

DOI: 10.32347/2076-815x.2020.75.206-216

УДК 656.135.073

д.т.н., професор **Линник І.Е.**,  
linnik.xnugx@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8972-3250,  
к.т.н., доцент **Вакуленко К.Є.**,  
vakulenko.e@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0164-9437,  
Харківський національний університет  
міського господарства ім. О.М. Бекетова

## **ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УЗДОВЖ ПРОСПЕКТУ ЮВІЛЕЙНОГО В МІСТІ ХАРКОВІ**

*Запропоновано метод оцінки забруднення атмосферного повітря, який може бути використаний для прийняття доцільних заходів на різних етапах функціонування системи «дорога – навколишнє природне середовище». Розраховано концентрації забруднюючих речовин від автотранспорту на проспекті Ювілейному в місті Харкові. Запропоновано основні заходи щодо покращення стану атмосферного повітря на проспекті Ювілейному в м. Харкові.*

*Ключові слова: атмосферне повітря; шкідливі викиди; концентрації забруднюючих речовин.*

### **Постановка проблеми**

Одним із найважливіших завдань проектування, будівництва та експлуатації міських вулиць є забезпечення зниження викидів, що забруднюють атмосферу.

Основним джерелом виділення і викиду шкідливих речовин на автомобільних дорогах є транспортні засоби. Вплив транспортного потоку на навколишнє середовище розглядається як сума впливів одиночних автомобілів. Екологічна небезпека одиночного автомобіля визначається не тільки його конструкцією, але й режимом руху.

Небезпека забруднення хімічними речовинами внаслідок функціонування дорожнього комплексу оцінюється рівнем її можливого негативного впливу на атмосферу і людей. Тому актуальною проблемою є оцінка якості атмосферного повітря.

### **Аналіз джерел**

Останніми роками було досягнуто певних успіхів у розробці методів зниження кількості викидів, що забруднюють атмосферу [1–11].

Для оцінки забруднення атмосфери застосовується моніторинг повітря, який залежить від прямих вимірювань, біологічні вимірювання, де

використовуються біологічні маркери для оцінки впливу [4–6], методи біотестування, біодіагностики. Сьогодні, коли загострене протиріччя між економікою та екологією, важливо, щоб методи оцінки могли не тільки давати об'єктивне уявлення про стан атмосфери, але й були доступні в матеріальному плані.

Сучасні методи спираються на техніко-економічні критерії і не передбачають системної оптимізації обсягів робіт за кожним із заходів.

Аналіз існуючих методів довів, що вони мають несистемний характер. Крім того, спроби врахування негативного впливу дороги на біоценози, ландшафти в межах техніко-економічного підходу обмежені можливостями методів довготривалого прогнозування. Унаслідок сучасні, а не майбутні технологічні та економічні можливості суспільства стають основою, на якій будуються докази ефективності природоохоронних заходів.

На відміну від запропонованих раніше методів розв'язання проблеми оцінки забруднення атмосферного повітря в цій статті приділено увагу системній оптимізації заходів враховуючи технічні вимоги автомобілів, водіїв та санітарно-технічні вимоги пішоходів.

**Метою дослідження** є оцінити забруднення атмосферного повітря на проспекті Ювілейному в місті Харкові, розрахувати концентрації забруднюючих речовин від автотранспорту і запропонувати заходи щодо покращення стану атмосферного повітря.

**Оцінка забруднення атмосфери системи «дорога – навколишнє природне середовище»**

Потрібно знайти для системи «дорога – навколишнє природне середовище» оптимальну тактику поведінки – правило зміни ситуацій, що максимізує час існування системи  $T$ , тобто:

$$T \rightarrow \max. \quad (1)$$

Викиди забруднюючих атмосфери речовин розраховують за формулою:

$$M_i = 0,0548 M_x \rho_n X_i Q_1 \tau, \quad (2)$$

де  $M_i$  – викид шкідливих речовин, г/км;  $M_x$  – молекулярна маса токсичних речовин, г/моль;  $X_i$  – вміст шкідливих речовин, %;  $Q_1$  – витрати палива, т/рік, або кг/год, або г/с;  $\tau$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Витрати палива й кількість шкідливих викидів автомобілів можуть бути розраховані за формулами Н. Я. Говорущенко [12]:

$$Q_1 = \frac{1}{\rho} \left| A i_k + B i_k^2 V + C (C_{1a} \psi + 0,077 k F_k V^2 + 0,1 \delta C_{1a} \dot{V}) \right|, \quad (3)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт дорожнього опору;  $k$  – коефіцієнт опору повітря,  $\text{Нс}^2\text{м}^{-4}$ ;  $F_k$  – лобова площа автомобіля,  $\text{м}^2$ ;  $V$  – швидкість руху автомобіля,  $\text{м/с}$ ;  $\dot{V}$  – прискорення,  $\text{м/с}^2$ ;  $\delta$  – коефіцієнт урахування обертових мас;

$$A = \frac{7,95 a V_{\text{п}} i_0}{H_{\text{н}} \rho_{\text{п}} r_k}; \quad B = \frac{0,69 b V_{\text{п}} S_{\text{п}} i_0}{H_{\text{н}} \rho_{\text{п}} r_k^2}; \quad C = \frac{100}{H_{\text{н}} \rho_{\text{п}} \eta_{\text{тр}}};$$

$V_{\text{п}}$  – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;  $H_{\text{н}}$  – нижча теплота згоряння палива,  $\text{кДж/кг}$  ( $H_{\text{н}} = 44000 \text{ кДж/кг}$  – для бензину,  $H_{\text{н}} = 43000 \text{ кДж/кг}$  – для дизельного палива);  $\rho_{\text{п}}$  – щільність палива,  $\text{г/см}^3$  ( $\rho_{\text{п}} = 0,740$  – для бензину,  $\rho_{\text{п}} = 0,825$  – для дизельного палива);  $S_{\text{п}}$  – хід поршня, м;  $i_k$  – передаточне число коробки передач;  $i_0$  – передаточне число головної передачі;  $\eta_{\text{тр}}$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії ( $\eta_{\text{тр}} = 0,875$  – для автомобіля з одним провідним мостом,  $\eta_{\text{тр}} = 0,825$  – для автомобіля з двома провідними мостами);  $a$ ,  $b$  – постійні коефіцієнти ( $a = 48 \text{ кПа}$  – для дизелів,  $b = 16 \text{ кПа}$  – для дизелів,  $a = 45 \text{ кПа} \cdot \text{см}^{-1}$  – для карбюраторних двигунів,  $b = 13 \text{ кПа} \cdot \text{см}^{-1}$  – для карбюраторних двигунів,  $a_k$  дорівнює від 0,03 до 0,05 – для легкових автомобілів,  $a_k$  дорівнює від 0,05 до 0,07 – для вантажних автомобілів).

Коефіцієнт дорожнього опору  $\psi$  приблизно оцінюють:

$$\psi = \frac{0,01 V_{\text{ет}}}{V_a}, \quad (4)$$

де  $V_{\text{ет}}$  – максимально можлива швидкість руху автомобіля в еталонних умовах,  $\text{м/с}$ .

Підставляючи чисельні значення  $M_x$  у формулу (2) можна отримати такі залежності для визначення викидів різних речовин в атмосферу:

$$\text{Для CO:} \quad M_{\text{CO}} = 1,53 \rho_{\text{п}} X_{\text{CO}} Q_1 \tau, \quad (5)$$

де  $X_{\text{CO}} = 61,3 - 144\tau + 53\tau^2$ .

$$\text{Для NO:} \quad M_{\text{NO}} = 1,64 \rho_{\text{п}} X_{\text{NO}} Q_1 \tau, \quad (6)$$

де  $X_{\text{NO}} = -3,67 + 7,88\tau - 3,88\tau^2$ .

$$\text{Для NO}_2: \quad M_{\text{NO}_2} = 2,52 \rho_{\text{п}} X_{\text{NO}_2} Q_1 \tau, \quad (7)$$

де  $X_{\text{NO}_2} = -3,67 + 7,88\tau - 3,88\tau^2$ .

$$\text{Для C}_6\text{H}_{14}: \quad M_{\text{CH}} = 4,7 \rho_{\text{п}} X_{\text{CH}} Q_1 \tau, \quad (8)$$

де  $X_{\text{CH}} = 0,922 - 1,677\tau + 0,77\tau^2$ .

Концентрацію забруднюючих речовин в атмосферному повітрі  $C_i$ , у міліграмах на метр кубічний, на відстані « $x$ » від джерела забруднення розраховують за формулою Бозанке-Пірсона. Рішення цього рівняння у

випадку, коли транспортний потік розглядають як лінійне джерело, представляють у наступному вигляді [13, 14]:

$$C_i = \frac{\Delta M_i \cdot 1000 \eta}{W_v p x} \exp\left[-\frac{H}{p x}\right] + C_\phi, \quad (9)$$

де  $x$  – відстань від джерела забруднення до забудови або резервно-технологічної зони дороги, м;  $M_i$  – викид забруднювальної речовини, г/с на погонну довжину лінійного джерела 1 м;  $W_v$  – швидкість вітру, перпендикулярна напрямку дороги, м/с;  $H$  – висота джерела над проїзною частиною (0,4 м – для легкового транспортного потоку; 0,5 м – для змішаного транспортного потоку; 0,6 м – для вантажного транспортного потоку);  $p$  – коефіцієнт, що враховує вплив кута розсіювання забруднювальної речовини у вертикальній площині за рахунок турбулентності атмосфери ( $p$  приймають від 0,05 до 0,30);  $\Delta$  – коефіцієнт впливу озеленення дороги;  $\eta$  – коефіцієнт впливу забудови;  $C_\phi$  – фонові концентрації забруднювальної речовини в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>.

Коефіцієнт впливу забудови  $\eta$  визначають:

$$\eta = 1 + 0,044 (x - V_3 + L_T) + 0,0013 (x - V_3 + L_T)^2, \quad (10)$$

де  $V_3$  – відстань від джерела забруднення до забудови, м;  $L_T$  – довжина аеродинамічної тіні, м:

$$L_T = H_3 \quad \text{при } H_3 \leq L_{ш}, \quad (11)$$

$$L_T = L_{ш} \quad \text{при } H_3 > L_{ш}, \quad (12)$$

де  $H_3$  – висота забудови, м;  $L_{ш}$  – ширина забудови, м.

Запропонований метод визначення викидів і концентрацій забруднюючих речовин на відміну від існуючих заснований на системній оптимізації. Він може бути використаний для призначення доцільних заходів на різних етапах функціонування системи «дорога – навколишнє природне середовище».

### **Оцінка забруднення атмосфери на пр. Ювілейному в м. Харкові**

Аналіз екологічної ситуації проводився за забрудненням атмосферного повітря шкідливими викидами від автотранспорту.

Розрахунок концентрацій забруднюючих атмосферу речовин шкідливими викидами від автотранспорту проводився з використанням програми «NORM ESO». При цьому приймалось, що інтенсивність руху на пр. Ювілейному становила 3,5 тис. авт./год, швидкість вітру – 1,1 м/с. Результати розрахунків представлено на рисунках 1–6.

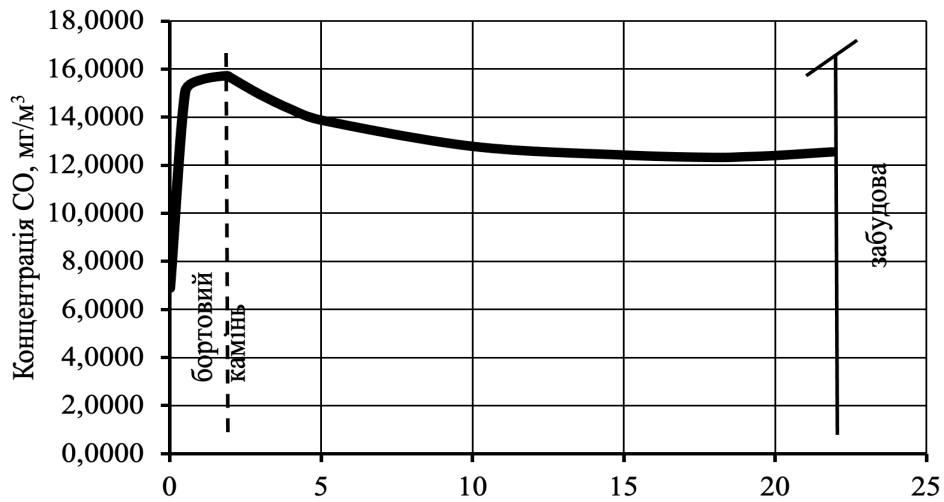


Рис. 1. Розсіювання CO на пр. Ювілейному.

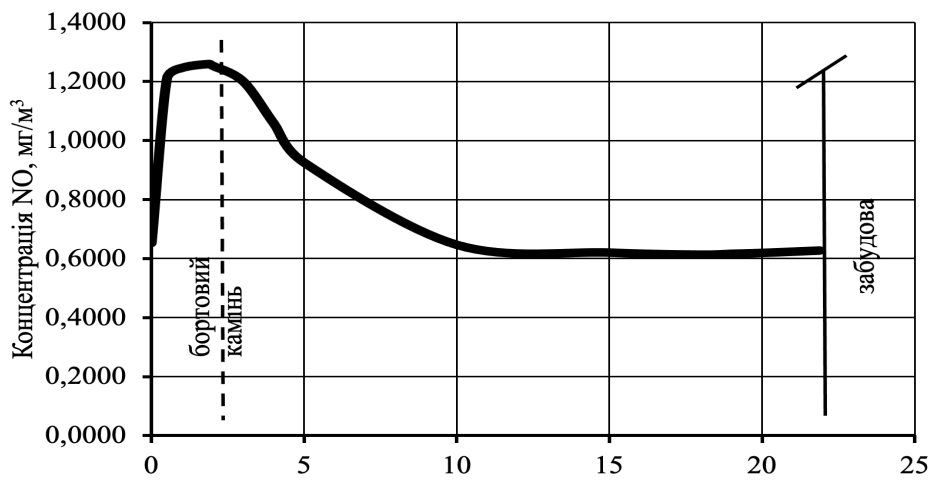


Рис. 2. Розсіювання NO на пр. Ювілейному.

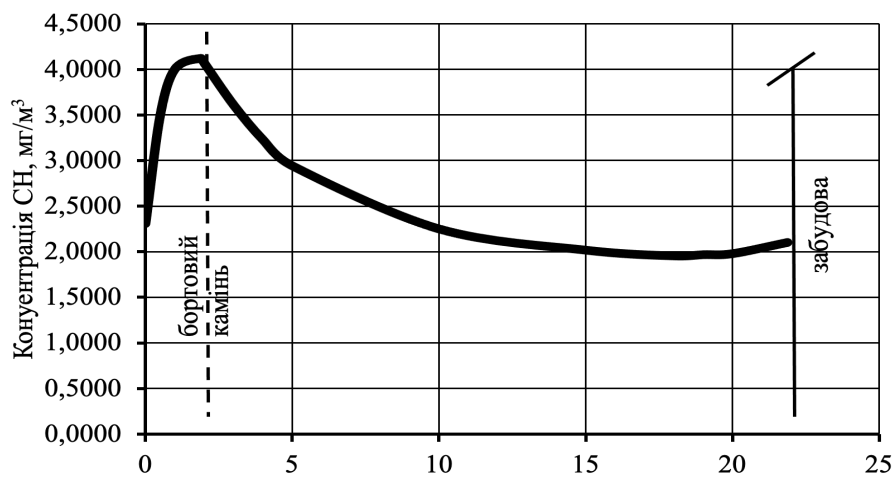


Рис. 3. Розсіювання СН на пр. Ювілейному.

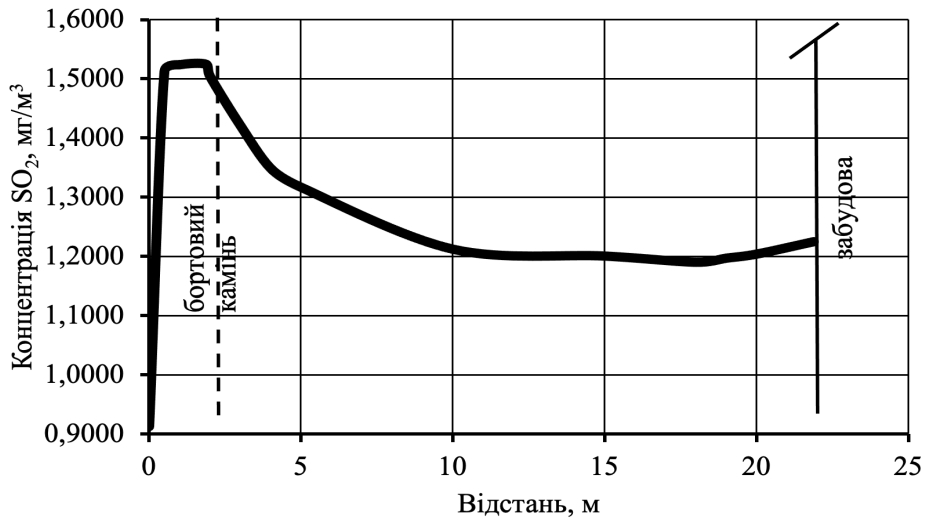


Рис. 4. Розсіювання SO<sub>2</sub> на пр. Ювілейному.

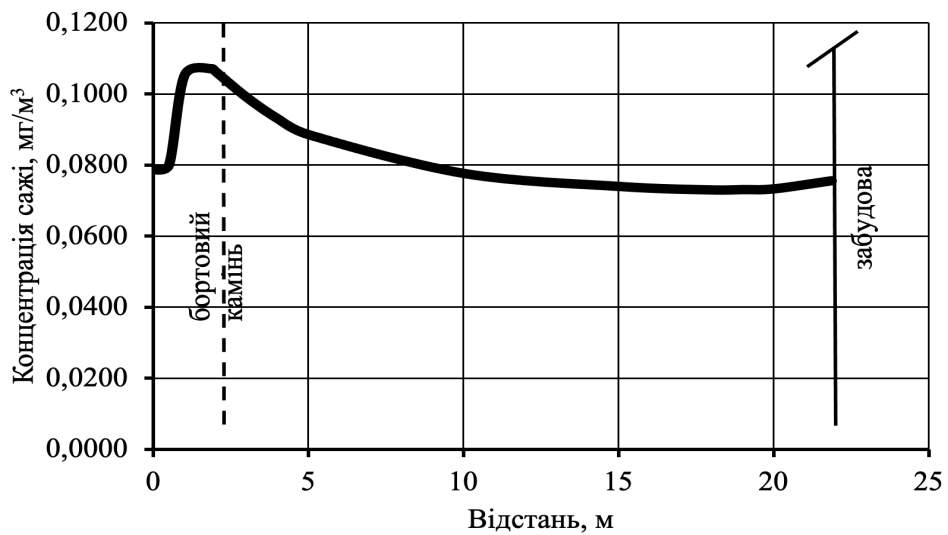


Рис. 5. Розсіювання сажі на пр. Ювілейному.

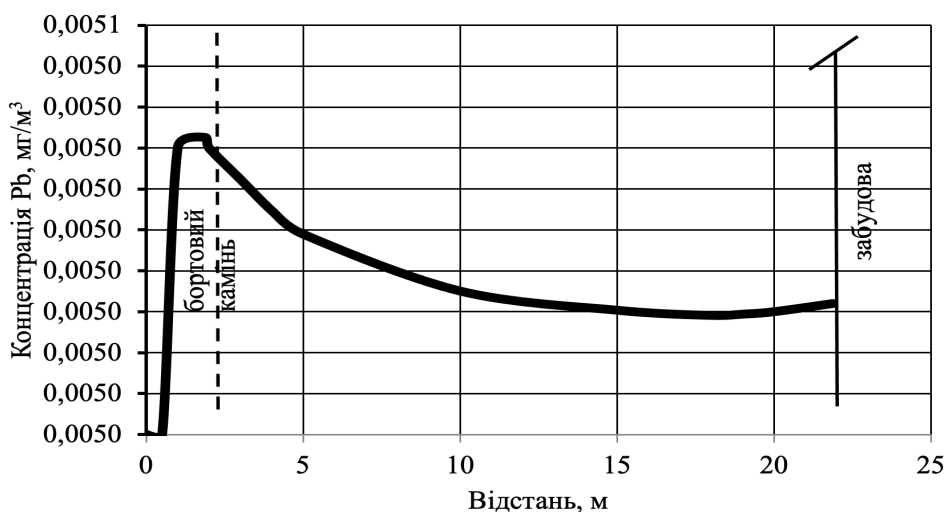


Рис. 6. Розсіювання свинцю Рb на пр. Ювілейному.

- З графіків видно, що концентрації у робочій зоні:
- окису вуглецю (CO) перевищують ГДК у 3,85 рази;
  - окису азоту (NO) перевищують ГДК у 3 рази;
  - гексану (CH) перевищують ГДК у 4 рази;
  - свинцю (Pb) перевищують ГДК у 5 разів;
  - сірчистого ангідриду (SO<sub>2</sub>) перевищують ГДК у 3 рази;
- сажі перевищують ГДК у 6 разів.

Концентрації забруднюючих речовин на рівні забудови:

- окису вуглецю (CO) перевищують ГДК у 2,5 рази;
- окису азоту (NO) перевищують ГДК у 1,5 разів;
- гексану (CH) перевищують ГДК у 2 рази;
- свинцю (Pb) перевищують ГДК у 5 разів;
- сірчистого ангідриду (SO<sub>2</sub>) перевищують ГДК майже у 2.5 рази;
- сажі перевищують ГДК у 5 разів.

Перевірка адекватності моделі оцінки забуднення атмосферного повітря проводилась за показником середньої помилки апроксимації способом порівняння розрахункових концентрацій забруднюючих атмосфери речовин з фактичними (рис. 7). Показник середньої помилки апроксимації становить 1,168 %, що задовольняє умовам адекватності та свідчить про збіг теоретичних і фактичних значень.

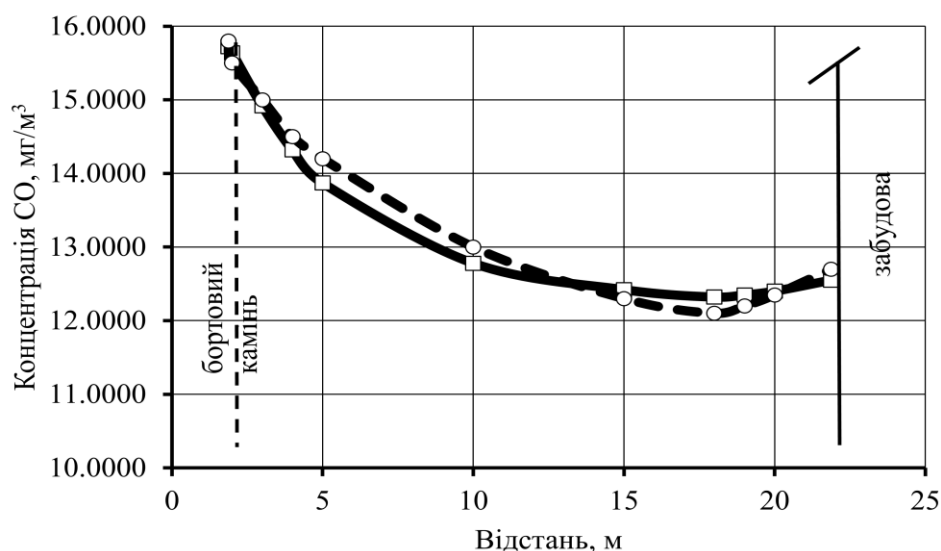


Рис. 7. Теоретичні й фактичні значення розсіювання CO на пр. Ювілейному:

— — — — — фактичні значення; ————— теоретичні значення

Тобто можна зробити висновок, що якість атмосферного повітря на проспекті Ювілейному погана і потребує проведення заходів щодо її покращення.

## **Заходи щодо покращення якості атмосферного повітря на проспекті Ювілейному в м. Харкові**

Для зниження загазованості на прилеглих до пр. Ювілейного територіях пропонуються такі містобудівні заходи [15]:

- обмежити пересування важкого вантажного транспорту на цій ділянці;
- регулювання швидкості руху транспорту;
- використання елементів організації дорожнього руху;
- максимальне озеленення прилеглих до вулиці територій;
- використання в озелененні шумозахисних і газозахисних порід дерев і чагарників;
- заміна існуючих віконних заповнень на пластикові склопакети, які є захисними від шкідливих факторів.

### **Висновки і рекомендації щодо подальшого використання**

Запропонований метод оцінки забруднення атмосферного повітря на відміну від існуючих заснований на системній оптимізації. Він може бути використаний для прийняття доцільних заходів на різних етапах функціонування системи «дорога – навколишнє природне середовище».

У результаті розрахунків концентрацій забруднюючих речовин від автотранспорту на проспекті Ювілейному виявилось, що майже за всіма речовинами їхні концентрації перевищують ГДК більше ніж у 3 рази.

Запропоновано основні заходи щодо покращення стану атмосферного повітря на проспекті Ювілейному в місті Харкові.

### **Особистий вклад авторів**

Усі результати досліджень, викладені у статті, отримані авторами особисто.

### **Список використаних джерел**

1. Гутаревич Ю.Ф. Пути снижения вредных выбросов автомобилями в атмосферу / Ю.Ф. Гутаревич, К.Е. Долганов. – Киев : Общество «Знание», 1980. – 24 с.
2. Миронов А.А. Автомобильные дороги и охрана окружающей среды / А.А. Миронов, И.Е. Евгеньев. – Томск : изд-во Томского университета, 1986. – 284 с.
3. Евгеньев И.Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог / И.Е. Евгеньев, В.В. Савин. – М. : Транспорт, 1989. – 239 с.
4. Hoek G. Methods for Assessing Long-Term Exposures to Outdoor Air Pollutants / G. Hoek // Curr Environ Health Rep. – 2017, Dec. – 4(4). – P. 450–462.
5. Sexton K. Assessment of Human Exposure to Air Pollution: Methods, Measurements, and Models [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218147/>.
6. Ann Y. Air Pollution, the Automobile, and Public Health [Електронний ресурс] / Y. Ann, Sc. D. Watson, R. Richard, M. D. Bates, D. Kennedy // Washington (DC): National Academies Press (US), 1988. – Режи доступу : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218150/>.
7. What is Air pollution? [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.conserve-energy-future.com/causes-effects-solutions-of-air-pollution.php>.



8. Орнатский Н.П. Автомобильные дороги и охрана природы / Н.П. Орнатский. – М.: Транспорт, 1982. – 176 с.
9. Хомяк Я.В. Автомобильные дороги и окружающая среда / Я.В. Хомяк, В.Ф. Скорченко. – Київ : Вища школа, 1983. – 159 с.
10. Ball D. The influence of highway related pollutants on environmental quality / D. Ball, R. Hamilton, R. Harrison // Highway Pollution. Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York, 1991. – P. 1–47.
11. Gjessing E, Effect of highway runoff on lake water quality / E. Gjessing, E. Lygren, L. Berglind, T. Gulbrandsen, R. Skaane // Science of the Total Environment 33, 1984. – P. 245–257.
12. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1990. – 135 с.
13. Линник І.Е. Оцінка та прогнозування екологічного стану дорожнього господарства : монографія / І. Е. Линник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 144 с.
14. Линник І.Е. Прогнозування екологічного стану автомобільних доріг / І. Е. Линник. // Містобудування та територіальне планування: [наук.-техн. зб.]. – Київ. – 2014. – Вип. 53. – С. 288–296.
15. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2018 році, Харківська обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2018.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna_dopovid_2018.pdf).

д.т.н., професор Линник И. Э., к.т.н., доцент Вакуленко К. Е.,  
Харьковский национальный университет  
городского хозяйства имени А. Н. Бекетова

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВДОЛЬ ПРОСПЕКТА ЮБИЛЕЙНОГО В ГОРОДЕ ХАРЬКОВЕ**

Предложен метод оценки загрязнения атмосферного воздуха, который может быть использован для принятия целесообразных мероприятий на различных этапах функционирования системы «дорога – окружающая природная среда». Основным источником выбросов вредных веществ на автомобильных дорогах являются транспортные средства. Влияние транспортного потока на окружающую среду рассматривается как сумма воздействий одиночных автомобилей. Экологическая опасность одиночного автомобиля определяется не только его конструкцией, но и режимом движения. В отличие от предложенных ранее методов решения проблемы оценки загрязнения атмосферного воздуха в статье уделено внимание системной оптимизации мероприятий, учитывающей технические требования автомобилей, водителей и санитарно-технические требования пешеходов. Рассчитаны концентрации загрязняющих веществ от автотранспорта на проспекте Юбилейном в Харькове. Предложены основные мероприятия по

улучшению состояния атмосферного воздуха на проспекте Юбилейном в городе Харькове.

Ключевые слова: атмосферный воздух; вредные выбросы; концентрации загрязняющих веществ.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Lynnyk Iryna,  
Ph.D., as. Prof., Vakulenko Kateryna,  
O. M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv

## ATMOSPHERIC AIR POLLUTION ALONG JUBILEE AVENUE IN THE CITY OF KHARKOV

A method for assessing air pollution was proposed, which can be used to take appropriate measures at various stages of the functioning of the "road - environment" system. The main source of emissions of harmful substances on highways is vehicles. The impact of traffic on the environment is considered as the sum of the impacts of single vehicles. The environmental hazard of a single car is determined not only by its design, but also by the driving mode. In contrast to the previously proposed methods for solving the problem of assessing atmospheric air pollution, the article pays attention to the systemic optimization of measures that takes into account the technical requirements of cars, drivers and sanitary requirements of pedestrians. Concentrations of pollutants from automobile transport on Yubileiny Avenue in Kharkov are calculated. The main measures to improve the state of atmospheric air on Yubileiny Avenue in the city of Kharkov are proposed.

Key words: atmospheric air; harmful emissions; concentration of pollutants.

### REFERENCES

1. Gutarevich Yu.F. Puti snizheniya vrednykh vybrosov avtomobilyami v atmosferu / Yu.F. Gutarevich, K.E. Dolganov. – Kiev : Obshchestvo «Znanie», 1980. – 24 s. {in Russian}.
2. Mironov A. A. Avtomobilnye dorogi i okhrana okruzhayushhej sredy / A.A. Mironov, I.E. Evgen`ev. – Tomsk : izd-vo Tomskogo universiteta, 1986. – 284 s. {in Russian}.
3. Evgen`ev I.E. Zashhita prirodnoj sredy pri stroitelstve, remonte i sodержanii avtomobilnykh dorog / I. E. Evgen`ev, V. V. Savin. – M. : Transport, 1989. – 239 s. {in Russian}.
4. Hoek G. Methods for Assessing Long-Term Exposures to Outdoor Air Pollutants / G. Hoek // Curr Environ Health Rep. – 2017, Dec. – 4(4). – P. 450–462. {in English}.

5. Sexton K. Assessment of Human Exposure to Air Pollution: Methods, Measurements, and Models [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218147/>. {in English}.
6. Ann Y. Air Pollution, the Automobile, and Public Health [Електронний ре-сурс] / Y. Ann, Sc. D. Watson, R. Richard, M. D. Bates, D. Kennedy // Washington (DC): National Academies Press (US), 1988. – Rezhim dostupu : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218150/>. {in English}.
7. What is Air pollution? [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.conserve-energy-future.com/causes-effects-solutions-of-air-pollution.php>. {in English}.
8. Ornatskij N.P. Avtomobilnye dorogi i okhrana prirody / N.P. Ornatskij. – M.: Transport, 1982. – 176 s. {in Russian}.
9. Khomyak Ya.V. Avtomobilnye dorogi i okruzhayushhaya sreda / Ya.V. Khomyak, V.F. Skorchenko. – Kiyiv : Vishha shkola, 1983. – 159 s. {in Russian}.
10. Ball D. The influence of highway related pollutants on environmental quality / D. Ball, R. Hamilton, R. Harrison // Highway Pollution. Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York, 1991. – P. 1–47. {in English}.
11. Gjessing E, Effect of highway runoff on lake water quality / E. Gjessing, E. Lygren, L. Berglind, T. Gulbrandsen, R. Skaane // Science of the Total Environment 33, 1984. – P. 245–257. {in English}.
12. Govorushhenko N.Ya. Ekonomiya topliva i snizhenie toksichnosti na avtomobilnom transporte / N.Ya. Govorushhenko. – M. : Transport, 1990. – 135 s. {in Russian}.
13. Lynnyk I.E. Oczinka ta prognozuvannya ekologichnogo stanu dorozhnogo gospodarstva : monografiya / I. E. Lynnyk ; Kharkiv. nacz. un-t misk. gosp-va im. O. M. Beketova. – Kharkiv : KhNUMG im. O. M. Beketova, 2017. – 144 s. {in Ukrainian}.
14. Lynnyk I.E. Prognozuvannya ekologichnogo stanu avtomobilnikh dorig / I. E. Lynnyk. // Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya: [nauk.-tekhn. zb.]. – Kiyiv. – 2014. – Vip. 53. – S. 288–296. {in Ukrainian}.
15. Dopovid pro stan navkolishnogo prirodnogo seredovishha v Kharkivskij oblasti u 2018 roczi, Kharkivska oblasna derzhavna administracziya, Departament ekologiyi ta prirodnikh resursiv [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : [https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna\\_dopovid\\_2018.pdf](https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1006/100511/Attaches/regionalna_dopovid_2018.pdf). {in Ukrainian}.