- робота над удосконаленням авіаційних двигунів, рулів та фюзеляжу літака для зменшення використання кількості палива;</li> <li>- роботи щодо екологічно «чистих» палив;</li> <li>- використання для живлення тягових електродвигунів сонячних батарей.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| автомобільний транспорт | <ul style="list-style-type: none"> <li>- збільшення кількості використання електромобілів;</li> <li>- перехід на біопаливо;</li> <li>- каршерінг (володіння автомобілем з іншою людиною), що сприятиме меншій кількості викидів в повітрі;</li> <li>- обладнання автобанів шумозахисними стінами</li> <li>- будівництво екодуків (екопереході) на автобанах задля зменшення загибелі диких тварин;</li> <li>- екологізація логістичних автомобільних потоків</li> <li>- підвищення екологічних норм (вік автомобіля, вихлопні гази);</li> <li>- розробка та впровадження системи утилізації старих автомобілів;</li> <li>- створення мережи для зарядки електромобілів;</li> <li>- сприяння розвитку вантажного транспорту з нульовими викидами.</li> </ul> |

*\*побудовано автором з використанням [5,8,16]*

Дані таблиці 1.4 свідчать, що екологізація транспортної системи потребує комплексного підходу та охоплює всі види транспорту. Для залізничного транспорту пріоритетними є електрифікація та модернізація рухомого складу. У водному транспорті основна увага приділяється зменшенню забруднення водних екосистем і належному управлінню відходами. Екологізація авіації спрямована на підвищення паливної ефективності та використання альтернативних джерел енергії. Найбільша кількість заходів передбачена для автомобільного транспорту, оскільки саме він є найбільшим джерелом транспортних викидів парникових газів. Реалізація зазначених заходів сприятиме скороченню негативного впливу транспорту на довкілля та наближенню до цілей кліматичної нейтральності.

Отже, екологізація транспортної галузі є важливою умовою зменшення негативного впливу транспорту на довкілля та здоров'я населення. Для залізничного транспорту основними напрямками є модернізація рухомого складу, відмова від використання вугілля та збільшення обсягів перевезень залізницею. У сфері водного транспорту важливими заходами є належне

управління відходами, екологічна утилізація суден та зменшення впливу судноплавства на морські екосистеми. Екологізація повітряного транспорту передбачає зниження шумового навантаження, підвищення паливної ефективності літаків і впровадження альтернативних джерел енергії. Для автомобільного транспорту пріоритетними є розвиток електромобілів, використання біопалива, удосконалення екологічних стандартів, створення інфраструктури для екологічного транспорту та зменшення впливу доріг на природні екосистеми. Комплексне впровадження цих заходів сприятиме скороченню викидів забруднювальних речовин, збереженню біорізноманіття та забезпеченню сталого розвитку транспортної системи.

## **Висновки до розділу 1**

У результаті проведеного теоретичного дослідження встановлено, що транспортна галузь є одним із ключових джерел викидів парникових газів, що суттєво впливає на зміну клімату. Транспорт відіграє ключову роль у нашому повсякденному житті, забезпечуючи необхідний рух вантажів та пасажирів.

Він сприяє економічному розвитку та грає важливу роль у логістиці виробництва і розподілу. Однак важливо враховувати, що його вплив на навколишнє середовище включає різні види забруднення повітря і води, шум, виснаження невідновлюваних ресурсів та деградацію ландшафту. Найбільшу частку викидів формує автомобільний транспорт, що зумовлено його широким використанням та залежністю від викопного палива.

Визначено, що концепція кліматичної нейтральності є стратегічним напрямом розвитку сучасного суспільства та передбачає досягнення балансу між викидами та їх поглинанням. Міжнародні ініціативи, зокрема Паризька угода та політика Європейського Союзу, визначають основні вимоги до трансформації транспортної системи.

З'ясовано, що екологізація транспорту включає впровадження інноваційних технологій, розвиток альтернативних видів палива, підвищення енергоефективності та зміну транспортної поведінки населення.

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ**

### **2.1. Нормативно-правове регулювання декарбонізації транспорту в Україні**

Транспортний сектор є одним із найбільших джерел забруднення та викидів парникових газів. Основною метою державної політики у цій сфері є скорочення викидів парникових газів, розвиток екологічно чистого транспорту та підвищення енергоефективності транспортного сектору. Нині український транспорт виділяє близько 10% усіх викидів парникових газів, але становить 71% загального споживання нафти в Україні [20].

Серед пріоритетних сфер для України у рамках Європейської зеленої угоди розглядається екологізація транспорту [21]. Багато дослідників вважають транспортний сектор досить складним для декарбонізації. Залежність від викопного палива, стійкість попиту, а також ефект блокування і фрагментарне управління часто наводяться як причини. Щоб досягти низьковуглецевого транспортного майбутнього, необхідно створювати законодавчу базу [20].

Нормативно-правове забезпечення екологізації транспортної галузі України на сучасному етапі перебуває у стані активної трансформації, що зумовлено двома ключовими факторами: зобов'язаннями в межах Паризької угоди та процесом адаптації національного законодавства до вимог Європейського Союзу.

Україна розділяє цілі Європейського зеленого курсу, якими є зелений перехід до кліматично нейтральної Європи до 2050 року, суттєве скорочення викидів парникових газів, декарбонізація вугільного сектору та економіки в цілому, управління відходами, збереження біорізноманіття, стала мобільність тощо. З цією метою постановою Кабінету Міністрів України №33 від 24 січня 2020 р. було утворено міжвідомчу робочу групу з питань координації

подолання наслідків зміни клімату в рамках ініціативи Європейської Комісії «Європейський зелений курс» [21].

Також постановою Кабінету Міністрів України № 265 від 24 березня 2021 р. утворено робочу групу для узгодження підходу щодо застосування до України механізму коригування вуглецю на кордоні для проведення консультацій з Європейською Комісією та затверджено положення про неї та її посадовий склад. 16 квітня 2021 року відбулося установче засідання робочої групи, за результатами якого було ухвалене рішення щодо продовження консультацій з Європейською Комісією стосовно запровадження в Україні системи торгівлі викидами парникових газів та її співвідношення з Європейською системою торгівлі викидами, враховуючи національні особливості, а також потенційний вплив механізму коригування вуглецю на кордоні (далі – СВМ) [20] .

Основним документом стратегічного планування є Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року «Drive Ukraine 2030». Вона визначає пріоритетом перехід на екологічно чистий транспорт, зокрема стимулювання використання електромобілів та заміну застарілого парку громадського транспорту на електричний та газовий [5].

Проте, з огляду на нові кліматичні виклики 2024–2026 років, стратегічні орієнтири були зміщені в бік повної декарбонізації. Також була розроблена Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року на виконання міжнародних зобов’язань України згідно з пунктом 19 Статті 4 Паризької угоди, пунктом 35 Рішення 1/СР.21 Конференції Сторін Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, а також на виконання розпоряджень Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2016 р. № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» та від 28 березня 2018 р. № 244-р «Про затвердження плану пріоритетних дій Уряду на 2018 рік» [33] .

Таким чином, Україна виконала свої міжнародні зобов'язання та увійшла до десятки країн-лідерів кліматичного процесу, що першими опублікували свої Стратегії низьковуглецевого розвитку [20].

Для регулювання декарбонізації в Україні прийнято ряд нормативно-правових документів таких як :

1. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (№ 377-IX від 12.12.2019, діє з 01.01.2021) встановлює правові основи для системи МЗВ, спрямованої на зменшення викидів, створення довіри до звітності та підготовку до впровадження системи торгівлі квотами. Закон зобов'язує суб'єктів господарювання моніторити та звітувати про викиди, а також передбачає обов'язкову верифікацію даних [4].

2. Розпорядження КМУ від 13.08.2024р. № 761-р, яким був затверджений Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та план заходів з його виконання, та визначає декарбонізацію економіки як пріоритет державної політики, а саме:

- розвиток відновлюваних джерел енергії до 17,2%;
- підвищення енергоефективності;
- інтеграцію з європейською політикою «зеленого переходу [14].

3. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту» від 04.06.2024 № 3769-IX, який передбачає обов'язкове використання біопалива у транспортному секторі. Закон встановлює критерії сталості біопалива та вимоги до суб'єктів господарювання, що сприяє зменшенню залежності від викопного палива [14].

3 травня 2023 року Президент України Володимир Зеленський підписав закон, який передбачав зміни до Бюджетного кодексу України та запровадження Державного фонду декарбонізації та енергоефективної трансформації [15].

Прийняте рішення – це знаковий крок, який підтверджує, що Україна дотримується глобального тренду декарбонізації. Вперше за багато років Україна запроваджує європейський принцип «забруднювач платить», як це передбачено Регламентом ЄС про управління Енергетичним Союзом і пом'якшення наслідків зміни клімату. Це означає, що кошти з податку на викиди CO<sub>2</sub> буде спрямовано саме на енергоефективні цілі. АТ «Фонд декарбонізації України» почало свою роботу з 1 січня 2024 року. Створений на базі змін до Бюджетного кодексу, що набули чинності 1 січня 2024 року, фонд функціонує як державна установа, що фінансує енергоефективні заходи, розвиток відновлюваних джерел енергії та декарбонізацію промисловості [15].

Основні завдання фонду:

- підтримка державних програм енергоефективності, альтернативних джерел енергії та декарбонізації;
- залучення міжнародних кредитних коштів та грантів для реалізації інвестиційних проєктів;
- надійна окупність і повернення іноземних інвестицій і фінансових зобов'язань [15].

Зміни в нормативно-правовій базі зобов'язують муніципалітети розробляти Плани сталої міської мобільності (ПСММ), де пріоритет надається пішохідному руху, велоінфраструктурі та електричному громадському транспорту над приватними автомобілями [5].

Плани сталої міської мобільності є лише в 13 громадах України (0,9%) [23].

За результатами дослідження Bike City Consulting, проведеного у 2024-2025 роках, лише 30,6% громад (449 з 1469 громад України) мають містопланувальні документи, які визначають розвиток велоінфраструктури [34].

На сьогодні документи обласного рівня, що передбачають розвиток вело руху, є лише в Київській, Закарпатській та Івано-Франківській областях [34].

Політика України у сфері декарбонізації транспорту значною мірою орієнтується на стандарти Європейський Союз, де:

- встановлюються жорсткі норми викидів CO<sub>2</sub> для транспорту;
- впроваджуються цілі щодо скорочення викидів до 2030–2040 років;
- активно розвивається електротранспорт та альтернативні види палива [16].

Це зумовлює необхідність гармонізації українського законодавства з європейськими нормами. Таким чином, правове регулювання в Україні рухається шляхом «м'якої» адаптації до стандартів ЄС, де основний акцент зміщується з обмежень на економічне стимулювання «зелених» інновацій [20].

Попри наявність законодавчої бази, існують певні проблеми:

- фрагментарність нормативних актів;
- недостатній рівень фінансування;
- повільне впровадження інноваційних технологій;
- залежність транспортного сектору від викопного палива;
- відсутність дієвих механізмів фінансової відповідальності за надмірні викиди CO<sub>2</sub> безпосередньо у транспортному секторі [7].

Отже, нормативно-правове регулювання декарбонізації транспорту в Україні перебуває на етапі активного формування та адаптації до європейських стандартів. Прийняття нових законів, розвиток стратегічних документів та впровадження економічних механізмів створюють передумови для зменшення викидів парникових газів у транспортному секторі. З часом має бути запроваджена ефективна схема оподаткування, що сприятиме поширенню малих та енергоефективних автомобілів.

Використовуючи жорсткіші правила реєстрації автомобілів, запроваджуючи контроль за обігом незареєстрованих автомобілів, розмитнення для імпортованих автомобілів та стандарти викидів для вже зареєстрованих автомобілів, можна було б поступово скоротити кількість старих автомобілів в українському автопарку.

Водночас ефективність цієї політики залежить від подальшої імплементації законодавства, інвестицій та технологічного розвитку.

## 2.2. Оцінка структури транспортного сектору та динаміки викидів

Транспорт виступає ключовим елементом економічного та соціального розвитку країни. Незважаючи на його важливість для економічного зростання, інтенсивне використання вуглеводневого палива в цьому секторі також призводить до серйозної, довгострокової шкоди навколишньому середовищу, зокрема глобальному потеплінню [29] .

З одного боку, транспортна діяльність підтримує зростаючі потреби в мобільності пасажирів і вантажів, а з іншого, транспортна діяльність пов'язана з впливом на навколишнє середовище, який може мати негативні наслідки.

Зараз транспортна галузь відповідає за практично 40% загального антропогенного забруднення довкілля, що перевищує вплив будь-якої іншої галузі промисловості. Його особливістю є стабільно високий рівень викидів та повільні темпи декарбонізації порівняно з іншими секторами економіки [16] .

Провідну роль у транспортній системі України відіграє автомобільний транспорт, який забезпечує більшу частину пасажирських перевезень і значну частку вантажообігу. Водночас залізничний транспорт залишається основним видом транспорту для перевезення масових вантажів на великі відстані [35] .

*Таблиця 2.1*

### Структура транспортного сектору України за видами транспорту

| Вид транспорту | Основні функції                                                 | Частка у вантажообігу, % | Частка у пасажирообігу, % | Рівень викидів |
|----------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Автомобільний  | Перевезення пасажирів і вантажів на короткі та середні відстані | 20                       | 85                        | Високий        |
| Залізничний    | Масові вантажні перевезення                                     | 55                       | 8                         | Низький        |

|                |                                          |    |    |              |
|----------------|------------------------------------------|----|----|--------------|
| Авіаційний     | Міжнародні та міжрегіональні перевезення | 1  | 3  | Високий      |
| Водний         | Перевезення великогабаритних вантажів    | 3  | <1 | Низький      |
| Трубопровідний | Транспортування нафти та газу            | 21 | –  | Дуже низький |

*\*побудовано автором з використанням даних [35, 5]*

Найбільшу роль у транспортній системі України відіграють автомобільний та залізничний види транспорту. Автомобільний транспорт забезпечує основну частину пасажирських перевезень і є найбільшим джерелом забруднення атмосферного повітря. Залізничний транспорт характеризується вищою енергоефективністю та нижчими питомими викидами завдяки значному рівню електрифікації.

Викиди парникових газів транспортного сектору формуються переважно внаслідок спалювання бензину, дизельного пального та інших видів викопного палива. Основним парниковим газом, що утворюється під час роботи транспортних засобів, є діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), який становить близько 75 % загального обсягу викидів парникових газів в Україні [28] .

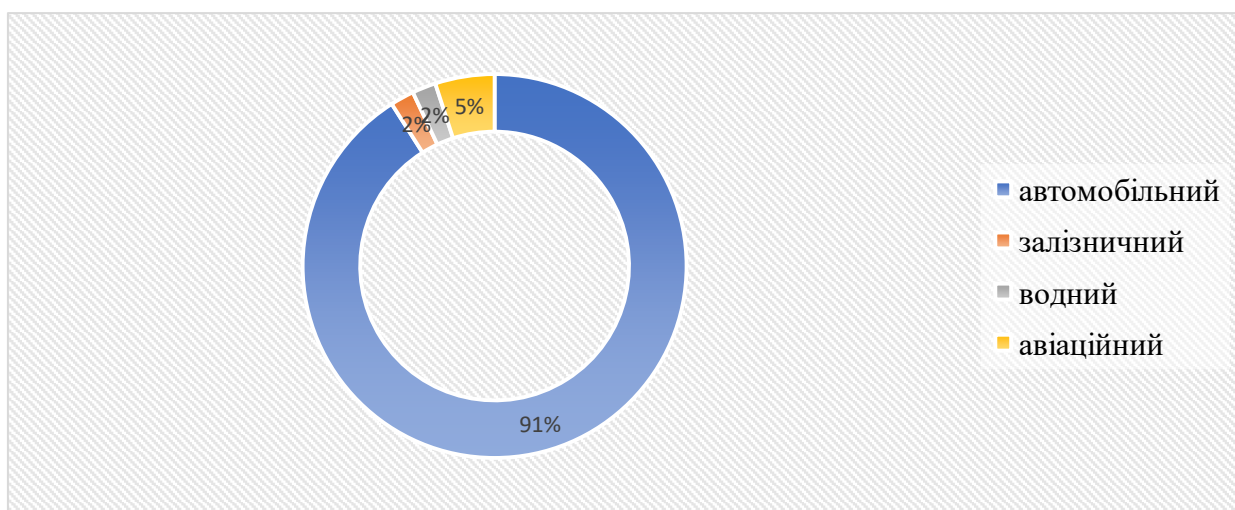


Рис. 2.1 – Структура транспортних викидів  $\text{CO}_2$  за видами транспорту за 2021р., %

*\*побудовано автором на основі [3]*

Як видно з рисунка 2.1, понад 90 % транспортних викидів припадає на автомобільний транспорт. Це пояснюється великою кількістю транспортних засобів та використанням переважно бензинових і дизельних двигунів. Автомобільний транспорт є основним джерелом викидів діоксиду вуглецю, оксидів азоту та дрібнодисперсних частинок.

Частка авіаційного транспорту становить близько 5 %. Незважаючи на порівняно невелику кількість перевезень, авіація характеризується високою енергоємністю та значними викидами парникових газів у розрахунку на одного пасажирів. Тому її внесок у забруднення довкілля є суттєвим порівняно з іншими видами транспорту.

Залізничний та водний транспорт мають найменший вплив на атмосферне повітря — по 2 % від загального обсягу транспортних викидів. Це пов'язано з вищою енергоефективністю перевезень, можливістю транспортування значних обсягів вантажів з меншими витратами палива та нижчими питомими викидами забруднюючих речовин. Водний транспорт вважається одним із найбільш екологічних видів транспорту, а залізничний транспорт забезпечує значний обсяг перевезень за відносно низького рівня викидів.

Автомобільні транспортні засоби викидають понад 200 різних речовин у повітря, включаючи чадний газ, вуглекислий газ, оксиди азоту та сірки, альдегіди, свинець, кадмій і групу канцерогенних вуглеводнів, таких як бензопірен і бензоантроцен [8].

Застосування етилованого бензину призводить до забруднення атмосферного повітря токсичними сполуками свинцю.

Крім того, транспорт виступає як основний джерело викидів діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) в результаті згорання пального.

Шкідливі речовини, викидані транспортними засобами, потрапляють в повітря через вихлопні гази, випари з паливних систем і під час заправки паливом.

Дизельні двигуни викидають дуже багато сажі, яка утворюється як продукт згорання палива.

Тому автомобільний транспорт варто віднести до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей.

Прямими джерелами викидів забруднюючих речовин від діяльності залізничного транспорту є: рухомий склад; вантажні вагони, завантажені будівельними матеріалами; вантажні вагони з токсичними та пилоутворюючими вантажами, нафтопродуктами; пасажирські вагони з пічним опаленням; опалювальні установки; локомотиворемонтні майстерні; промисловий залізничний транспорт. Тому більше половини вантажних і пасажирських перевезень все ще супроводжується високим рівнем забруднення навколишнього середовища через застарілий рухомий склад, що працює на двигунах внутрішнього згорання [17].

Морський (річковий) транспорт також має значний вплив на якість довкілля.

Судна також генерують великі обсяги відходів, що створює значне навантаження на морське (річкове) середовище. Відсутність належних споруд для прийому судових відходів становить серйозну проблему для портів і власників суден.

Річкова навігація охоплює майже всі регіони України і має потенціал для майбутнього зростання. Однак при експлуатації важливо враховувати екологічні аспекти та мінімізувати забруднення води нафтою, відходами харчування, сміттям тощо [29] .

Екологічні проблеми в авіації пов'язані з факторами несприятливого впливу авіації на навколишнє середовище. Шум від двигунів та викиди від авіації, відбуваються через використання палива для реактивних двигунів (гасу) і авіаційного бензину (для поршневих двигунів), які використовуються в якості палива для повітряних суден.

Нині український транспорт виділяє близько 10% усіх викидів парникових газів. Найбільш вираженою зміною є збільшення частки викидів автомобільних транспортних засобів [20] .

Динаміка викидів транспортного сектору України протягом останніх десятиліть характеризувалася значними коливаннями. Після різкого скорочення економічної активності у 1990-х роках спостерігалось суттєве зменшення обсягів викидів. У період економічного зростання 2000–2013 рр. транспортна активність зростає, що спричинило збільшення споживання пального та відповідно викидів парникових газів. Починаючи з 2014 року, а особливо після повномасштабного вторгнення у 2022 році, структура транспортних перевезень зазнала суттєвих змін через руйнування інфраструктури, скорочення економічної діяльності та зміну логістичних маршрутів.

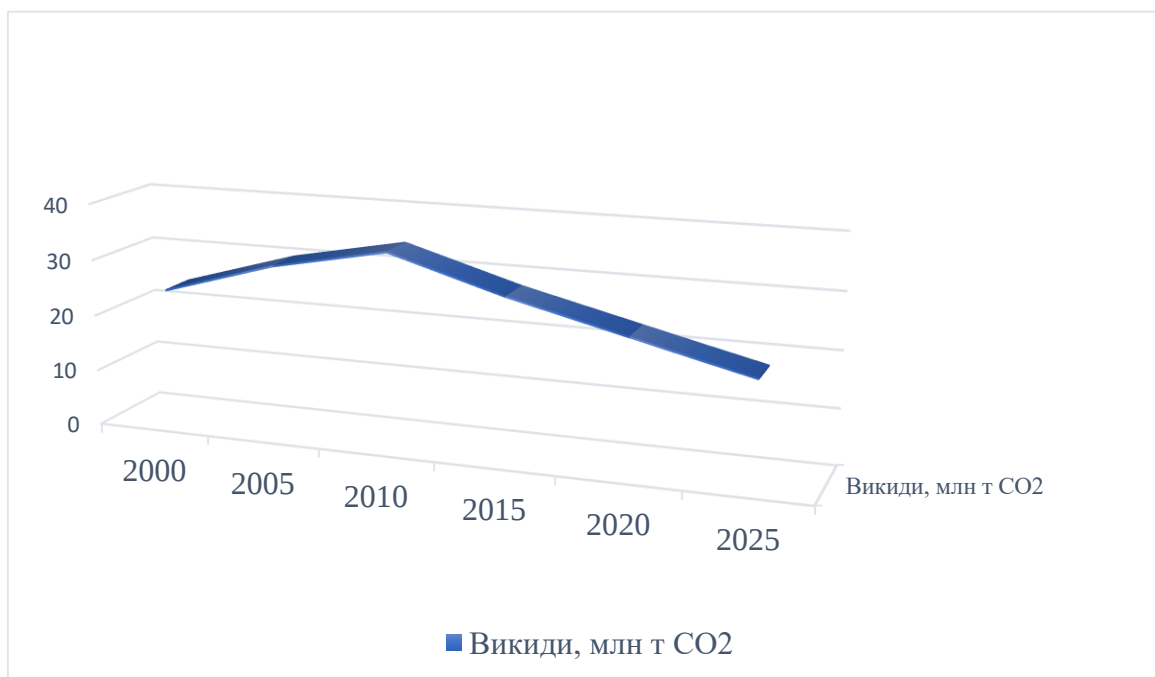


Рис. 2.2 – Динаміка викидів CO<sub>2</sub> транспортного сектору України у 2000–2025 рр., млн т

*\*побудовано автором на основі [3,5,7,36].*

Аналіз даних показує, що найбільший рівень викидів спостерігався у 2010 році, коли транспортна активність та споживання пального досягли високих показників. Після 2014 року відбулося поступове скорочення викидів через зменшення обсягів перевезень, оновлення транспортних засобів та підвищення енергоефективності. Після 2022 року додатковий вплив на скорочення викидів справили зміни в економічній діяльності та транспортній інфраструктурі [26] .

Враховуючи взаємозв'язок між транспортною діяльністю та екологічним навантаженням, можна побачити залежність обсягів викидів діоксиду вуглецю від обсягів транспортних перевезень. Такий аналіз дозволяє визначити, наскільки зміни інтенсивності перевезень впливають на формування викидів парникових газів у транспортному секторі України.

### **2.3. Порівняльний аналіз екологічності різних видів транспорту (автомобільний, залізничний, авіаційний)**

У сучасних умовах декарбонізації економіки важливого значення набуває оцінка екологічності різних видів транспорту. Основним критерієм такого аналізу є обсяг викидів парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, на одиницю перевезення (пасажиро-кілометр або тонно-кілометр) [29].

Для об'єктивного порівняння екологічності транспортних систем у роботі використано метод порівняння питомих викидів CO<sub>2</sub> на одиницю транспортної роботи. Це дозволяє нівелювати різницю в масштабах перевезень і оцінити реальний «кліматичний кошт» одного пасажиро-кілометра (пас-км) або тонно-кілометра (т-км).

Для більш повної оцінки екологічності транспортних систем доцільно порівняти питомі викиди CO<sub>2</sub> різних видів транспорту в Україні та країнах Європейського Союзу. Таке порівняння дозволяє визначити рівень

відповідності вітчизняного транспортного сектору сучасним європейським екологічним стандартам (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Порівняння середніх питомих викидів CO<sub>2</sub> різних видів транспорту в Україні та ЄС за 2019-2024 рр.**

| Вид транспорту      | Україна, г CO <sub>2</sub> /пас-км | ЄС, г CO <sub>2</sub> /пас-км | Рівень екологічності |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Залізничний         | 14–28                              | 14–35                         | Високий              |
| Автобусний          | 68–105                             | 68–95                         | Середній             |
| Легковий автомобіль | 120–180                            | 95–140                        | Низький              |
| Авіаційний          | 160–250                            | 150–230                       | Дуже низький         |

*\*побудовано автором з використанням [38, 29, 42]*

Дані таблиці 2.1 свідчать, що найбільш екологічним видом транспорту як в Україні, так і в країнах ЄС залишається залізничний транспорт, питомі викиди якого є найнижчими. Найвищі показники викидів характерні для авіаційного та автомобільного транспорту. Водночас значення питомих викидів в Україні дещо перевищують середньоєвропейські показники, що пояснюється високою часткою застарілого рухомого складу та недостатнім рівнем впровадження сучасних енергоефективних технологій.

Залізничний транспорт за всіма теоретичними та практичними показниками є найбільш екологічним видом магістрального сполучення. Завдяки низькому коефіцієнту опору коченню «сталь по сталі» та високому рівню електрифікації (в Україні понад 45% мережі, що забезпечує 85% вантажообігу), питомі викиди CO<sub>2</sub> тут є мінімальними. У середньому залізничний транспорт виділяє лише 14–28 г CO<sub>2</sub> на пас-км, що у 5-8 разів менше, ніж приватний автомобіль [5].

Проте в Україні більше половини вантажних і пасажирських перевезень все ще супроводжується високим рівнем забруднення навколишнього середовища через застарілий рухомий склад, що працює на двигунах внутрішнього згоряння. Згідно зі статистикою Міністерства інфраструктури України (станом на 2021 рік) парк електровозів «Укрзалізниці» перевищує

1590 одиниць, а кількість тепловозів перевищує 1960 одиниць (середній термін служби локомотивів - 40 років) [43].

Якщо локомотив правильно спалює дизельне паливо, в атмосферу потрапляють такі забруднюючі речовини, як оксид вуглецю, оксиди азоту та сажа. При перевезенні та перевантаженні вантажів з вагонів у навколишнє середовище потрапляє понад 3,3 млн т руди, 15 тис. т солей та 36 тис. т мінеральних добрив за рік [43].

АТ "Укрзалізниця" працює над модернізацією свого парку та планує отримати перший електровоз Alstom UA8AC у першому кварталі 2027 року. В АТ «Укрзалізниця» підкреслюють: модернізація дасть змогу скоротити операційні витрати більш ніж на 30 %, а також відмовитися приблизно від 80 застарілих машин, які давно вичерпали ресурс. Загалом до кінця 2029 року компанія розраховує на постачання 55 таких локомотивів, які мають стати базою оновленого парку вантажних електровозів. Також "Укрзалізниця" долучилась до проєкту децентралізованої газової генерації. Частину обладнання потужністю 40 МВт уже доставлено, ще 160 МВт проходять процедури постачання в межах тендера за правилами ЄБРР. Нові вантажні електровози на базі платформи Alstom Traxx Hauler стануть першими в Україні європейськими локомотивами, що можуть працювати від двох типів живлення [44] .

Через війну залізнична інфраструктура зазнала значних втрат. За даними профільного міністерства, від початку повномасштабного вторгнення Росії пошкоджено понад 400 локомотивів, з яких близько 50 не підлягають відновленню. Лише за перший квартал 2026 року зафіксовано 81 пошкоджений тепловоз, а загальна динаміка втрат залишається високою [45] .

Залізниця продовжує працювати над проєктами оновлення, а співпраця з міжнародними партнерами забезпечує технологічну та фінансову підтримку, необхідну для майбутніх етапів розвитку [45] .

Одним із ключових чинників зниження викидів парникових газів у транспортному секторі є рівень електрифікації залізничної мережі. Чим вища частка електрифікованих колій, тим менша залежність транспорту від викопного палива та нижчий рівень викидів CO<sub>2</sub>. Для оцінки позиції України порівняно з європейськими країнами проведено відповідний аналіз, результати якого наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

**Рівень електрифікації залізничних мереж України та окремих країн Європи за 2024 рік**

| Країна     | Частка електрифікованих залізниць, % |
|------------|--------------------------------------|
| Швейцарія  | 100                                  |
| Люксембург | 97                                   |
| Бельгія    | 88                                   |
| Італія     | 72                                   |
| Німеччина  | 62                                   |
| Франція    | 58                                   |
| Україна    | 47                                   |
| Польща     | 64                                   |

*\*побудовано автором з використанням [5, 40, 41]*

Як видно з таблиці 2.2, рівень електрифікації залізниць в Україні становить близько 47 %, що є нижчим за показники більшості розвинених європейських держав. Лідерами є Швейцарія, Люксембург та Бельгія, де частка електрифікованих колій перевищує 85–100%. Це свідчить про необхідність подальшої модернізації залізничної інфраструктури України як важливого інструменту декарбонізації транспортного сектору.

Україна має відносно високий рівень електрифікації залізничної мережі порівняно з окремими країнами Центральної та Східної Європи, однак поступається державам Західної Європи. Подальше розширення

електрифікованих ділянок сприятиме скороченню викидів CO<sub>2</sub> та підвищенню енергоефективності залізничного транспорту [5].

Автомобільний транспорт є найбільш поширеним і водночас одним із найменш екологічних видів транспорту. Особливо велика кількість токсичних речовин викидається під час руху з невеликою швидкістю, на перехрестях та зупинках перед світлофором .

Наприклад, при великій швидкості бензиновий двигун викидає в атмосферу 0,05% вуглеводів і 0,98% оксиду вуглецю від загального викиду. У той час, коли автомобіль рухається повільно, ці показники становлять вже 5,1% та 13,8% відповідно[29].

Токсичні викиди внутрішнього згорання включають гази та пари палива, що поступають в атмосферу з карбюратора і паливного бака.

Приблизно 70% свинцю, який додається до бензина з етиловою рідиною, потрапляє в 10 атмосферу у вигляді сполук разом із відпрацьованими газами двигуна. З цієї кількості, 30% осідає на землі відразу ж після вихлопу автомобіля, а 40% залишається у повітрі [29].

Автомобільний транспорт викидає найбільше викидів діоксиду вуглецю.

Це сприяє парниковому ефекту, яке проявляється у тому, що енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні Землі, утримується молекулами різних газів в атмосфері, що призводить до підвищення температури поверхні. Два основні наслідки парникового ефекту, найбільш негативні для людства, включають збільшення посух та підйом рівня Світового океану.

Сажа, яка викидається через згорання палива в дизельних двигунах містить у собі канцерогенні речовини та мікроелементи, викид яких в атмосферу просто недопустимий. Вихлопні гази накопичуються у нижніх шарах атмосфери, тобто шкідливі речовини знаходяться в зоні дихання людини[29].

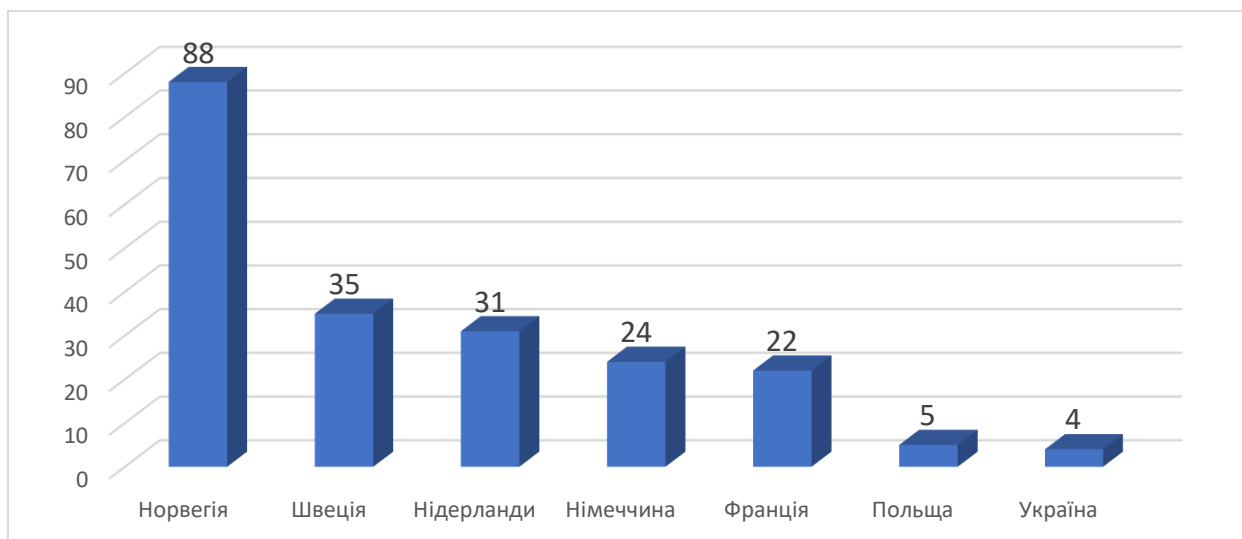
Тому автомобільний транспорт варто віднести до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей.

Зростаюче занепокоєння щодо викидів та прагнення мінімізувати вплив транспорту на клімат стимулюють широке застосування інноваційних технологій. Виробники активно впроваджують електричні та гібридні системи, спрямовані на зниження шкідливих викидів та зменшення екологічного сліду автотранспорту.

Системний підхід до законодавчого регулювання є важливим кроком для сталого впровадження електромобілів. Перехід на електромобілі може суттєво скоротити рівень викидів CO<sub>2</sub> у великих містах. За дослідженням Міжнародного енергетичного агентства (IEA), використання електромобілів дозволяє знизити викиди CO<sub>2</sub> на 50-70% у порівнянні з традиційними автомобілями на бензині чи дизелі, за умови використання екологічно чистої електроенергії для їх зарядки [37].

Україна, попри війну, не залишається осторонь від загальносвітових трендів впровадження електромобілів. Навіть у цей важкий період українське суспільство та бізнес демонструють зацікавленість у переході на електротранспорт, що допомагає країні зменшити залежність від викопного палива, зокрема імпортованих нафтопродуктів[39] .

Важливим показником екологізації автомобільного транспорту є поширення електромобілів. Зростання їх частки сприяє скороченню споживання викопного палива та зменшенню обсягів викидів парникових газів. Для оцінки рівня розвитку електромобільності в Україні проведено порівняння з окремими країнами Європи (рис. 2.3).



**Рис. 2.3. Частка електромобілів у загальній кількості легкових автомобілів за 2024 рік, %**

*\*побудовано автором з використанням [37, 39]*

Аналіз даних рис. 2.3 показує, що рівень поширення електромобілів в Україні поки що залишається значно нижчим порівняно з країнами-лідерами Європи. Найвищі показники спостерігаються у Норвегії, де електромобілі становлять переважну частину нових реєстрацій транспортних засобів. В Україні частка електромобілів поступово зростає, однак її подальше збільшення потребує розвитку зарядної інфраструктури, державної підтримки та стимулювання попиту на екологічний транспорт.

Попри обмежені ресурси через війну, Україна активно інтегрує інноваційні технології та розвиває екологічну свідомість населення. За оцінками фахівців, після війни країна має великий потенціал стати лідером у використанні чистих технологій, включаючи електротранспорт, особливо в контексті післявоєнного відновлення економіки.

Незважаючи на численні переваги електромобілів, їхнє масове впровадження в Україні стикається з кількома викликами, зокрема через війну. Перш за все, бойові дії та руйнування інфраструктури, зокрема електромереж, значно ускладнюють розвиток зарядних станцій, необхідних для ефективної експлуатації електротранспорту.

Сучасна автомобільна індустрія пропонує кілька різновидів транспортних засобів, які спрямовані на зниження рівня викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин. Основними категоріями таких автомобілів є повністю електричні, гібриди, плагін-гібриди, моделі зі збільшеним запасом ходу та водневі автомобілі. Кожен з цих видів має свої особливості та внесок у зменшення викидів і покращення екологічної ситуації[29].

Авіаційний транспорт є найбільш критичним з точки зору кліматичного впливу на великих відстанях. Окрім прямої емісії CO<sub>2</sub> (близько 160–250 г на пас-км), авіація здійснює викиди у верхніх шарах тропосфери, що створює додатковий радіаційний вплив через конденсаційні сліди. Показник «вуглецевої інтенсивності» авіації у 10–15 разів перевищує показники залізниці [29].

При використанні палива в авіації (гасу та авіаційного бензину), основними забруднюючими речовинами є ті, які виникають в результаті спалювання (CO, CO<sub>2</sub>, вуглеводні і оксиди азоту, а також викиди SO<sub>2</sub>, які залежать від рівня сірки в паливі). Іншими шкідливими речовинами, які виділяються у відносно невеликих концентраціях, є N<sub>2</sub>O і CH<sub>4</sub> [42].

На цей час стан повітряного транспорту в Україні невтішний, через війну, більше ніж два роки авіасполучення з усім світом відсутнє, але у час коли повітряний транспорт був у активному використанні його основними проблемами в Україні був застарілий парк літаків, фактична відсутність внутрішньодержавних перевезень, невідповідність технічних та екологічних можливостей аеропортів України сучасним міжнародним вимогам [45].

Для наочності порівняльного аналізу складено таблицю 2.4, що базується на інтегральних показниках екологічності.

Таблиця 2.4

### **Порівняння видів транспорту за екологічними критеріями**

| Критерій оцінки                           | Залізничний        | Автомобільний | Авіаційний   |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------|--------------|
| Питомі викиди CO <sub>2</sub><br>(пас-км) | Низький            | Високий       | Дуже високий |
| Енергоефективність (МДж/км)               | Висока             | Середня       | Низька       |
| Вплив на здоров'я (шум, смог)             | Локальний          | Високий       | Мінімальний  |
| Можливість декарбонізації                 | Висока (електрика) | Середня       | Низька       |

*\*побудовано автором з використанням [5, 28, 29; 38]*

Порівняльний аналіз доводить, що стратегія досягнення кліматичної нейтральності в Україні має базуватися на принципі «Shift» (Переорієнтація): максимальне переведення пасажирських та вантажних потоків з авіації та автошляхів на залізницю. При цьому автомобільний транспорт має пройти шлях повної електрифікації для вирішення проблем екології у міському середовищі. Електромобілі відіграють важливу роль у боротьбі зі зміною клімату, особливо в умовах великих міських агломерацій, де проблема забруднення повітря стоїть дуже гостро. Впровадження електротранспорту в Україні, навіть під час війни, є значним кроком на шляху до екологічної модернізації.

Технологічні інновації, державна підтримка та післявоєнна відбудова створять умови для активного поширення електромобілів та зниження рівня викидів CO<sub>2</sub>, що допоможе покращити екологічну ситуацію та здоров'я населення.

## Висновки до розділу 2

Структура транспортного сектору України та динаміка викидів забруднюючих речовин і парникових газів показує, що транспорт залишається одним із найбільших джерел антропогенного впливу на навколишнє природне середовище. У структурі транспортних перевезень провідне місце займають автомобільний та залізничний транспорт, при цьому найбільший негативний вплив на атмосферне повітря здійснює саме автомобільний транспорт.

Негативні наслідки викидів від автомобілів включають підвищення рівня моря, зміни в кліматичних умовах, танення льодовиків, забруднення повітря і води, шум, виснаження невідновлюваних ресурсів та деградацію ландшафту.

Аналіз динаміки викидів транспортного сектору України свідчить про наявність тісного взаємозв'язку між обсягами транспортної активності та рівнем викидів діоксиду вуглецю. Так, у структурі транспортних викидів понад 90% припадає на автомобільний транспорт, тоді як частка авіаційного становить близько 5%, а залізничного та водного — приблизно по 2%. Це прямо відображає домінування автомобільних перевезень, які забезпечують близько 85% пасажирообігу та 20% вантажообігу, що робить їх основним джерелом викидів.

Динаміка також демонструє змінний характер: у 2010 році зафіксовано максимальні обсяги викидів транспортного сектору, тоді як після 2014 року відбулося поступове зниження через скорочення перевезень і структурні зміни в економіці. Після 2022 року падіння транспортної активності, пов'язане з воєнними діями та руйнуванням інфраструктури, додатково посилює тенденцію до скорочення викидів.

Порівняльний аналіз показує, що різниця між видами транспорту є суттєвою: автомобільний транспорт має питомі викиди 120–180 г CO<sub>2</sub>/пас-км, авіаційний — 160–250 г CO<sub>2</sub>/пас-км, тоді як залізничний — лише 14–28 г

CO<sub>2</sub>/пас-км. Таким чином, авіація генерує у 10–15 разів більше викидів на одиницю перевезення, ніж залізниця.

Аналіз динаміки викидів засвідчив наявність тісного взаємозв'язку між обсягами транспортних перевезень та рівнем викидів діоксиду вуглецю: зі зростанням транспортної активності обсяги викидів збільшуються, а зі зменшенням перевезень — скорочуються.

Впровадження сучасних екологічних технологій, оновлення транспортного парку, розвиток електротранспорту та підвищення частки залізничних перевезень сприяють зменшенню екологічного навантаження на довкілля. В умовах реалізації міжнародних кліматичних зобов'язань України особливої актуальності набувають заходи, спрямовані на декарбонізацію транспортного сектору та підвищення його енергоефективності.

Використання більш паливоекономічних двигунів та технологій, таких як гібридні і електричні системи, може знизити споживання пального та викиди CO<sub>2</sub>.

Для автомобілів можна використовувати альтернативні джерела пального, такі як електроенергія, водневе пальне або біопаливо.

Деякі вантажі можуть бути перевезені іншими видами транспорту, такими як залізниця, водний транспорт або повітряний транспорт, які можуть бути більш ефективними та менше забруднювати довкілля.

Таким чином, подальший розвиток транспортної галузі має базуватися на принципах сталого розвитку, що передбачають збалансоване поєднання економічної ефективності транспортних перевезень із мінімізацією негативного впливу на довкілля та здоров'я населення. Це дозволить забезпечити зниження викидів парникових газів, покращення якості атмосферного повітря та досягнення екологічних цілей України в контексті європейської інтеграції.

## **РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ ТА СТРАТЕГІЇ ДОСЯГНЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРУ**

### **3.1. Впровадження технологічних інновацій в транспортній галузі: зарубіжний досвід**

У сучасних умовах загострення кліматичних проблем одним із ключових напрямів досягнення кліматичної нейтральності є впровадження інноваційних технологій у транспортному секторі. Розвинені країни активно реалізують стратегії декарбонізації транспорту шляхом переходу на екологічно чисті технології, підвищення енергоефективності та цифровізації транспортних систем [29].

Восени 2021 року Євросоюз оголосив про старт програми Місія ЄС: Кліматично нейтральні та розумні міста (EUMission: Climate-NeutralandSmartCities). Мета програми — надати підтримку понад ста містам (з яких сто саме в межах ЄС), щоб до 2030 року вони досягли кліматичної нейтральності. Вони будуть експериментальними та інноваційними майданчиками, а їхній досвід планують використовувати в інших містах Євросоюзу[38].

Транспортна галузь є ключовою складовою майже всіх галузей економіки, оскільки вона частково або повністю інтегрована в них. Ступінь цієї інтеграції визначається галузевими особливостями, тому інновації у транспортній сфері так чи інакше впливають на основні елементи всіх економічних процесів.

Одним із найбільш ефективних напрямів впровадження технологічних інновацій є розвиток електротранспорту. У країнах Європейського Союзу та Китаї спостерігається стрімке зростання використання електромобілів, що дозволяє значно скоротити викиди CO<sub>2</sub>.

Політика Європейського Союзу передбачає заборону продажу нових автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння після 2035 року, розвиток

мережі зарядної інфраструктури, різні пільги та фінансові стимули для споживачів[29] .

У Норвегії частка електромобілів у продажах нових авто перевищує 80%, що є одним із найкращих показників у світі [37].

Окрім електрифікації, важливим напрямом є впровадження альтернативних видів палива:

- водень (водневі паливні елементи);
- біопаливо;
- синтетичне паливо (e-fuels).

Наприклад, у Японії активно розвивається водневий транспорт, зокрема автомобілі на паливних елементах, такі як Toyota Mirai [37].

Автомобіль є джерелом великої кількості відходів у вигляді зношених шин, акумуляторів, агрегатних вузлів та зношених корпусів автомобіля. За міжнародними нормами допустимий термін експлуатації легкових автомобілів становить 10 років, після чого вони мають спрямовуватись на переробку. Ресурс пробігу кожної шини становить 40 тис. км., після чого вона виводиться з подальшої експлуатації. У зарубіжних країнах відходи автомобіля переробляються, утилізуються та ліквідуються за складними технологіями залежно від виду та морфології відходів. Планується до 2027 року досягти максимального рециклінгу матеріалів та ступеня утилізації відходів до 80% загальної маси автомобіля[32].

У багатьох країнах впроваджуються інновації у сфері громадського транспорту:

- електробуси;
- трамваї нового покоління;
- високошвидкісні залізниці[23] .

Китай є світовим лідером у розвитку швидкісних залізниць, що дозволяє зменшити навантаження на авіаційний транспорт і скоротити викиди[40] .

З метою досягнення цілей стабільного розвитку, побудови єдиної європейської транспортної мережі та зміцнення конкурентної переваги на ринку, необхідно впроваджуються заходи, спрямовані на ефективне управління ресурсами транспортних та логістичних компаній. Одним з ключових засобів досягнення даних цілей є впровадження цифрових технологій (діджиталізація) [22].

Згідно з проведеними дослідженнями компанією PwC, 54% представників глобальних транспортних компаній очікують зростання доходів завдяки діджиталізації. Крім того, 16% розраховують на збільшення прибутку, а 11% сподіваються на поліпшення задоволеності клієнтів. Використання цифрових інструментів може сприяти створенню конкурентних переваг, приверненню нових клієнтів і збереженню існуючих у транспортній галузі. Цифрові технології також сприяють розвитку мультимодальних транспортних систем і стимулюють впровадження інновацій [25].

Цифровізація транспорту відіграє важливу роль у зниженні викидів [22]:

- оптимізація транспортних потоків;
- зменшення заторів;
- впровадження «розумних» світлофорів;
- розвиток автономного транспорту.

Такі системи активно впроваджуються у містах Європи, США та Південної Кореї [38].

Шляхи розвитку цифрового транспорту включають оптимізацію логістичних процесів, вдосконалення вантажних перевезень та полегшення взаємодії між різними галузями економіки.

Технологічні інновації, в тому числі штучного інтелекту стосуються не лише силових агрегатів, а й ефективності управління потоками, наприклад а Big Data для оптимізації маршрутів у реальному часі.

Сінгапур використовує адаптивні системи керування світлофорами, що знижують час перебування авто в заторах (і відповідно викиди) на 20-25%[38].

Концепція «Mobility-as-a-Service» (MaaS) у Фінляндії дозволяє через один додаток комбінувати різні види транспорту, стимулюючи відмову від власного авто [29].

Інновації в авіаційному секторі направлені на енергоємність перевезень і залежність від рідкого палива. За оцінками Міжнародної організація цивільної авіації, частка авіації у глобальних викидах CO<sub>2</sub> становить близько 2–3%, але її вплив є ширшим через додаткові атмосферні ефекти [28]. Тому впровадження нових технологій направлене на:

- використання стійкого авіаційного палива (SAF), яке виробляється з біологічних або синтетичних джерел і дозволяє скоротити викиди CO<sub>2</sub> до 70–80% порівняно з традиційним паливом;
- на розробку нових моделей літаків із електричними або гібридними двигунами. Наприклад, компанія Airbus реалізує концепцію ZEROe — водневих літаків майбутнього;
- на використання водню як палива, що дозволяє практично усунути викиди CO<sub>2</sub>. Однак ця технологія потребує значної модернізації інфраструктури;
- на підвищення ефективності літаків, завдяки покращенню аеродинаміки, зменшенню ваги та оптимізації маршрутів польотів[42] .

Морський транспорт є основою світової торгівлі, але водночас генерує значні обсяги викидів, зокрема CO<sub>2</sub>, оксидів сірки та азоту. Регулювання цієї сфери здійснює Міжнародна морська організація [6].

Основні напрями інновацій в морській галузі є використання альтернативного виду палива таких як, зріджений природний газ, аміак, водень та біопаливо.

Ці види пали дозволяють значно знизити рівень викидів.

Також важливу роль відіграє електрифікація суден для коротких маршрутів, що повністю усувають викиди під час експлуатації[38].

Таблиця 3.1

**Основні інновації у транспортному секторі (зарубіжний досвід)**

| Напрямок                 | Технологія          | Країни-лідери                 | Екологічний ефект                |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Електротранспорт         | Електромобілі       | Норвегія,<br>Німеччина, Китай | Зменшення CO <sub>2</sub>        |
| Водневий транспорт       | Паливні<br>елементи | Японія, Південна<br>Корея     | Відсутність шкідливих<br>викидів |
| Залізничний<br>транспорт | Швидкісні<br>поїзди | Китай, Франція                | Низькі викиди                    |
| Авіація                  | Біопаливо           | США, ЄС                       | Часткове скорочення<br>викидів   |
| ITS                      | Розумні<br>системи  | ЄС, США                       | Зменшення заторів                |

*\*побудовано автором з використанням [16, 29, 38, 37]*

Аналіз таблиці 3.1 показує, що сучасні технологічні рішення охоплюють як технічні, так і організаційні аспекти декарбонізації транспорту.

Насамперед варто відзначити, що електротранспорт є одним із найбільш розвинених напрямів екологізації. Лідерами у впровадженні електромобілів виступають Норвегія, Німеччина та Китай, де завдяки державній підтримці та розвиненій інфраструктурі досягнуто значного скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Це свідчить про високу ефективність електрифікації як інструменту декарбонізації.

Водневий транспорт є перспективним, але менш поширеним напрямом. Країни, такі як Японія та Південна Корея, активно інвестують у розвиток паливних елементів, що забезпечують практично повну відсутність шкідливих викидів. Проте широке впровадження цієї технології обмежується високою вартістю та недостатньо розвиненою інфраструктурою[37].

У сфері залізничного транспорту особливе значення має розвиток швидкісних поїздів, які є енергоефективною альтернативою автомобільним та авіаційним перевезенням. Китай і Франція демонструють успішні приклади

впровадження таких технологій, що дозволяє значно зменшити рівень викидів[40].

Авіаційний транспорт, навпаки, залишається складним для декарбонізації сектором. Використання біопалива у США та країнах ЄС забезпечує лише часткове скорочення викидів, що підкреслює необхідність подальших технологічних інновацій у цій галузі[42].

Окрему роль відіграють інтелектуальні транспортні системи (ITS), які впроваджуються в країнах Європейського Союзу та США. Вони не лише знижують рівень заторів, але й сприяють оптимізації транспортних потоків, що опосередковано зменшує викиди парникових газів[38].

Впровадження технологічних інновацій, розвиток електротранспорту та цифровізація транспортної системи створюють передумови для поступового скорочення викидів парникових газів у транспортному секторі. Реалізація заходів декарбонізації дозволить не лише зменшити негативний вплив транспорту на довкілля, а й сприятиме виконанню кліматичних зобов'язань України.

Для оцінки можливих результатів впровадження зазначених заходів доцільно розглянути прогнозну динаміку викидів CO<sub>2</sub> транспортного сектору України на найближчі роки (рис. 3.1).

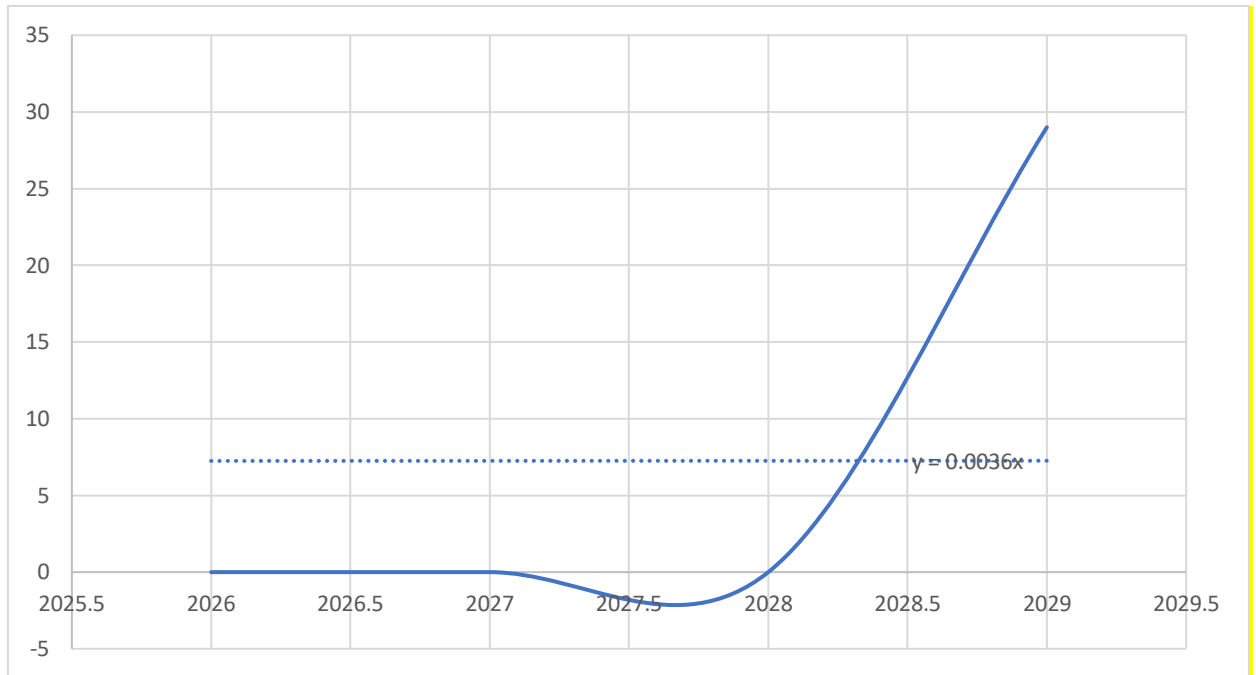


Рис. 3.1. Прогноз викидів CO<sub>2</sub> транспортного сектору України на 2027–2029 роки

*\*побудовано автором з використанням узагальнення даних методом лінійної екстраполяції тренду на основі статистичних даних Державної служби статистики України [36, 50, 51], Національної транспортної стратегії України до 2030 року [48], Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року [33], а також прогнозів розвитку електротранспорту та декарбонізації транспортного сектору [37, 38, 46].*

Як видно з рисунка 3.1, у прогностичному періоді спостерігається поступове зниження викидів парникових газів від транспортного сектору України. За умови впровадження заходів з електрифікації транспорту, розвитку сталої мобільності та підвищення енергоефективності очікується скорочення викидів з 28,0 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2026 році до 25,7 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2029 році. Загальне зменшення становить близько 8,2 %, що свідчить про позитивний вплив декарбонізаційних заходів на екологічний стан транспортної галузі.

Комплексне впровадження інновацій, включаючи цифрові рішення, є необхідною умовою досягнення кліматичної нейтральності транспортного сектору.

Крім переваг від застосування нових технологій, виникають і певні труднощі їх впровадження, таких як: висока вартість інноваційних технологій, недостатній розвиток інфраструктури, потреба у значних інвестиціях та технологічні обмеження [8].

Таким чином, зарубіжний досвід свідчить про ефективність впровадження технологічних інновацій у транспортному секторі як ключового інструменту досягнення кліматичної нейтральності. Найбільш перспективними напрямками є електрифікація транспорту, використання альтернативних видів палива та цифровізація транспортних систем. Їх адаптація в Україні сприятиме зниженню екологічного навантаження та інтеграції у світову систему сталого розвитку.

### **3.2. Розвиток сталої міської мобільності (мікромобільність, громадський транспорт, інтермодальні перевезення)**

Сталий розвиток міської мобільності є одним із ключових напрямів досягнення кліматичної нейтральності транспортного сектору. У сучасних містах транспорт виступає основним джерелом забруднення атмосферного повітря та викидів парникових газів, що зумовлює необхідність переходу до екологічно безпечних і енергоефективних моделей пересування [20].

Стала міська мобільність — це концепція, що передбачає задоволення потреб населення у пересуванні при одночасному зниженні негативного впливу на довкілля. Вона базується на пріоритетності пішоходів, велосипедистів та громадського транспорту над приватними автомобілями[16].

Половина всього населення світу вже живе в містах, а до 2030 року міське населення може становити 2/3 світового. Міста набувають все більшого значення, а міський транспорт стає все актуальнішим і вимагає впровадження комплексної транспортної політики [52].

Великі українські міста мають великий потенціал для впровадження мультимодальної транспортної системи, яка, зокрема, має об'єднати в собі засоби мікромобільності, велосипедний та громадський транспорт. Створення такої системи вимагає комплексного підходу та докладного планування, яке має забезпечити ефективність та зручність пересувань для мешканців міста.

В 2021 році вступив в силу Закон України «Про мультимодальні перевезення». Цей Закон визначає правові та організаційні засади мультимодальних перевезень, а його дія спрямована на створення умов для їх розвитку та вдосконалення, заохочення використання більш екологічно чистих видів транспорту з метою охорони довкілля, запобігання змінам клімату та надмірному споживанню енергії. Тобто Закон «Про мультимодальні перевезення» повною мірою розповсюджується на велотранспорт та засоби мікромобільності, які саме й покликаний зберігати довкілля, запобігти надмірному споживанню електроенергії, пропагандують здоровий спосіб життя, а також роблять міський простір зручнішим для мешканців, забезпечуючи зростаючі рік від року потреби в пересуваннях[47].

Доказано, що мультимодальність – завтрашній день міського громадського транспорту. Важливим аспектом такої інтеграції є розвиток велосипедної інфраструктури, яка покликана вирішити кілька проблеми транспортного сполучення: вирішує проблему «першої та останньої милі», зменшує дорожній трафік, вивільняє місця для паркування, сприяє просуванню здорового способу життя, екологізації міст, підвищенню безпеки на дорогах, раціональнішому розподілу пасажирів між транспортними засобами, зменшуючи їх перевантаженість, оптимізує пасажиропотоки, а головне – збільшує площу покриття міст транспортною системою. Отже, мікромобільність покликана змінити загальну міську мобільність населення та сприяє розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів України незалежно від їх величини[29] .

Мікромобільність — швидкозростаючий сектор, що змінює спосіб нашого пересування. Із прогнозованою глобальною ринковою вартістю \$300 млрд до 2030 року мікромобільність — це не просто чергове модне слівце, а це зміна в міському транспорті, яка перетворює наші міста та створює несподівані, захопливі можливості.

Мікромобільність охоплює легкі транспортні засоби: велосипеди, електросамокати, моноколеса. Екологічний ефект від запровадження легких транспортних засобів дозволяє замінити поїздки на короткі відстані (до 5 км), які є найбільш неефективними для автомобілів через високі викиди під час прогріву двигуна та роботи на холостому ходу[29].

Мікромобільність — це невеликі, легкі транспортні засоби, призначені для коротких поїздок і керовані користувачами. У містах великою популярністю користуються електросамокати та велосипеди, які можна орендувати за допомогою мобільного застосунку.

Але технологія мікромобільності включає й інші види транспортних засобів, зокрема електровелосипеди, скутери, електричні інвалідні візки та навіть більш унікальні пристрої, як-от електричні одноколісні велосипеди (EUC). Незалежно від того, чи є вони особистою власністю, чи частиною спільного парку, електричні чи ні, ці рішення пропонують ефективний, економічний і гнучкий варіант транспорту[23].

З огляду на менший вплив на довкілля та зростаючу популярність, рішення у сфері мікромобільності також спонукають міста переглядати свою інфраструктуру. Мова йде не лише про додавання велосипедних доріжок — зростає потреба в оцінці використання землі, переосмисленні автомобільних смуг на користь виділених доріжок для малих транспортних засобів і переплануванні тротуарів для розміщення різних типів транспорту.

Наприклад, Мілан, Брюссель і Сіетл вже є лідерами у впровадженні таких перспективних підходів[52].

Зміни в інфраструктурі також можуть несподівано вплинути на доступність житла. Автостоянки займають значну частину міського простору, і зменшення або скасування вимог до паркування може звільнити цінну територію для нового житла або громадських об'єктів, що сприятиме покращенню якості життя в місті.

Великі туристичні міста повинні передбачити у своїх Планах розвитку транспортної інфраструктури доступність до туристичних об'єктів та комфортних умов переміщення у межах міста на засадах вуглецевої нейтральності. Перевагами використання мікромобільних видів транспорту у логістиці туризму є попередження заторів, відсутність потреби у виділені великих площ територій для паркування, зручність в експлуатації, доступність (можливість оренди на вулицях, біля зупинок громадського транспорту, місць роботи і проживання та ін.), інклюзивність (можливість використання людьми з обмеженими можливостями), лояльна цінова політика, цифровізація послуги і безконтактний спосіб розрахунку, можливість залишити у зручному для користувача місці (не потребує повернення у місце оренди), безпечність для довкілля, що сприяє формуванню вуглецево-нейтрального суспільства [25].

В Україні, попри низький поточний відсоток громад (менше 1%), спостерігається стихійний ріст мікромобільності, що потребує негайного правового та інфраструктурного врегулювання[48].

Завдяки технологічним досягненням і змінам в інфраструктурі мікромобільність відіграватиме важливу роль у формуванні міст майбутнього, наближаючи нас до світу з меншим трафіком, більшою гнучкістю, кращою транспортною доступністю та екологічнішими способами пересування. Отже, мікромобільність покликана змінити загальну міську мобільність населення та сприяє розвитку транспортної інфраструктури населених пунктів України незалежно від їх величини.

Громадський транспорт є основою сталої міської мобільності, забезпечуючи пересування людей, інтеграцію ринків та стимулюючи

економічний розвиток. Він допомагає боротися із заторами, забрудненням повітря та наслідками зміни клімату, забезпечуючи при цьому безпеку та здоров'я населення[23] .

Модернізація громадського транспорту є найбільш масштабним шляхом декарбонізації міст та направлена на заміну автобусів на електробуси, трамваї та тролейбуси. Сучасні електробуси з технологією ультрашвидкої зарядки на кінцевих зупинках дозволяють повністю ліквідувати викиди CO<sub>2</sub> та оксидів азоту в житлових зонах.

Україна підтримує використання в містах екологічних видів транспорту, тому в рамках Національної транспортної стратегії (НТСУ) до 2030 року (схвалена Кабміном 27.12.2024) планує повністю замінити весь міський громадський транспорт на електричний і створити відповідну інфраструктуру для цього[48].

Велоінфраструктура знайшла своє серйозне місце в тексті НТСУ. Під Ціллю 2 описано, що: «Недостатнім порівняно з державами — членами ЄС є рівень розвитку в Україні велосипедної мобільності. Згідно з опитуванням Євробарометра, у 2019 році 8 відсотків громадян ЄС вважали своїм основним видом транспорту приватний велосипед або скутер» [48].

Трамвайні лінії, а також електричні тролейбуси з окремими смугами для руху є досить дешевим і ефективним способом розширення послуг комунального транспорту. Метрополітен слід розглядати як транспортне рішення лише для дуже перевантажених районів і лише за відсутності іншого практичного варіанту.

Протягом останніх 30 років кількість тролейбусних мереж скоротилася менш виразно – із 45 до 41. На даний момент у нашій країні працюють три мережі метрополітену – у Києві, Харкові та Дніпрі[50].

Разом із тим, рухомий склад оновлюється надто повільно і близько 90% парку трамваїв і тролейбусів уже перевищили свій максимальний термін служби[50].

Окрім заходів, спрямованих на збільшення пішої ходи та їзди на велосипеді, спільного використання особистого транспорту та використання громадського транспорту, необхідно також покращити використання доріг в районах з обмеженими можливостями.

Індекс трафіку TomTom 2019 додав чотири українські міста до списку 25 найбільших перевантажених міст Європи. За даними цього рейтингу Київ посідає 3-є місце в Європі та 12-е у світі. Одеса – 7-е і 18-те відповідно, Харків – 13-те і 29-те, Дніпро – 23-тє і 47-е.) [52].

Використання громадського транспорту з вищим рівнем екологічності дозволяє зменшити вплив на довкілля та здоров'я людей та знизити кількість викидів в атмосферу. Транспорт є одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища, що впливає на здоров'я людей, навколишнє середовище та економіку. Чим старіший парк рухомого складу, тим більше шкідливих речовин він виділяє в атмосферу. Перехід до використання транспорту з вищим рівнем екологічності – це ефективний крок до зменшення викидів парникових газів в атмосферу та пом'якшення дії наслідків забруднення атмосферного повітря викидами від транспорту.

З розвитком світового ринку та інтенсифікацією міжнародного економічного обміну він набуває все більшого значення інтермодальні перевезення.

Інтермодальність передбачає використання декількох видів транспорту в межах однієї поїздки (наприклад, велосипед + приміська електричка + метро), що забезпечує зниження витрат, ритмічність доставки та зменшення викидів CO<sub>2</sub>[25].

Інтермодальні перевезення - це спосіб доставки вантажів, під час якого задіюється два і більше видів транспорту, але вантаж при цьому переміщується в єдиному транспортному модулі (найчастіше в контейнері), без перевалки вмісту.

Класичний приклад: вантаж завантажується в морський контейнер, відправляється морським транспортом, далі - залізничним, а на останньому етапі доставляється автотранспортом. Весь шлях проходить в одному контейнері, що забезпечує збереження вантажу, спрощує процеси навантаження/розвантаження і прискорює логістичний ланцюжок.

Приклади використання інтермодальних перевезень:

- Імпорт з Китаю: вантаж відправляють морем у порт Гданськ, Польща, далі - залізничне перевезення з Польщі в Україну, а на завершення - доставка автомобілем до складу клієнта.
- Експорт сільгосппродукції: зерно упаковується в контейнери, далі: авто → залізниця → порт → судно.
- в Україні: АТ «Укрзалізниця» впроваджує сервіси контейнерних, контрейлерних поїздів та поїздів комбінованого транспорту, що полегшує логістику.

Інтермодальність в містах передбачає поєднання різних видів транспорту в межах однієї транспортної системи, а саме:

- поєднання громадського транспорту з велосипедами,
- інтеграція залізничного та міського транспорту,
- створення хабів, де пасажир може легко змінити вид транспорту. Важливим елементом є перехоплюючі паркінги (Park & Ride), що дозволяють залишити авто на околиці міста та продовжити рух швидкісним громадським транспортом[23],
- впровадження цифрової інтеграції (MaaS), що дозволять оплатити єдиний квиток на всі види транспорту, що робить складні інтермодальні маршрути зручнішими за пряму поїздку на авто[25].

Інтермодальні системи активно впроваджуються у містах Європи, що дозволяє підвищити ефективність транспортної інфраструктури.

Інтермодальний транспорт це також чудове рішення для зменшення вуглецевого сліду, створюваного вантажними перевезеннями. Використання

транспортних засобів з низьким рівнем викидів, наприклад залізниці, сприятиме зменшенню викидів парникових газів.

Розвиток всіх видів міської мобільності є важливим напрямом екологізації транспортного сектору.

*Таблиця 3.2*

**Основні елементи сталої міської мобільності**

| Напрямок              | Основні засоби           | Екологічний ефект        | Переваги                 |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Мікромобільність      | Самокати, велосипеди     | Нульові/низькі викиди    | Мобільність, доступність |
| Громадський транспорт | Автобуси, трамваї, метро | Зниження CO <sub>2</sub> | Масові перевезення       |
| Інтермодальність      | Комбінування транспорту  | Зменшення викидів        | Ефективність системи     |

*\*побудовано автором з використанням [22, 23, 29, 37]*

Найбільш ефективними заходами є розвиток мікромобільності, модернізація громадського транспорту та впровадження інтермодальних перевезень. Їх комплексна реалізація дозволяє суттєво зменшити екологічне навантаження та підвищити якість життя населення.

Ефективність заходів зі сталої міської мобільності значною мірою залежить від рівня автомобілізації населення та обсягів транспортних викидів. Зростання кількості транспортних засобів призводить до збільшення споживання палива, утворення заторів і погіршення екологічного стану міського середовища. Тому для оцінки впливу транспортного сектору на довкілля доцільно проаналізувати взаємозв'язок між чисельністю населення, кількістю транспортних засобів та обсягами викидів парникових газів в Україні. Відповідні показники наведено в таблиці 3.3.

*Таблиця 3.3*

**Показники населення, кількості транспортних засобів та транспортних викидів в Україні за 2024 рік**

| Показник                     | Значення                          |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Населення України            | 32 млн осіб                       |
| Легкові автомобілі           | 9,8 млн од.                       |
| Автомобілів на 1000 жителів  | 306                               |
| Викиди транспортного сектору | 28 млн т CO <sub>2</sub> -екв.    |
| Викиди на 1 жителя           | 0,88 т CO <sub>2</sub> -екв.      |
| Викиди на 1 автомобіль       | 2,86 т CO <sub>2</sub> -екв./авто |

*\*побудовано автором з використанням [50]*

Порівняння показників свідчить про значну залежність транспортних викидів від рівня автомобілізації населення. На кожні 1000 жителів України припадає понад 300 автомобілів, що створює суттєве навантаження на навколишнє середовище. Розрахунки показують, що на одного мешканця припадає близько 0,88 т CO<sub>2</sub>-екв. транспортних викидів на рік, а середній внесок одного автомобіля становить майже 2,9 т CO<sub>2</sub>-екв. Це підтверджує необхідність розвитку громадського транспорту, електромобільності та інтермодальних перевезень[50].

Розвиток сталої мобільності в Україні потребує переходу від точкових проектів (окремих велодоріжок чи закупівлі електробусів) до системного планування на рівні громад. Впровадження ієрархії сталої мобільності дозволяє не лише скоротити викиди парникових газів, а й розв'язати проблему заторів, надмірного шуму та дефіциту міського простору. Особливого значення для України набуває рефлексія та практичне впровадження досвіду відновлення муніципальної інфраструктури впродовж 2024–2025 років, що передбачає обов'язкову інтеграцію європейських стандартів сталої мобільності безпосередньо на етапі розроблення проектів комплексної відбудови населених пунктів.

### **3.3. Економічні інструменти стимулювання: податки на викиди, субсидії для «зеленого» транспорту та квотування.**

Ефективна декарбонізація транспортного сектору неможлива без застосування економічних інструментів стимулювання, які спрямовані на зміну поведінки споживачів і виробників, а також на формування ринку екологічно чистих технологій. У міжнародній практиці такі інструменти включають податки на викиди, субсидії для розвитку «зеленого» транспорту та системи квотування [29].

У країнах Європейського Союзу широко застосовуються:

- вуглецеві податки є прямим інструментом реалізації принципу «забруднювач платить». ;
- екологічні акцизи на паливо - диференціація акцизного збору залежно від екологічності палива. Найвищі ставки застосовуються до дизельного палива та низькооктанового бензину, тоді як біопаливо та суміші з відновлюваними компонентами отримують податкові преференції;
- транспортні податки, що залежать від рівня викидів - перехід від податку на об'єм двигуна до податку на обсяг питомих викидів CO<sub>2</sub> (г/км). Це стимулює населення обирати малолітражні або гібридні моделі[54].

Такі заходи стимулюють зменшення використання автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння, перехід на електротранспорт та підвищення енергоефективності.

Для оцінки ефективності економічних механізмів скорочення викидів парникових газів можна порівняти рівень вуглецевого оподаткування в Україні та окремих країнах Європи. Важливим аспектом є не лише розмір податку на викиди CO<sub>2</sub>, а й наявність додаткових стимулів для розвитку екологічно чистого транспорту. У багатьох країнах високі ставки вуглецевого податку поєднуються із субсидіями на придбання електромобілів, розвиток зарядної інфраструктури та модернізацію громадського транспорту. Такий комплексний підхід дозволяє ефективніше скорочувати викиди та

прискорювати перехід до низьковуглецевої транспортної системи[53]. Порівняльна характеристика відповідних інструментів наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

**Порівняння ставок податку на викиди CO<sub>2</sub> в Україні та окремих країнах Європи (2024 р.)**

| Країна    | Ставка податку на CO <sub>2</sub> , €/т CO <sub>2</sub> | Додаткові субсидії для «зеленого» транспорту               | Потенційний вплив на викиди |
|-----------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Україна   | 0,68                                                    | Звільнення від ПДВ та мита на електромобілі                | Низький                     |
| Польща    | 0,09                                                    | Пільгові програми придбання електромобілів                 | Низький–середній            |
| Франція   | 44,6                                                    | Екобонус на купівлю електромобілів                         | Високий                     |
| Німеччина | 55,0                                                    | Субсидії на електротранспорт та зарядні станції            | Високий                     |
| Фінляндія | 62,0                                                    | Пільги для електромобілів і громадського транспорту        | Високий                     |
| Норвегія  | 124,1                                                   | Звільнення від ПДВ, безкоштовні паркінги, пільги на проїзд | Дуже високий                |
| Швеція    | 134,1                                                   | Програми підтримки низьковуглецевого транспорту            | Дуже високий                |

*\*побудовано автором з використанням [53]*

Дані таблиці 3.4 свідчать, що найвищі ставки податку на викиди CO<sub>2</sub> застосовуються у Швеції та Норвегії, де вони перевищують 120 €/т CO<sub>2</sub>. Саме ці країни демонструють одні з найнижчих темпів зростання транспортних викидів та найвищі показники поширення електромобілів. Натомість в Україні ставка податку залишається однією з найнижчих у Європі, що знижує ефективність економічного стимулювання декарбонізації транспортного сектору.

Крім вуглецевого оподаткування, важливу роль відіграють державні субсидії для розвитку «зеленого» транспорту. Поєднання високих податків на

викиди із фінансовою підтримкою електромобілів, зарядної інфраструктури та екологічного громадського транспорту створює сприятливі умови для переходу до низьковуглецевої транспортної системи.

За оцінками міжнародних досліджень, впровадження підвищених ставок вуглецевого податку разом із субсидіями може забезпечити:

- скорочення транспортних викидів на 10–15 % у короткостроковій перспективі (3–5 років) [53];
- скорочення на 20–30 % у середньостроковій перспективі (до 2035 року) [29];
- прискорення переходу населення та бізнесу на електротранспорт [19];
- зменшення споживання бензину та дизельного палива [6];
- покращення якості атмосферного повітря у містах [8].

Найбільш ефективною є модель, за якої високий податок на викиди CO<sub>2</sub> поєднується з фінансовою підтримкою екологічного транспорту. Саме такий підхід дозволив країнам Північної Європи суттєво скоротити транспортні викиди та наблизитися до цілей кліматичної нейтральності. Для України перспективним є поступове підвищення ставки вуглецевого податку одночасно з розширенням програм підтримки електротранспорту та розвитку зарядної інфраструктури [54].

Основними формами підтримки можуть бути:

- дотації на придбання електромобілів, податкові пільги, інвестиції у зарядну інфраструктуру та фінансування громадського транспорту.

У країнах ЄС і Китаї діють програми, які компенсують значну частину вартості електромобілів, що сприяє їх масовому поширенню.

- створення систем квотування, які передбачають встановлення обмежень на обсяг викидів та можливість торгівлі квотами. Найбільш відомою є система торгівлі викидами ЄС (EU ETS), яка охоплює енергетику, промисловість та частково транспорт [54].

Цей механізм дозволяє ефективно розподіляти ресурси, стимулювати підприємства до зменшення викидів та формувати ринок вуглецевих квот.

Декарбонізація потребує значних капіталовкладень, які неможливі лише за рахунок бюджету. Потрібно залучати міжнародні інвестиції для фінансування проєктів «сталості мобільності» у містах України в межах післявоєнного відновлення та впроваджувати «зелені облігації» для модернізації залізниць та розбудови мережі електрозарядних станцій[17].

Таблиця 3.5

**Економічні інструменти декарбонізації транспорту**

| <b>Інструмент</b> | <b>Суть</b>              | <b>Приклад застосування</b> | <b>Екологічний ефект</b>    |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Податки на викиди | Плата за CO <sub>2</sub> | Країни ЄС                   | Зменшення споживання палива |
| Субсидії          | Фінансова підтримка      | ЄС, Китай                   | Розвиток електротранспорту  |
| Квотування        | Обмеження викидів        | EU ETS                      | Скорочення викидів          |

*\*побудовано автором з використанням [54]*

Порівняльний аналіз показує, що кожен із розглянутих інструментів має свої особливості впливу. Податки діють через механізм стримування, субсидії — через стимулювання розвитку нових технологій, а квотування — через створення ринкових умов для скорочення викидів. Найбільш ефективною є їх комплексна реалізація, яка дозволяє досягти максимального екологічного ефекту.

Таким чином, результати аналізу підтверджують, що економічні інструменти є важливим елементом політики декарбонізації транспорту. Їх правильне поєднання дозволяє не лише скоротити викиди парникових газів, але й забезпечити сталий розвиток транспортної системи.

### Висновок до розділу 3

У результаті проведеного аналізу встановлено, що досягнення кліматичної нейтральності транспортного сектору України можливе лише за умови комплексного поєднання технологічних, організаційних та економічних заходів. Аналіз зарубіжного досвіду засвідчив, що найбільш ефективними напрямками декарбонізації транспорту є електрифікація транспортних засобів, використання альтернативних видів палива, розвиток високошвидкісного залізничного сполучення, цифровізація транспортних систем та впровадження інтелектуальних технологій управління транспортними потоками.

Впровадження таких інновацій сприяє суттєвому скороченню викидів парникових газів, підвищенню енергоефективності та зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля.

Дослідження показало, що важливим інструментом досягнення кліматичних цілей є розвиток сталої міської мобільності. Встановлено, що поширення мікромобільності, модернізація громадського транспорту та впровадження інтермодальних перевезень забезпечують зниження рівня автомобілізації населення, скорочення транспортних заторів, покращення якості атмосферного повітря та підвищення ефективності міських транспортних систем. Особливо актуальним для України є впровадження принципів сталої мобільності під час післявоєнного відновлення міст та транспортної інфраструктури.

Важливу роль у процесі декарбонізації відіграють економічні механізми стимулювання. Проведений аналіз засвідчив, що поєднання вуглецевого оподаткування, державних субсидій для розвитку електротранспорту та систем квотування викидів є одним із найбільш результативних підходів до скорочення транспортних викидів. Досвід країн Європейського Союзу підтверджує, що високі ставки податку на викиди CO<sub>2</sub> у поєднанні з фінансовою підтримкою екологічного транспорту створюють дієві стимули для переходу до низьковуглецевої транспортної системи.

Прогнозна оцінка свідчить, що за умов реалізації запропонованих заходів викиди CO<sub>2</sub> транспортного сектору України можуть зменшитися з 28,0 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2026 році до 25,7 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2029 році, що відповідає скороченню приблизно на 8,2 %. Це підтверджує ефективність впровадження заходів декарбонізації та їх позитивний вплив на екологічний стан транспортної галузі.

Таким чином, досягнення кліматичної нейтральності транспортного сектору можливе лише за умов системної трансформації галузі, яка включає технологічне оновлення, зміну транспортної поведінки населення та впровадження економічних стимулів. Для України це передбачає адаптацію європейського досвіду, модернізацію транспортної інфраструктури, розвиток електротранспорту та інтеграцію принципів сталої мобільності у процеси післявоєнного відновлення [27].

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що в умовах глобальної кліматичної кризи транспортна галузь є одним із найбільших джерел антропогенного тиску на біосферу, що вимагає негайного переходу від традиційної моделі до парадигми сталої мобільності.

Обґрунтовано концепцію екологізації транспорту як комплексного процесу, що включає впровадження низьковуглецевих технологій, оптимізацію логістичних маршрутів та зміну споживчої поведінки населення.

Визначено, що ключовим індикатором успішності екологізації на сучасному етапі є досягнення кліматичної нейтральності (Net Zero) — стану, при якому викиди парникових газів від транспортних засобів повністю компенсуються заходами з їх поглинання або запобігання.

Аналіз динаміки викидів CO<sub>2</sub> в транспортному секторі України засвідчив, що понад 90% забруднення припадає на автомобільний транспорт, що зумовлено застарілим парком транспортних засобів та низькою часткою використання відновлюваних джерел енергії.

Виявлено, що повномасштабна війна критично змінила екологічний ландшафт галузі: руйнування залізничної та портової інфраструктури призвело до вимушеного збільшення частки менш екологічних автомобільних перевезень, а також до значного забруднення територій продуктами горіння палива.

Дослідження міжнародного досвіду показало, що лідерами декарбонізації є країни ЄС, де активно впроваджуються механізми стимулювання електромобільності та водневого транспорту, що має стати орієнтиром для повоєнної відбудови України.

Запропоновано пріоритетну стратегію «зеленого відновлення» транспортної інфраструктури, яка передбачає електрифікацію магістральних залізниць та розвиток мультимодальних логістичних центрів для зменшення навантаження на автошляхи.

Обґрунтовано необхідність впровадження економічних інструментів регулювання: поступове підвищення екологічного податку на паливо з одночасним субсидуванням придбання екологічно чистого громадського транспорту для громад.

Встановлено, що успішна декарбонізація галузі можлива лише за умови інтегрованого підходу, який поєднує жорсткий екологічний моніторинг, розвиток цифрових систем управління трафіком (Smart City) та популяризацію альтернативних видів пересування в межах урбанізованих територій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як війна впливає на природу України та чому збереження й відновлення природних екосистем є важливим у повоєнному відновленні. Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/iak-vijna-vplyvaie-napryrodu.html>
2. Стратегічні економічні дослідження. Науковий журнал. URL: <https://econ-vistnyk.knutd.edu.ua/wp-content/uploads/sites/17/2017/02/195.pdf>
3. Показники регіонального розвитку України за 2021 рік [Електронний ресурс] Державна служба статистики України. Режим доступу: [https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/mp/arh\\_op2021.html](https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/mp/arh_op2021.html)
4. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
5. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-п#Text>
6. Глобальні викиди CO<sub>2</sub> у період 2010–2023 рр. [Електронний ресурс] Global Carbon Project (зведені дані). Режим доступу: [https://www.volker-quaschning.de/datserv/CO2/index\\_e.php](https://www.volker-quaschning.de/datserv/CO2/index_e.php)
7. Екологічні аспекти розвитку транспортної системи України. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. URL: [https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2025/1\\_2025/part\\_1/56.pdf](https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2025/1_2025/part_1/56.pdf)
8. Заходи, спрямовані на зменшення забруднення атмосферного повітря транспортними та іншими пересувними засобами [Електронний ресурс]. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua>
9. Цибуля С. Д., Костишин О. І., Дзюба Ю. М. Екологічна безпека трубопровідного транспорту як чинник енергоощадності та екологізації

економіки [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/35224>

10. Борецько В. І. Державна підтримка екологізації шкідливих виробництв в Україні : thesis. 2013. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31325>
11. Воровка В. П., Коломійчук В. П., Демченко В. О. Особливості розробки місцевих (районних) схем екомережі на прикладі Запорізької області. Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». 2021. № 21. С. 47–51. URL: <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2019-21/5>
12. Зеркалов Д. В. Про проблеми екологічної безпеки. Безпека життєдіяльності. 2009. № 1. С. 21.
13. Удосконалення системи управління твердими побутовими відходами у Хмельницькій області як чинника екологічної безпеки з урахуванням досвіду Північного Рейну-Вестфалії (Німеччина) / О. О. Єфремова та ін. Ukrainian Journal of Natural Sciences. 2025. № 14. С. 289–301. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.27>
14. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/761-2024-p?utm\\_source=chatgpt.com#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/761-2024-p?utm_source=chatgpt.com#Text)
15. З 2024 року в Україні почне працювати Державний фонд декарбонізації. Зелена Трансформація України. URL: [https://greentransform.org.ua/z-2024-roku-v-ukrayini-pochne-pratsyuvaty-derzhavnyj-fond-dekarbonizatsiyi/?utm\\_source=chatgpt.com](https://greentransform.org.ua/z-2024-roku-v-ukrayini-pochne-pratsyuvaty-derzhavnyj-fond-dekarbonizatsiyi/?utm_source=chatgpt.com)
16. Climate. European Environment Agency (EEA). URL: [https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems-2025/climate?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems-2025/climate?utm_source=chatgpt.com)
17. Гойденко Т. До 2029 року парк "Укрзалізниці" поповнять 55 нових електровозів Alstom – Delo.ua. Останні новини України та світу онлайн –

delo.ua. URL: <https://delo.ua/news/do-2029-roku-park-ukrzhaliznici-popovnyat-55-novix-elektrovoziv-alstom-464464/>

18. Види електромобілів. URL: <https://ncars.com.ua/media/vydy-elektromobiliv-bev-fhev-ta-inshi/>

19. Дмитрієв М. М., Кухтик В. В., Кухтик І. О. Електромобілі в Україні як засіб покращення екологічної ситуації. Вісник Національного транспортного університету. 2020. № 22. С. 10–19.

20. Іванюта С. П., Якушенко Л. М. Європейський зелений курс і кліматична політика України : аналітична доповідь / за заг. ред. А. Ю. Сменковського. Київ : НІСД, 2022. 95 с.

21. Європейський Зелений Курс. Екодія. URL: [https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html?amp&gad\\_source=1&gad\\_campaignid=23391459760&g\\_braid](https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html?amp&gad_source=1&gad_campaignid=23391459760&g_braid)

22. Інноваційні технології у транспортній логістиці: перспективи та виклики. Транспортна компанія Cargofy.ua: Послуги перевезення автотранспортом в Україні. URL: <https://cargofy.ua/uk/blog/innovaciini-tehnologiji-u-transportnii-logistici-perspektivi-ta-vikliki>

23. Аналіз нової НТСУ щодо громадського транспорту та міської мобільності. Центр транспортних стратегій. URL: [https://cfts.org.ua/blogs/analiz\\_novo\\_ntsu\\_schodo\\_gromadskogo\\_transportu\\_ta\\_misko\\_mobilnosti\\_711](https://cfts.org.ua/blogs/analiz_novo_ntsu_schodo_gromadskogo_transportu_ta_misko_mobilnosti_711)

24. Інтермодальні перевезення - що це таке - Symlog. Symlog. URL: <https://symlog.eu/uk/база-знань/інтермодальні-перевезення-що-це-таке/>

25. Відмінності інтермодальних і мультимодальних перевезень | Блог компанії Сейв Про Солюшинс. Міжнародні вантажні перевезення - Транспортна логістична компанія Save Pro Solutions. URL: <https://saveprosolutions.com/blog/vidminnosti-intermodalnix-i-multimodalnix-perevezen>

26. В Україні через війну кількість викидів вуглецю зросла на чверть. ЕкоПолітика. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-cherez-vijnu-kilkist-vikidiv-vuglecju-zroslo-na-chvert/>
27. Економічні механізми стимулювання зелених інвестицій та підприємництва. Економіка та суспільство. URL: [https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3674|](https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3674)
28. Global Carbon Budget 2024. Global Carbon Project. 2024. URL: <https://globalcarbonbudget.org>
29. Transport and environment report 2024. European Environment Agency. 2024. URL: <https://www.eea.europa.eu>
30. Шевчук В. Я. Екологічне управління : підручник. Київ: Либідь, 2004. 432 с.
31. Мельник Л. Г. Основи стійкого розвитку : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2005. 654 с.
32. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування : навчальний посібник. Львів : Новий Світ-2000, 2003. 248 с.
33. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua>
34. Веломережа України: результати моніторингу громад 2024–2025 років / Bike City Consulting. URL: <https://bikecity.com.ua>
35. Транспорт і зв'язок України 2024 : статистичний збірник. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>
36. Державна служба статистики України. Викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення. URL: [https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/ns/vzrpgz\\_2025.html](https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/ns/vzrpgz_2025.html)
37. Global EV Outlook 2025. International Energy Agency (IEA). Paris, 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>
38. Transport and Environment Report 2024. European Environment Agency (EEA). URL: <https://www.eea.europa.eu>

39. Федерація роботодавців автомобільної галузі України. Реєстрації електромобілів за 2024 рік [Електронний ресурс]. URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika>
40. UIC Railway Statistics 2024. International Union of Railways (UIC). URL: <https://uic.org/statistics>
41. Rail transport statistics. Eurostat. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Rail\\_transport\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Rail_transport_statistics)
42. UK Government. Greenhouse gas reporting: conversion factors 2024. Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA). URL: <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>
43. Міністерство інфраструктури України. Укрзалізниця: оновлення парку локомотивів та рухомого складу [Електронний ресурс]. Офіційний вебсайт Міністерства інфраструктури України. 2021. URL: <https://mtu.gov.ua>
44. Офіційні новини про співпрацю з Alstom щодо постачання електровозів Traxx Hauler. URL: <https://www.uz.gov.ua>
45. Міністерство розвитку громад та територій України. Стан та відновлення залізничної інфраструктури України в умовах війни. Інтерв'ю / офіційні матеріали. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/4081099-blizko-130-000-obektiv-zaliznicnoi-infrastrukturi-poskodzeni-z-pocatku-vijni-minrozvitku.html>
46. Transport and Environment Report 2024. European Environment Agency. Luxembourg : EEA, 2024. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2024>
47. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17 листопада 2021 р. № 1887-IX. Відомості Верховної Ради України. 2022. № 11. Ст. 46.
48. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–

- 2027 роках : Постанова Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1550. Офіційний вісник України. 2025. № 4. Ст. 210.
49. Про затвердження Порядку використання коштів Державного фонду декарбонізації та енергоефективності : Постанова Кабінету Міністрів України від 08 березня 2024 р. № 258. Урядовий кур'єр. 2024. № 51.
50. Транспорт і зв'язок України : статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2025. 142 с.
51. Національний кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990–2023 рр. Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2025. 540 с.
52. TomTom Traffic Index Rating: Global congestion statistics and city rankings 2019–2025. TomTom Telematics. 2025. URL: <https://www.tomtom.com/traffic-index/>
53. ACEA Guide to Electric Vehicle Incentives in Europe. Brussels : European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), 2024. 84 p.
54. World Energy Outlook 2025 : report / International Energy Agency. Paris : IEA, 2025. 520 p. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>
55. Екологічна безпека в умовах сталого розвитку: кол. монографія / Х. С. Мітюшкіна, О. М. Пастернак, В. В. Іванова, І. В. Петрик та ін.; за заг. ред. Х. С. Мітюшкіної. – Київ : МДУ, 2024. – 206 с.
56. Mitiushkina K. Environmental security in the national security system: Ukraine [3.1] / K. Mitiushkina, O. Pasternak, V. Ivanova, I. Petryk // Transformations, challenges and security: collective monograph / ed. Ž. Simanavičienė; Mykolas Romeris University. Vilnius, 2024. С. 184- 210.
57. Петрик І.В. Кліматична та фінансова вразливість як чинники посилення соціально-економічної нерівності країн. Економіка і організація управління. №2. С. 160-168. DOI:<https://doi.org/10.31558/2307-2318.2026.2.14>.