

ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.175:502.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-8>

Костянтин ГРИГОР'ЄВ

аспірант кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0003-2804-2758

Scopus Author ID: 49963356000

Бібліографічний опис статті: Григор'єв, К. (2025). Викиди хімічних поліутантів автотранспортом у місті Миколаєві під час війни. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 58–63, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-8>

ВИКИДИ ХІМІЧНИХ ПОЛІУТАНТІВ АВТОТРАНСПОРТОМ У МІСТІ МИКОЛАЄВІ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Стаття присвячена дослідженню фактичних розмірів викидів хімічних поліутантів групами авто міського громадського та транзитного (зокрема, військового) автотранспорту. Проаналізовано валовий викид хімічних сполук від громадського автотранспорту міста, представлено порівняльний аналіз викидів CO, NO, NO₂, SO₂, неметанових летких органічних речовин, метану, аміаку, CO₂, бензапірену від різних груп автомобілів, які використовуються у транспортній системі міста.

Метою роботи виступали дослідження техногенного навантаження на міську екосистему від громадського транспорту, на прикладі м. Миколаєва. Матеріалами дослідження виступали: дані про інфраструктуру громадського автотранспорту м. Миколаєва за 2022–2024 рр. Показано, що транспортна система Миколаєва є важливою частиною інфраструктури міста та регіону, забезпечуючи зв'язок із іншими містами та районами. Переважання в транспортній інфраструктурі міста малих авто з дизельними двигунами відображається на викидах екологічних поліутантів в атмосферний простір міста.

Представлено розрахунки викидів хімічних сполук від громадського автотранспорту м. Миколаєва за 2024 р. Показано, що громадський автотранспорт з дизельними двигунами (ПАЗ-672, -672А, -672Г, -672М, -672С, -672У, -672Ю) викидає у 2 рази викиди діоксиду і оксиду азоту, неметанових летких органічних сполук та бензапірену. Громадський автотранспорт з бензиновими двигунами викидає до 10 разів більше CO, до 2 разів —SO₂, до 3 разів —CO₂. Показано, що викиди парникових газів CO₂ вантажним транзитним транспортом у 2 рази перевищують понад викиди громадського міського транспорту.

Засвідчена необхідність обов'язкового впровадження у місті екологічних ініціатив, доповнення індикативними вимірюваннями екологічний моніторинг атмосферного повітря у містах з інтенсивними транспортними потоками.

Подальші дослідження планується спрямувати на пошук практичних заходів вдосконалення транспортної інфраструктури міста із запровадженням відомих екологічних ініціатив. Це сприятиме адаптації транспортної системи міста до вимог часу, створюючи сталий мобільний простір для мешканців, а також наближаючи до європейських транспортних систем задля адаптації до зміни клімату та сталого енергетичного розвитку міст.

Ключові слова: викиди хімічних поліутантів, громадський автотранспорт, транзитний автотранспорт, атмосферне повітря.

Kostiantyn GRYGORIEV

Postgraduate Student at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University,
10 68 Desanynykiv str., Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0003-2804-2758

Scopus Author ID: 49963356000

To cite this article: Grigoriev, K. (2025). Vykydy khimichnykh poliutantiv avtotransportom u misti Mykolaievi pid chas viiny [Emissions of chemical pollutants by motor vehicles in the city of Mykolaiv during the war]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 58–63, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-1-8>

EMISSIONS OF CHEMICAL POLLUTANTS BY MOTOR VEHICLES IN THE MYKOLAIV CITY DURING THE WAR

The article is devoted to the study of actual emissions of chemical pollutants by groups of city public and transit vehicles. The author analyzes the gross emissions of chemical compounds from public motor vehicles in the city, and presents a comparative analysis of emissions of CO, NO, NO₂, SO₂, non-methane volatile organic compounds, methane, ammonia, CO₂, and benzopyrene from different groups of vehicles used in the city's transport system.

The purpose of the study was to investigate the anthropogenic load on the urban ecosystem from public transport, using the example of Mykolaiv as an example. The research materials were: data on the public transport infrastructure of Mykolaiv for 2022–2024. The article shows that the transport system of Mykolaiv is an important part of the city and regional infrastructure, providing communication with other cities and districts. The predominance of small cars with diesel engines in the city's transport infrastructure affects the emissions of environmental pollutants into the city's atmospheric space.

Calculations of emissions of chemical compounds from public transport in Mykolaiv for 2024 are presented. It is shown that public transport with diesel engines emits 2 times more nitrogen dioxide and oxide, non-methane volatile organic compounds, and benzopyrene. Public vehicles with gasoline engines emit up to 10 times more CO, up to 2 times more SO₂, and up to 3 times more CO₂. It is shown that the emissions of greenhouse gases CO₂ by freight transit transport are 2 times higher than those of public urban transport.

The necessity of mandatory implementation of environmental initiatives in the city, supplementing the environmental monitoring of atmospheric air in cities with intensive traffic flows with indicative measurements is shown.

Further research is planned to focus on finding practical measures to improve the city's transport infrastructure with the introduction of well-known environmental initiatives. This will help to adapt the city's transport system to the requirements of the times, creating a sustainable mobile space for residents, as well as bringing it closer to European transport systems for climate change adaptation and sustainable energy development of cities.

Key words: emissions of chemical pollutants, public transport, transit vehicles, atmospheric air.

Актуальність проблеми. Зростаючі темпи урбанізації сучасного суспільства призводять до збільшення концентрації антропогенних джерел негативної дії на довкілля на досить обмежених територіях (значні міста і мегаполіси). Для міст, вздовж які проходять міжміські автотранспортні магістралі, питання забруднення атмосферного повітря є одним з актуальних екологічних питань, які потребують свого вирішення.

Екологічні проблеми міської транспортної системи характерні для багатьох міст України (Лежнева, 2017, с. 58), особливо у містах з інтенсивним автомобільним рухом. Транзитний автотранспорт впливає також на стан атмосферного повітря у містах. Це стосується також військового транспорту (Чугай, 2023, с. 27).

В Україні ще у 2018 р. затверджено Національну транспортну стратегію «Drive Ukraine 2030», яка має допомогти інтегрувати Україну в єдину автотранспорту систему ЄС з використанням екологічних та енергозощадливих технологій. Тому потрібно дослідити техногенне навантаження на екосистему міста від комунального та транзитного автотранспорту та надати рекомендації щодо впровадження провідних екологічних ініціатив (Семененко, 2019, с. 34; Шевченко, 2020, с. 64).

Мета дослідження: дослідити техногенне навантаження на міську екосистему від громадського автотранспорту та оцінити ефективність втілення окремих екологічних ініціатив, які зменшують це техногенне навантаження.

Матеріали і методи дослідження. Для дослідження транспортної інфраструктури м. Миколаєва використано дані щодо інфраструктури транспортної системи міста Миколаєва за 2022–2024 рр. та даних щодо кількості вантажного транспорту, що рухається містом. Розрахунок питомої витрати палива проведено з врахуванням співвідношень: споживання 1 л бензину у бензиновому двигуні відповідає виробленню 12,3 кВт.год енергії; споживання 1 л дизельного палива у дизельному двигуні відповідає виробленню 11,90 кВт.год енергії.

Розрахунок викидів хімічних поллютантів використано здійснено за наступною формулою:

$$Q(\text{тон}) = 0,001 \cdot V(\text{тон}) \cdot \bar{q}(\text{кг/тон}),$$

де Q – фактичний (валовий) об'єм викиду (тон), $V(\text{тон})$ – фактичний об'єм спожитого палива (тон), $\bar{q}$ – усереднені питомі викиди CO₂ (кг/тон).

Усереднені питомі викиди хімічних поллютантів прийнято за відомими нормами за (Беляєв, 2019, с. 141). Зокрема, для CO₂: для бензинового двигуну це становить 3183, а для дизельного – 3138 кг/тон.

Основний матеріал дослідження. На маршрутах міста в середньому працюють 617 одиниць громадського транспорту, серед них: 43 трамваї, 54 тролейбуси, 18 автобусів, до 500 маршрутних автобусів. Міський авто-транспорт станом на початок 2024 р. представлений, за середніми величинами, наступними авто: ПАЗ з дизельними двигунами – 40, автобуси ГАЗ 32213–180 (з газо-бензиновими двигунами) – 236; Мерседес-Бенц Спринтер з бензиновими двигунами – 190; автобуси Атаман з бензиновими двигунами – 36.

Розрахунок фактичного обсягу викидів у повітря хімічних поллютантів від двигунів внутрішнього згоряння громадського автотранспорту свідчив про наступні результати т/рік: CO – 11,68; NO₂ – 15,59; SO₂ – 1,01; неметанові леткі органічні речовини – 17,14; метан – 0,39; NO – 0,03; аміак – 0,002; сажа – 0,40; CO₂ – 214,39; бензапирен – 0,006.

Порівняння викидів хімічних поллютантів для окремих груп авто міського автотранспорту наведено на рис. 1.

З рисунку 1 видно, що громадський авто-транспорт з дизельними двигунами (ПАЗ-672, -672А, -672Г, -672М, -672С, -672У, -672Ю) викидає у 2 рази більше діоксиду і оксиду азоту,

неметанових летких органічних сполук, бензапирену. Громадський автотранспорт з бензиновими двигунами викидає до 10 разів більше CO, до 2 разів —SO₂, до 3 разів —CO₂.

Через м. Миколаїв щорічно (у довійськові роки) проходило близько 15 000 вантажівок (більше 40 вантажівок на день). Велика кількість авто накопичувалася особливо на вулицях міста у сезон перевезень зерна. Це сприяло формуванню підвищених рівнів формальдегіду та інших атмосферних поллютантів в атмосферному просторі м. Миколаєва (Григор'єв, 2023, с. 40). В останні роки досліджень через місто курсувала військова автотехніка. За попередньою оцінкою при таких масштабах курсуючих вантажівок (цивільної чи військової) кількість поллютантів, які викидаються у повітря, наведено у таблиці 2.

Для зменшення викидів хімічних поллютантів в атмосферне повітря нами проведено оцінювання об'ємів збереження паливних ресурсів та об'ємів зниження викидів CO₂ при запровадженні таких екологічних ініціатив, як 1) облаштування системи GPS-навігації на міському пасажирському та комунальному транспорті та інформаційними табло на зупинках, 2) поступовий перехід на автобуси великої та середньої місткості

Таблиця 1

Результати розрахунку валового викиду хімічних сполук від громадського автотранспорту м. Миколаєва

Назва авто	Кількість авто	Кількість спожитого палива,		Викиди забруднюючих сполук в атмосферне повітря, т									
		л/100 км для 1 авто	т/рік для всіх авто	CO	NO ₂	SO ₂	Неметанові леткі органічні речовини	метан	NO	аміак	сажа	CO ₂	Бензапирен
ПАЗ-672, -672А, -672Г, -672М, -672С, -672У, -672Ю з дизельними двигунами	40	34	102	36 92,4	3202,8	438,6	832,32	25,5	12,24	–	392,7	320 076	3,06
ГАЗ 32213 з газо-бензиновими двигунами	236	16	258	51 032	5572,8	258	7353	165,12	9,03	1,032	–	821 214	1,29
Мерседес-Бенц Спринтер з бензиновими двигунами	190	17	208	41 142,4	4492,8	208	5928	133,12	7,28	0,832	–	662 064	1,04
Автобуси Атаман з бензиновими двигунами	36	44	105	20 769	2268	105	2992,5	67,2	3,675	0,42	–	334 215	0,525



Рис. 1. Порівняння валового викиду CO (а), NO₂ (б), NO (в), C₂₀H₁₂ (г) між групами авто міського автотранспорту

Таблиця 2

**Результати розрахунку валового викиду
хімічних поллютантів від транзитного
вантажного транспорту, т/рік**

Хімічна сполука	Вантажні авто з бензиновими двигунами	Вантажні авто з двигунами на дизельному паливі
Оксид вуглецю (CO)	17,678	3,171
Двоокис азоту (NO ₂)	1,840	2,751
Двоокис сірки (SO ₂)	0,088	0,075
Оксид азоту	0,016	0,014
Неметанові леткі органічні сполуки	4,643	0,270
Вуглекислий газ	278,831	274,889

Облаштування системи GPS-навігації на міському пасажирському та комінальному транспорті та інформаційними табло на зупинках.

Розрахунки економії природних ресурсів наступні. Внаслідок запровадження цього заходу орієнтовано не менше 1000 осіб перейшли б на громадський електротранспорт. Ці 1000 осіб використовували 500 автомобілів щодні. Середній щоденний пробіг автомобілів в м. Миколаєві дорівнює 25 км. Середня витрата пального по місту дорівнює 9 л на 100 км.

Розрахунок економії витрат палива:

$$500 \text{ авто} \cdot 25 \text{ км} \cdot 270 \text{ роб.днів} \cdot \frac{0,09 \text{ л}}{1000} \cdot 0,750 \cdot 12,3 = 2801 \text{ МВт} \cdot \text{год.}$$

Економитись буде бензин, оскільки значна більшість легкового автотранспорту використовує бензин в якості пального. Орієнтовано це складе на рік: 114 тон, або 1401 МВт-год енергії від бензинових двигунів. Розрахунки зменшення викидів CO₂ свідчили, що це становитиме приблизно 350 т/рік.

Перехід на авто більшої пасажиромісткості.

У місті Миколаєва для комунальних перевезень використовуються за-звичай автобуси малої місткості: Газель, Mercedes Sprinter, Volkswagen LT – приблизно 800 штук. Усі діючі автобуси малої пасажиромісткості – бензинові, витрати палива малих автобусів приблизно 14 л на 100 км, місткість цих автобусів – 18 людей для перевезення. При запровадженні автобусів більшої місткості (типу «Богдан А701») з пасажиромісткістю до 40 осіб, вид палива – дизель; витрати палива на 100 км – 40 л.

Підрахунок зроблено для запланованої чисельності придбання автобусів (800 штук),

що становить 65,3 % від їхньої загальної кількості (1226 штук).

$104\,983 \text{ МВт} \cdot \text{год} \cdot 65,3 \% = 68\,554 \text{ МВт} \cdot \text{год}$ – це річне споживання цими 800 маршрутними таксі.

$$\frac{68\,554}{800} = 85,7 \text{ МВт} \cdot \text{год} \text{ – річне споживання}$$

одним автобусом малої місткості

При витраті палива 40 л на 100 км автобус великої місткості в 2,86 рази більш витратний за малі автобуси, але в 4,52 рази місткіший.

$$68\,554 \cdot \frac{2,86}{4,52} = 43\,377 \text{ МВт} \cdot \text{год} \text{ – річне спо-}$$

живання дизельного палива 177 автобусами

$$68\,554 - 43\,377 = 25\,177 \text{ МВт} \cdot \text{год економії}$$

дизельного палива

Розрахунок зменшення викидів CO₂ показав величину 6294 т/рік.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Транспортна система Миколаєва є важливою частиною інфраструктури міста та регіону, забезпечуючи зв'язок із іншими містами та районами. Переважання в транспортній інфраструктурі міста малих авто з дизельними двигунами відображається на викидах екологічних поллютантів в атмосферний простір міста.

2. Розраховано, що валовий викид хімічних сполук від громадського автотранспорту м. Миколаєва складає величини, т/рік: CO – 11,68; NO₂ – 15,59; SO₂ – 1,01; неметанові леткі органічні речовини – 17,14; метан – 0,39; NO – 0,03; аміак – 0,002; сажа – 0,40; CO₂ – 214,39; бензапірен – 0,006.

3. Громадський автотранспорт з дизельними двигунами (ПАЗ-672, -672А, -672Г, -672М, -672С, -672У, -672Ю) викидає у 2 рази викиди діоксиду і оксиду азоту, неметанових летких органічних сполук та бензапірену. Громадський автотранспорт з бензиновими двигунами викидає до 10 разів більше CO, до 2 разів —SO₂, до 3 разів —CO₂.

4. Валовий об'єм викидів у повітря хімічних поллютантів від двигунів внутрішнього згорання транзитного вантажного транспорту становить: CO – 20,85; NO₂ – 4,62; SO₂ – 0,163; NO – 0,03; неметанові леткі органічні речовини – 4,91; CO₂ – 553,72. Викиди парникових газів CO₂ вантажним транзитним транспортом у 2 рази перевищують понад викиди громадського міського транспорту.

5. Подальші дослідження планується спрямувати на пошук практичних заходів вдосконалення транспортної інфраструктури міста із запровадженням відомих екологічних ініціатив, впроваджених в європейських містах. Це в цілому сприятиме адаптації транспортної

системи міста до вимог часу, створюючи комфортні, безпечні умови та сталий мобільний простір для своїх мешканців, а також наближаючи до європейських транспортних систем задля адаптації до зміни клімату та сталого енергетичного розвитку міст.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Беляев С. В. *Екологічні проблеми транспорту і шляхи їх вирішення*. К. : Вища школа, 2019, 231.
2. Гаврилюк О. А. Екологічний вплив автотранспорту на довкілля: глобальні та локальні проблеми. *Екологія і життя*, 2021, 3(22), 42–47.
3. Григор'єв К. В. Оцінка стану атмосферного повітря у місті Миколаєві. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, Вип. 4, 2023, 39–48.
4. Лежнева О. І., Желновач Г. М., Очеретенко С. В. та ін. Екологічні аспекти транспортної системи міста: *монографія*. Харків : Зebra, 2017. 180 с.
5. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN42578>.
6. План дій сталого енергетичного розвитку та клімату міста Миколаєва до 2030 року. Миколаїв, 2019. 156 с.
7. Семененко Ю. М., Коваленко С. І. Зелені технології в транспорті: екологічні аспекти». *Екологічний вісник*, 2019, 2, 31–35.
8. Стратегія адаптації до зміни клімату для Миколаївської області: Посилення спроможності регіональних та місцевих органів влади для впровадження та застосування законодавства ЄС у сферах захисту навколишнього середовища, протидії кліматичним змінам та розвитку інфраструктурних проєктів. Миколаїв, 2024. 77 с.
9. Чугай А. В., Чернякова О. І., Клімов І. О. Аналіз впливу військової діяльності в Україні на стан атмосферного повітря. *Екологічні науки*, 4(49), 26–31.
10. Шевченко О. І. Сучасні екологічні технології для зменшення шкідливих викидів транспортом. *Транспорт та довкілля*, 2020, 4(15), 60–67.

REFERENCES:

1. Beliaev, S. V. (2019). *Ekolohichni problemy transportu i shliakhy yikh vyrishennia* [Environmental problems of transport and ways to solve them]. *Iyshcha shkola*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Havryliuk, O. A. (2021). *Ekolohichniy vplyv avtotransportu na dovkillia: hlobalni ta lokalni problem* [Environmental impact of motor vehicles on the environment: global and local problems]. *Ekolohiia i zhyttia*. Kyiv [in Ukrainian].
3. Hryhoriev, K. V. (2023). *Otsinka stanu atmosferneho povitria u misti Mykolaievi* [Assessment of the state of atmospheric air in the city of Mykolaiv]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Lezhneva, O. I., Zhelnovach, H. M., Ocheretenko, S. V. (2017). *Ekolohichni aspekty transportnoi systemy mista: monohrafiia* [Environmental aspects of the city's transport system: a monograph]. Kharkiv [in Ukrainian].
5. *Metodyka rozrakhunku vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn ta parnykovykh haziv u povitria vid transportnykh zasobiv*» [Methodology for calculating emissions of pollutants and greenhouse gases into the air from vehicles]. Retrieved from: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN42578>
6. *Plan dii staloho enerhetychnoho rozvytku ta klimatu mista Mykolaieva do 2030 roku* [Action Plan for Sustainable Energy Development and Climate of the City of Mykolaiv until 2030]. (2019). Mykolaiv [in Ukrainian].
7. Semenenko, Yu. M., & Kovalenko, S. I. (2019). *Zeleni tekhnologii v transporti: ekolohichni aspekty* [Green technologies in transport: environmental aspects]. *Ekolohichniy visnyk*. Kyiv [in Ukrainian].
8. *Stratehiia adaptatsii do zminy klimatu dlia Mykolaivskoi oblasti: Posylennia spromozhnosti rehionalnykh ta mistsevykh orhaniv vlady dlia vprovadzhenia ta zastosuvannia zakonodavstva YeS u sferakh zakhystu navkolyshnoho sredovyscha, protydii klimatychnym zminam ta rozvytku infrastrukturykh proektiv* [Climate Change Adaptation Strategy for Mykolaiv Oblast: Strengthening the capacity of regional and local authorities to implement and enforce EU legislation in the areas of environmental protection, climate change and infrastructure project development]. (2024). Mykolaiv [in Ukrainian].
9. Chuhai, A. V., Cherniakova, O. I., Klimov, I. O. (2023). *Analiz vplyvu viiskovoi diialnosti v Ukraini na stan atmosferneho povitria* [Analysis of the impact of military activities in Ukraine on the state of atmospheric air]. *Ekolohichni nauky*, Kyiv [in Ukrainian].
10. Shevchenko, O. I. (2020). *Suchasni ekolohichni tekhnologii dlia zmenshennia shkidlyvykh vykydiv transportom* [Modern environmental technologies for reducing harmful emissions from transport]. *Transport ta dovkillia*. Kyiv [in Ukrainian].