

**Ірина Нетробчук,
Катерина Силивонюк,
Олександр Семенюк**

Аналіз впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря вулиць міста Луцька

В статті акцентовано на тому, що актуальною проблемою сьогодення є забруднення атмосферного повітря в містах. Констатовано той факт, що в атмосферу міських систем регулярно викидаються в значній кількості забруднюючі речовини не тільки від стаціонарних, а й пересувних джерел. У результаті дослідження було встановлено, що основним забруднювачем атмосфери залишаються пересувні джерела, зокрема транспорт, від яких у повітря надходить від 92 до 95 % від загальної кількості викидів. Досліджено, що основними забруднюючими речовинами атмосферного повітря в місті Луцьку від автотранспорту є оксид вуглецю, діоксид азоту та неметанові сполуки. Для визначення забруднення вулиць міста Луцька залежно від їх завантаженості було вибрано три модальні ділянки: пр. Соборності, пр. Волі, вул. Винниченка. В результаті аналізу було встановлено, що найбільш висока забрудненість повітря є на пр. Соборності, який є головною магістраллю Луцька з позиції його завантаженості й тут спостерігається підвищена інтенсивність транспортного руху. Обчислено масу шкідливих викидів від автотранспорту, а також об'єми чистого повітря, необхідного для їхнього розчинення на досліджуваних ділянках транспортної мережі міста Луцька. Виділено два типи вулиць: дуже високого й помірного забруднення. Запропоновано рекомендації щодо покращення стану атмосферного повітря в місті Луцьку.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднююча речовина, автотранспорт, завантаженість вулиць, інтенсивність руху, маса шкідливих викидів.

Постановка наукової проблеми та її значення. Екологічний стан атмосфери є дуже важливим чинником, що впливає на якість життя населення, його відтворення та розвиток самого міста. Адже забруднення атмосфери є негативним процесом, що зменшує привабливість міста. За інформацією екологічного паспорта міста Луцька, індекс забруднення атмосфери станом на 2017 р. становив 9,68 проти 8,98 у 2016 р. [4]. У місті Луцьк основна частка забруднюючих речовин надходить у повітря із пересувних джерел забруднення. Обсяг забруднення від автомобільного транспорту становить 92–95 % від загального обсягу забруднення. До основних забруднюючих речовин, що викидаються пересувними джерелами, відносяться: окиси вуглецю, сірки, азоту, пил, важкі метали та бенз(а)пірен.

Кількість автомобілів із кожним роком постійно зростає, що зумовлює постійний ріст рівня забрудненості в місті. Різке збільшення кількості автомобілів за останні роки пояснюється дозволом на ввезення з Європи так званих «євроблях». Шляхом спрощеної системи розмитнення вони стали доступнішими для населення й через це їх кількість збільшилася. Відповідно основна частка вулиць міста, особливо ті, які належать до транспортних розв'язок, є дуже завантаженими. У зв'язку з цим тема дослідження є актуальною й не викликає сумніву.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Вплив автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова проаналізовано М. Петровською, В. Морквич [8]. Також оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом здійснено Н. Є. Паньків, Н. З. Тетерко [7]. Основні характеристики та закономірності формування високого рівня забруднення повітря у місті Луцьк вивчали Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко [5]. Забруднення атмосфери міста Луцька викидами автотранспортних засобів і заходи для зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля висвітлено також у працях М. В. Боярин, І. М. Нетробчук, М. О. Гандзюк [2; 3; 6].

Мета та завдання дослідження. Метою статті є аналіз завантаженості вулиць міста Луцька різними типами автомобілів і розробка рекомендацій щодо покращення стану атмосферного повітря в місті Луцьк.

Основні завдання здійсненого дослідження: 1) визначити інтенсивність руху автотранспорту на вулицях міста за добу; 2) визначити масу основних газів – забруднювачів повітря від автотранспорту та обчислити кількість чистого повітря, необхідного для розчинення шкідливих речовин; 3) запропонувати рекомендації щодо покращення стану атмосферного повітря в місті Луцьку.

Матеріали й методи дослідження. Для дослідження використана методика визначення завантаженості вулиць міста, а також статистичний метод для обчислення маси, об'єму забруднюючих речовин та об'єму повітря необхідного для їх розчинення [1].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. За інформацію Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського, Луцьк опинився у переліку українських міст із високим рівнем забруднення атмосфери у січні–червні 2019 р. Дуже високий і високий рівень забруднення повітря був обумовлений здебільшого значними середніми концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, фенолу, фтористого водню, оксиду вуглецю, завислих речовин. Тенденція до зростання кількості цих речовин у повітрі тримається вже упродовж останніх п'яти років [4]. Автомобільний транспорт завжди був найбільшим забруднювачем атмосферного повітря, навіть тоді, коли на повну потужність працювали підприємства. Сьогодні при спаді виробництва, автомобіль загалом став основним джерелом ускладнення екологічної ситуації в містах.

Обсяги викиду забруднюючих речовин від автотранспорту залежать від різних чинників, основними серед яких є: термін експлуатації автомобіля та технічний стан його двигуна; швидкість руху автомобіля та режим роботи його двигуна; якість пального, що використовується.

Найбільшу кількість забруднюючих речовин автомобільний двигун викидає за таких умов: при перемінній роботі двигуна внутрішнього згорання; під час роботи в холостому режимі; при запуску та зупинці роботи двигуна; при великому навантаженні на двигун. Тому найвища концентрація забруднюючих речовин на вулицях міста буде простежуватися на перехрестях, трасах із малою швидкістю руху, на підйомах і, особливо, на ділянках із заторами.

Для оцінки завантаженості вулиць м. Луцька автотранспортом було обрано три ділянки вулиць із найбільшою інтенсивністю руху: вулиця Винниченка (16.10.2019 р.), Проспект Волі (23.10.2019 р.) та Проспект Соборності (22.10.2019 р.). Упродовж кожного дня спостережень проводився обрахунок кількості автомобілів (кожного типу), що проїжджали по вулиці за 1 годину. Потім в підсумку визначалась сумарна інтенсивність руху автомобілів за добу. В ході спостережень були з'ясовані особливості цих вулиць (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість автотранспорту (N) різного типу на вулицях м. Луцька протягом 1 год., одиниць

Назва вулиці	Тип автомобілів			всього
	легкої вантажності	середньої вантажності	вантажівки	
вул. Винниченка	532	202	0	734
пр. Волі	554	152	1	707
пр. Соборності	731	271	7	1009

Отже, сумарна завантаженість вулиць відповідно до ГОСТ-17.2.2.03-77 становила на пр. Волі 16 968 автомобілів, вул. Винниченка – 17 616 автомобілів, що оцінюється як середня, а на пр. Соборності – 24 216 автомобілів за добу, що відповідає високій інтенсивності руху. Отримані матеріали засвідчують, що найвища завантаженість вулиць автомобілями всіх типів була на пр. Соборності. Значна кількість автотранспортних засобів є характерною для цієї частини Луцька через декілька причин: ця вулиця фактично відповідає за сполучення спального мікрорайону міста із діловим центром; значна кількість рейсів маршрутних таксі проходить саме через цю вулицю; по вулиці дозволений рух вантажного транспорту.

Трохи менша завантаженість спостерігалася на пр. Волі та вул. Винниченка. Рух автомобілів легкої вантажності переважає на пр. Волі за рахунок того, що вулицею Винниченка рух легкових автомобілів дозволений лише в одному напрямку. Більша кількість автомобілів середньої вантажності була на вулиці Винниченка за рахунок того, що ця вулиця є частиною маршруту більшої

кількості маршрутних таксі порівняно із пр. Волі. Окрім того, абсолютна відсутність важковантажних автомобілів на вул. Винниченка пояснюється заборонаю руху автомобілів цього типу вулицею.

Отже, залежно від завантаженості вулиць автотранспортом відрізняється й кількість викидів в атмосферу шкідливих речовин. Тому після отримання інформації про кількість автомобілів, що проїжджали вулицями, було обчислено шлях, який вони проходять цією вулицею за 1 годину. Для знаходження загальної довжини шляху було використано формулу:

$$L = N \cdot l,$$

де N – зафіксована кількість автомобілів кожного типу, l – довжина шляху експериментальної ділянки (умовно 200 м). Результати подані у табл. 2.

Таблиця 2

Шлях (L), який проходить автомобіль кожного типу за 1 годину, км

Вулиця	Тип автомобілів		
	легкові автомобілі	автобуси	вантажівки
вул. Винниченка	106,4	40,4	0,0
пр. Волі	110,8	30,4	0,2
пр. Соборності	146,2	54,2	1,4

Після отримання загальної довжини шляху, що проходять автомобілі за 1 годину, було обчислено, яку кількість пального вони спляють протягом цього часу за формулою:

$$D = L \cdot V,$$

де L – довжина шляху, який проходить автомобіль за 1 год (км); V – середні витрати пального у літрах на 1 км шляху. Особливістю тут є кількість бензину, яка спалюється під час руху залежно від типу автомобіля. Для легкового автомобіля цей показник становить пересічно 0,12 л; для автобуса – 0,425 л; вантажівки – 0,31 л. Результати розрахунків подано у табл. 3.

Таблиця 3

Кількість пального (D), яку спляють автомобілі за 1 годину, л

Вулиця	Тип автомобілів		
	легкові автомобілі	автобуси	вантажівки
вул. Винниченка	12,8	17,2	0,0
пр. Волі	13,3	12,9	0,1
пр. Соборності	17,5	23,0	0,4

Кількість шкідливих речовин, що викидається за 1 годину, отримуємо в результаті перемноження результатів із табл. 3 на кількість викинутих шкідливих речовин при спалюванні одного літра пального, що для CO становить 0,6 л, C_5H_{12} – 0,1 л, NO_2 – 0,04 л (табл. 4).

Таблиця 4

Кількість шкідливих речовин, що виділяє автотранспорт за 1 годину, л

Вулиця	Тип автомобілів								
	легкові автомобілі			автобуси			вантажівки		
	Шкідливі речовини								
	CO	C_5H_{12}	NO_2	CO	C_5H_{12}	NO_2	CO	C_5H_{12}	NO_2
вул. Винниченка	7,7	1,3	0,5	10,3	1,7	0,7	0,00	0,00	0,00
пр. Волі	8,0	1,3	0,5	7,7	1,3	0,5	0,06	0,01	0,00
пр. Соборності	10,5	1,8	0,7	13,8	2,3	0,9	0,20	0,04	0,02

Надалі нами визначено масу шкідливих викидів основних газів-забруднювачів для кожного виду транспорту за формулою:

$$m = V \cdot M / 22,4,$$

де V – кількість шкідливих речовин, що виділяє автотранспорт за 1 годину; M – масова частка основних шкідливих речовин – M (CO) = 28 г/моль; M (C_5H_{12}) = 72 г/моль; M (NO_2) = 46 г/моль. Результати наведено у табл. 5–7.

Таблиця 5

Маса шкідливих викидів основних газів-забруднювачів повітря на вул. Винниченка, л

Речовина	Тип автомобілів		
	легкові автомобілі	автобуси	вантажівки
CO	9,6	12,9	0,0
C ₅ H ₁₂	4,2	5,5	0,0
NO ₂	1,0	1,4	0,0

Таблиця 6

Маса шкідливих викидів основних газів-забруднювачів повітря на пр. Волі, л

Речовина	Тип автомобілів		
	легкові автомобілі	автобуси	вантажівки
CO	10,0	9,6	0,08
C ₅ H ₁₂	4,2	4,2	0,03
NO ₂	1,0	1,0	0,01

Таблиця 7

Маса шкідливих викидів основних газів-забруднювачів повітря на пр. Соборності, л

Речовина	Тип автомобілів		
	легкові автомобілі	автобуси	вантажівки
CO	13,1	17,3	0,25
C ₅ H ₁₂	5,8	7,4	0,12
NO ₂	1,4	2,9	0,03

За результатами підрахунків було визначено, що основна маса шкідливих речовин, котрі потрапляють в атмосферу, надходить від середньовантажних автомобілів (автобусів, маршрутних таксі). Після завершення всіх обчислень було обчислено кількість чистого повітря, яке необхідне для розчинення шкідливих речовин задля забезпечення санітарно-допустимих умов навколишнього середовища. Для цього суму викидів усіх типів автомобілів для певної речовини ділимо на ГДК цієї речовини, що для CO дорівнює 0,003 л, C₅H₁₂ – 0,025 л, NO₂ – 0,00194 л. Результати наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Кількість чистого повітря, необхідного для розчинення шкідливих речовин

Вулиця	Речовина	Сума викидів усіх типів автомобілів, л	Об'єм повітря для розчинення шкідливих речовин, м ³
вул. Винниченка	CO	22,5	7 500,0
	C ₅ H ₁₂	9,7	388,0
	NO ₂	2,4	1 237,1
пр. Волі	CO	19,7	6 566,7
	C ₅ H ₁₂	8,4	336,0
	NO ₂	2,0	1 030,9
пр. Соборності	CO	30,7	10 233,3
	C ₅ H ₁₂	13,3	532,0
	NO ₂	4,3	2 216,5

Отже, за результатами, отриманими під час дослідження, було встановлено, що повітря на вулицях міста Луцька є забрудненим. Найбільшим його забруднювачем є автотранспорт середньої вантажності (маршрутні таксі та автобуси). Основною забруднюючою речовиною є CO. Чадний газ потребує найбільшого об'єму повітря для розчинення. Іншою дуже токсичною речовиною є NO₂, що пояснюється необхідністю великої кількості об'єму повітря для розсіювання.

Беручи до уваги результати проведеного дослідження, були сформовані такі рекомендації щодо покращення стану атмосферного повітря в місті Луцьку:

- прийняття рішення міською радою про заборону руху легкових автомобілів у напрямку центру міста з метою зменшення завантаженості вулиць;
- поступове зменшення кількості маршрутних таксі, що їздять основними вулицями міста із одночасним зростанням кількості тролейбусів;
- створення об'їзних вулиць із метою розширення транспортної мережі міста;
- створення зелених зон на придорожніх ділянках вулиць із метою розсіювання та поглинання викидів автомобілів;
- заохочення містян до користування велотранспортом;
- створення соціальної реклами масового характеру для заохочення відмови від руху автомобілями в найбільш завантажених районах міста;
- перенесення великих об'єктів роздрібною торгівлі в передмістя з метою недопускання руху вантажівок містом.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На підставі проведених досліджень можна стверджувати, що основним джерелом забруднення атмосферного повітря у м. Луцьку є автотранспорт. Серед різних типів автотранспорту найбільшу інтенсивність руху на вулицях міста створюють легкові автомобілі. Висока завантаженість спостерігалася на пр. Соборності. Також було визначено, що основна маса шкідливих речовин, що потрапляють до атмосфери, надходить від середньовантажних автомобілів. Основною забруднюючою речовиною є СО, який потребує найбільшого об'єму чистого повітря ($10\ 233,3\ \text{м}^3$) для його розчинення. Можна виділити два основних критерії вулиць найбільшого забруднення атмосферного повітря у місті. Це вулиці із дуже високим забрудненням – пр. Соборності та помірним – вул. Винниченка та пр. Волі. Тому вважаємо доцільним впровадження запропонованих рекомендацій щодо покращення стану атмосферного повітря в місті Луцьку. У перспективі необхідним є створення єдиної інформаційної бази щодо стану та динаміки показників впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря, посилення ролі громадськості та рівня інформованості населення щодо покращення екологічної ситуації у місті. Все це окреслює перспективу подальших досліджень якості атмосферного повітря у місті Луцьку.

Джерела та література

1. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум : навч. посіб. / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко, В. М. Навроцький. – К. : Лібра, 2002. – 352 с.
2. Боярин М. В. Аналіз впливу автотранспорту на стан атмосфери міських ландшафтів (на прикладі м. Луцьк) / М. В. Боярин, І. М. Нетробчук, Л. А. Савчук // Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – Харків, 2015. – Вип. 13. – С. 54–59.
3. Гандзюк М. О. Забруднення атмосфери міста Луцька викидами автотранспортних засобів та заходи для зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля / М. О. Гандзюк // Вісн. СевНТУ : зб. наук. пр. Вип. 121. Серія : Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2011. – С. 169–176.
4. Екологічний паспорт м. Луцька [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://voladm.gov.ua/ekologichniy-pa>
5. Кіптенко Є. М. Розроблення схеми короткотермінового прогнозу забруднення повітря для міста Луцька / Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 318–330.
6. Нетробчук І. М. Динаміка забруднення атмосферного повітря у Волинській області / І. М. Нетробчук // Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. пр. : за заг. ред. Ф. В. Зузука. – Луцьк, 2016. – № 13. – С. 77–84.
7. Паньків Н. Є. Оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом / Н. Є. Паньків, Н. З. Тетерко // Наук. вісн. НЛТУ України. – 2016. – Вип. 268. – С. 215–223.
8. Петровська М. Аналіз впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова монооксидом карбону / М. Петровська, В. Морквич // Вісн. Львів. ун-ту. Серія географічна. – 2014. – Вип. 47. – С. 217–223.

References

1. Biliavskiy H. O. Osnovy ekolohii: teoriia ta praktykum : navch. posib. / H. O. Biliavskiy, L. I. Butchenko, V. M. Navrotskyi. – K. : Libra, 2002. – 352 s.

2. Boiaryn M. V. Analiz vplyvu avtotransportu na stan atmosfery miskykh landshaftiv (na prykladi m. Lutsk) / M. V. Boiaryn, I. M. Netrobchuk, L. A. Savchuk // Visn. Khark. nats. un-tu im. V. N. Karazina. Seriiia «Ekolohiia». – Kharkiv, 2015. – Vyp. 13. – S. 54–59.
3. Handziuk M. O. Zabrudnennia atmosfery mista Lutsk vykydamy avtotransportnykh zasobiv ta zakhody dlia zmenshennia vplyvu avtomobilnoho transportu na dovkillia / M. O. Handziuk // Visn. SevNTU : zb. nauk. pr. Vyp. 121. Seriiia : Mashynopryladobuduvannia ta transport. – Sevastopol, 2011. – S. 169–176.
4. Ekolohichniy pasport m. Lutsk [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://voladm.gov.ua/ekolohichniy-pa>
5. Kiptenko Ye. M. Rozroblennia skhemy korotkoterminovoho prohnozu zabrudnennia povitria dlia mista Lutsk / Ye. M. Kiptenko, T. V. Kozlenko // Nauk. pratsi UkrNDHMI. – 2007. – Vyp. 256. – S. 318–330.
6. Netrobchuk I. M. Dynamika zabrudnennia atmosfernoho povitria u Volynskii oblasti / I. M. Netrobchuk // Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii : zb. nauk. pr. : za zah. red. F. V. Zuzuka. – Lutsk, 2016. – № 13. – S. 77–84.
7. Pankiv N. Ye. Otsiniuvannia zabrudnennia atmosfernoho povitria vnaslidok zavantazhenosti vulyts Lvova avtotransportom / N. Ye. Pankiv, N. Z. Teterko // Nauk. visn. NLTU Ukrainy. – 2016. – Vyp. 268. – S. 215–223.
8. Petrovska M. Analiz vplyvu avtotransportu na zabrudnennia atmosfernoho povitria perekhrest vulyts Lvova monooksydom karbonu / M. Petrovska, V. Morkvych // Visn. Lviv. un-tu. Seriiia heohrafichna. – 2014. – Vyp. 47. – S. 217–223.

Нетробчук Ирина, Силивонюк Екатерина, Семенюк Александр. Анализ влияния автотранспорта на качество атмосферного воздуха улиц города Луцка. В настоящее время актуальной проблемой является загрязнение атмосферного воздуха в городах. В атмосферу систематически выбрасываются значительные количества загрязняющих веществ как от стационарных, так и перемещающихся источников. Основным загрязнителем атмосферы являются перемещающиеся источники, от которых в воздух поступает от 92 до 95 % от общего количества выбросов. Основными загрязняющими веществами атмосферного воздуха от автотранспорта являются оксид углерода, диоксид азота и неметановые соединения. Для определения загруженности улиц города Луцка выбраны три модальных участка: пр. Соборности, пр. Воли, ул. Винниченка. Наибольшая высокая интенсивность движения выявлена на пр. Соборности, который является главной магистралью Луцка. Вычислена масса вредных выбросов от автотранспорта, а также объемы чистого воздуха, необходимого для их растворения. Выделены два типа улиц: очень высокого и умеренного загрязнения. Предложены рекомендации относительно улучшения состояния атмосферного воздуха в городе Луцк.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющее вещество, автотранспорт, загруженность улиц, интенсивность движения, масса вредных выбросов.

Netrobchuk Iryna, Sylyvoniuk Kateryna, Semeniuk Oleksandr. Analysis of the Influence of Road Transport on the Quality of Atmospheric Air of the Lutsk's Streets. The article emphasizes that the actual problem today is air pollution in cities. It is stated that the pollutants of not only stationary but also mobile sources are regularly emitted into the atmosphere of urban systems. As a result of the study it was found that mobile sources, including transport, from which 92 % to 95 % of the total emissions are emitted into the air, remain the main pollutant. It has been investigated that the main pollutants of atmospheric air in the city of Lutsk from motor transport are carbon monoxide, nitrogen dioxide and non-methane compounds. To determine the pollution of the streets of Lutsk, depending on their traffic, three modal sections were selected: Sobornosti Avenue, Voli Avenue, Vynnychenko Street. As a result of the analysis it was found that the highest air pollution is on Sobornosti Avenue, which is the main Lutsk highway from the point of view of its congestion and there is an increased intensity of traffic. The mass of harmful emissions from motor vehicles and the amount of clean air needed to dissolve them in the investigated sections of the Lutsk transport network are calculated. There are two types of streets: very high and moderate pollution. Recommendations for improvement of atmospheric air in the city of Lutsk are offered.

Key words: atmospheric air, pollutant, road transport, traffic congestion, traffic intensity, mass of harmful emissions.

Стаття надійшла до редколегії
23.01.2020 р.