

УДК 502.175:656.13.05

[0000-0001-8975-851X] **Л. Б. Ящук**, канд. хім. наук, доцент  
e-mail: l\_yashchuk@ukr.net  
Черкаський державний технологічний університет  
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

## МОЖЛИВОСТІ РОЗРАХУНКОВИХ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ В ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

*Одним із основних джерел забруднення атмосферного повітря міст у наш час є автомобільний транспорт. Наслідком збільшення кількості автотранспорту є зростання рівня забруднення забудованих територій. Актуальним та перспективним напрямом досліджень є застосування комплексу методів моніторингу для визначення внеску транспортної мережі міських агломерацій у забруднення атмосферного басейну та розробка заходів щодо оптимізації дорожнього руху.*

*Оцінка екологічної доцільності під час організації дорожнього руху в місті визначалася розрахунком обсягів викидів автотранспорту на регульованих перехрестях залежно від інтенсивності трафіку. З використанням розрахункових методів моніторингу проаналізовано інтенсивність викидів автотранспорту на досліджуваних ділянках м. Черкаси. Кореляції між інтенсивністю транспортних потоків та обсягами викидів на регульованих перехрестях не відмічено. В зоні дослідних ділянок виявлено перевищення допустимого рівня забруднення атмосферного повітря за всіма речовинами. Найбільші перевищення ГДК забруднюючих речовин спостерігалися на вулицях з інтенсивним рухом автомобільного транспорту і тривалим часом заборонного сигналу світлофора. Так, наприклад, перехрестя вул. Чорновола – проспект Хіміків характеризується середньою інтенсивністю транспортного потоку, але має найбільші значення викидів забруднюючих речовин через значну тривалість заборонного сигналу світлофора. Пропонується зменшити час сигналу на 30 %, що зменшить концентрацію шкідливих речовин, таких як CO, NO<sub>2</sub>, вуглеводні та SO<sub>2</sub> у кілька разів.*

**Ключові слова:** *атмосферне повітря, моніторинг, автотранспорт, розрахункові методи, екологічні нормативи.*

**Вступ.** Сучасна забудова міст в Україні часто відбувається вздовж побудованих ще в середині ХХ ст. транспортних міських шляхів. Значне збільшення кількості автомобілів у країні та наявність застарілих транспортних систем, побудованих без урахування принципів сталого розвитку, суттєво впливають на погіршення атмосферного повітря урбоценозів [1, 2]. Забруднення атмосферного повітря автотранспортом визначається не лише потужністю джерела забруднення чи його інтенсивністю. Просторові характеристики транспортних артерій та особливості атмосферних процесів і мікроклімату міського середовища значною мірою можуть визначати характер та інтенсивність забруднення повітряного басейну [3, 4, 5].

Основними підходами для встановлення кількісної величини впливу забруднюючої речовини є аналіз даних системи моніторингу за станом атмосферного повітря населених

пунктів та використання математичних моделей прогнозування забруднення [6]. Регресійні моделі (Land-use regression models, LUR) розглядають концентрацію забруднюючої речовини як змінну величину, яка залежить від параметрів транспортного потоку, щільності автодоріг у точці дослідження, метеорологічних та інших показників, які є визначальними для прогнозування концентрації у заданій точці. Таким чином, регресійні моделі дозволяють врахувати визначальні фактори для формування та просторового поширення забруднення, обумовленого автомобільним транспортом, і найкраще підходять для оцінки якості атмосферного повітря у межах селітебних зон міст, особливо за умов відсутності чи неповноти даних спостереження за станом атмосферного повітря [7].

У час високої розвиненості транспортної інфраструктури важливим є розроблення оптимізаційних заходів, спрямованих на зни-

ження загазованості повітря шкідливими викидами автотранспорту, оскільки транспорт є основним джерелом забруднення повітря у великих містах.

Метою роботи є комплексна оцінка ступеня хімічного забруднення атмосферного повітря м. Черкаси викидами автомобільного транспорту. Для цього були поставлені задачі:

- дослідження особливостей формування хімічного забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту на найбільш завантажених регульованих перехрестях транспортних магістралей м. Черкаси на підставі натурних досліджень;
- оцінки забруднення приземного шару атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобільних транспортних засобів на дослідних ділянках за допомогою математичних моделей.

**Виклад основного матеріалу.** Вплив автомобільного транспорту на екологічну ситуацію у нашій країні досяг критичної межі. Серед значної кількості джерел забруднення навколишнього природного середовища суттєву небезпеку становлять автотранспортні системи (автомобільні дороги та транспортні засоби). Проблемою великих міст є екологічна безпека, пов'язана зі станом повітря в місцях найбільш інтенсивних транспортних потоків, якими, перш за все, є перехрестя.

Дослідження фахівців показують, що найбільш інтенсивне зменшення концентрації забруднювальних речовин відбувається у зоні 12-20 м від дороги [1].

Аналіз попереднього досвіду екологічних досліджень у дорожньо-транспортній сфері показує, що у більшості вони проводяться окремо для транспортних потоків та автомобільних доріг.

Моніторинг за станом атмосферного повітря в м. Черкаси свідчить про особливості метеорологічного режиму в обласному центрі, які зумовлені забудовою міських мікрорайонів, розміщенням на березі водосховища та територіальним розташуванням промислового комплексу. Восени та навесні в межах міської екосистеми часто утворюються тумани. Літо з тривалими періодами засухи у поєднанні з безвітряною погодою призводять до низької здатності повітря до природного самоочищення в межах урбоекосистеми та до сталого його забруднення [8, 9]. В м. Черкаси є кілька великих транспортних артерій: бульвар Шевченка, вулиці Благовісна, Чорновола та Смілянська. Дослідження особливостей транспортного навантаження в межах міста показало, що у структурі руху переважає транспорт легковий – 72 %, автобуси – 27 %, на частку вантажівок припадає близько 1 % [10]. Серед основних проблем у розподілі транспортних потоків у м. Черкаси є: відсутність єдиної системи управління громадським транспортом та чітких графіків руху, відсутність сполучення різних районів у межах одного маршруту, дублювання автобусних маршрутів із тролейбусними.

**Матеріали та методи досліджень.** Вивчення особливостей формування хімічного забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту на найбільш завантажених регульованих перехрестях транспортних магістралей м. Черкаси проводили розрахунковим методом, а усереднення отриманих даних зроблено на основі типології перехрестя.

Для дослідження було обрано сім перехресть (дослідних ділянок) з різною інтенсивністю руху транспорту (таблиця 1).

Таблиця 1 – Розподіл дослідних ділянок залежно від інтенсивності трафіку транспорту

Інтенсивність руху автотранспорту	№ дослідної ділянки	Перехрестя вулиць
Висока інтенсивність	1	Грушевського – Благовісна
	2	Смілянська – Надпільна
	3	Чорновола – Благовісна
Середня інтенсивність	4	Можайського – бульвар Шевченка
	5	Чорновола – проспект Хіміків
Низька інтенсивність	6	Чехова – Надпільна
	7	Сумгайтська – Ярославська

Для визначення рівня хімічного забруднення атмосферного повітря на дослідних ділянках використовували методику розрахунку

викидів автотранспорту в районі регульованого перехрестя [11]. Інтенсивність забруднення і-тою забруднюючою речовиною  $M_{Pi}$  в зоні

перехрестя при заборонному сигналі світлофора визначали за основною формулою методики:

$$M_{\text{Пі}} = \frac{P}{40} \cdot \sum_{n=1}^{N_{\text{ц}}} \cdot \sum_{k=1}^{N_{\text{гр}}} (M'_{\text{пі}}, k \cdot Gk, n). \quad (1)$$

Відбір матеріалу проводили одноразово, в денний час. Інтенсивність руху автотранспорту визначали методом підрахунку різних типів автомобілів на 1 годину. На кожній точці спостереження проводилась оцінка вулиці за критеріями: тип та нахил вулиці, швидкість вітру, відносна вологість повітря, наявність захисної смуги з дерев.

Розрахунок концентрації чадного газу як основного забруднюючого компонента вихлопних газів проводили за формулою Бегма, модифікованою Шаповаловим [12].

$$K_{\text{CO}} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_{\text{T}}) \cdot K_{\text{а}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}}. \quad (2)$$

Для визначення ступеня забруднення повітря розрахована на дослідних ділянках концентрація CO порівнювалась з ГДК чадного газу для атмосферного повітря [12].

Розрахунок концентрації забруднюючих речовин у зоні перехрестя проводився з використанням моделі розсіювання Гауса на основі методики ОНД-86 [13] та за допомогою «Gaussian Dispersion Model Calculator».

Інтенсивність автотранспортних потоків на обраних ділянках вулично-дорожньої мережі охарактеризовано на основі проведеного загального обліку руху автотранспорту в обох напрямках. Для визначення максимального транспортного навантаження на зазначених перехрестях спостереження проводилися протягом робочого тижня в години «пік»: з 8 до 11 та з 16 до 19 годин. Щільність транспортних потоків через досліджувані перехрестя зображено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Добова інтенсивність руху транспортних засобів на перехрестях за день (в одиницях)

**Результати досліджень.** Аналіз транспортного навантаження на дослідних перехрестях (рисунок 1) показав, що найбільшу частку в структурі автотранспортних засобів під час натурних досліджень становлять лег-

кові автомобілі, друге місце посідають автобуси. Найбільше вантажного автотранспорту спостерігалось на перехрестях транспортних магістралей (таблиця 2, дослідні ділянки 1, 2, 3).

Таблиця 2 – Середня сумарна кількість транспортних засобів на дослідних ділянках за день

№ з/п ділянки	Загальна кількість автотранспорту	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Автобуси
1	4279	3449	88	430
2	5012	3810	92	735
3	4068	3286	80	413
4	2846	2298	31	301
5	3342	2634	78	386
6	1976	1700	47	87
7	2263	1766	56	198

Для дослідження компонентного складу сумарних викидів шкідливих речовин залежно від кількості та типу автомобілів на перехрестях було використано усереднені питомі ви-

киди двигунів транспортних засобів (г/хв), що враховують режим руху автомобілів в районі перетину перехрестя (гальмування, холостий хід, розгін) (таблиця 3) [14, 15].

Таблиця 3 – Питомі значення обсягів викидів для автомобілів, що знаходяться в зоні перехрестя

Найменування групи автомобілів	№ групи	Викиди, г/хв					
		CO	NO <sub>x</sub> (в перерах. на NO <sub>2</sub> )	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Сажа	SO <sub>2</sub>	Бенз(а)пірен
Легкові вітчизняні	I <sub>в</sub>	0,8	0,02	0,12	0,02	0,006	0,4 · 10 <sup>-6</sup>
Легкові зарубіжні	I <sub>з</sub>	0,3	0,01	0,05	0,01	0,006	0,2 · 10 <sup>-6</sup>
Мікроавтобуси й автофургони	II	2,0	0,04	0,25	0,04	0,012	0,8 · 10 <sup>-6</sup>
Автобуси бензинові	III	4,0	0,08	0,9	-	0,009	1,2 · 10 <sup>-6</sup>
Автобуси дизельні	IV	1,1	0,11	0,6	0,2	0,015	1,6 · 10 <sup>-6</sup>
Вантажні бензинові, маса яких більша 3,5 т (враховуючи ті, що працюють на зрідженому газі)	V	10,0	0,12	1,2	-	0,009	4,0 · 10 <sup>-6</sup>
Вантажні дизельні, маса < 12 т	VI	1,5	0,12	0,6	0,23	0,02	2,0 · 10 <sup>-6</sup>
Вантажні дизельні, маса > 12 т	VII	12,0	8,0	6,5	0,5	0,12	2,5 · 10 <sup>-6</sup>

Найбільший вплив на концентрацію шкідливих викидів у повітрі на перехрестях, враховуючи коефіцієнт токсичності транспортних засобів, мають автобуси з бензиновим та дизельним двигуном. Це властиво для всіх груп шкідливих викидів. На обсяги викидів NO<sub>2</sub> суттєвий вплив мають автобуси та ван-

тажівки з дизельним двигуном) [15].

Розрахункова інтенсивність викидів забруднюючих речовин у зоні досліджуваних перехресть свідчить про відсутність прямої залежності між кількістю транспортних засобів, що перетинають перехрестя, та інтенсивністю викидів (таблиця 4).

Таблиця 4 – Розрахунковий обсяг викидів небезпечних речовин в зоні досліджуваних перехресть

№	Викид забруднюючої речовини, г/с						
	CO	NO <sub>x</sub> (в перерах. на NO <sub>2</sub> )	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Сажа	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	Бенз(а)пірен
1	10,00	0,35	2,13	0,44	0,10	0,16	6,3 · 10 <sup>-6</sup>
2	19,49	0,70	4,37	0,86	0,18	0,43	1,2 · 10 <sup>-6</sup>
3	8,55	0,30	1,83	0,38	0,09	0,13	5,4 · 10 <sup>-6</sup>
4	11,75	0,41	2,46	0,49	0,12	0,18	7,2 · 10 <sup>-6</sup>
5	17,26	0,60	3,68	0,75	0,16	0,26	1,1 · 10 <sup>-6</sup>
6	3,73	0,11	0,67	0,13	0,04	0,03	2,2 · 10 <sup>-6</sup>
7	4,97	0,16	0,97	0,19	0,05	0,06	2,92 · 10 <sup>-6</sup>

Головним чинником збільшення чи зменшення інтенсивності викидів у повітря є категорії автотранспорту та час заборонного сигналу світлофора (чим довший сигнал, тим

більший час роботи автомобіля в режимі холостого ходу).

Основну частину викидів автотранспорту на дослідних ділянках займає чадний газ

(понад 50 % від загальної кількості викидів). Порівняння інтенсивності викидів оксиду карбону з інтенсивністю руху автотранспорту

(рисунк 2) свідчить про відсутність прямої залежності між цими двома критеріями.

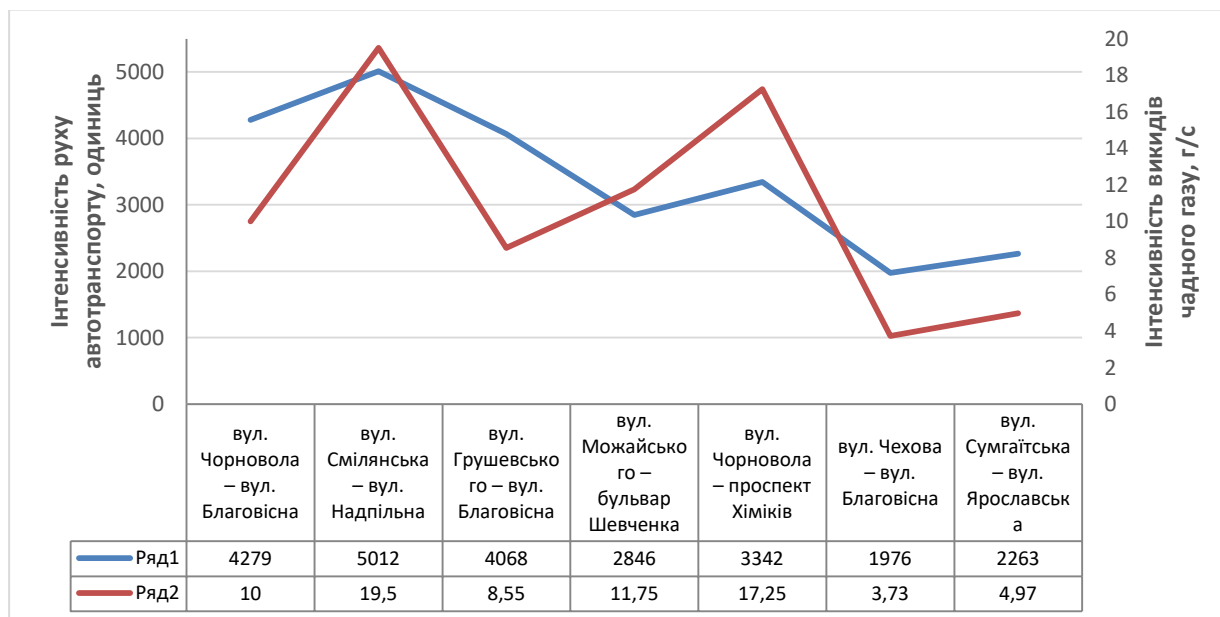


Рисунок 2 – Співвідношення інтенсивності руху автотранспорту і обсягу викидів чадного газу на дослідних ділянках

Розрахункова концентрація забруднюючих речовин у зоні досліджуваних перехресть (таблиця 5) свідчить про значне забруднення атмосферного повітря по всіх хімічних речовинах у складі викидів автотранспорту. Висока інтенсивність руху транспорту в межах міста, де розташовані щільні забудови,

низька провітрюваність вулиць зумовлює накопичення в атмосфері шкідливих речовин, в цьому випадку СО. Викиди чадного газу є стійкими та можуть зберігатися в атмосфері протягом 2-4 місяців, навіть якщо ці викиди буде припинено.

Таблиця 5 – Розрахункова концентрація забруднюючих речовин в зоні досліджуваних перехресть та значення ГДК для речовин

№	Викид забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>						
	СО	NO <sub>x</sub> (в перерах. на NO <sub>2</sub> )	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Сажа	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	Бенз(а)-пірен
1	19,60	0,70	4,18	0,87	0,20	0,31	1,2 · 10 <sup>-5</sup>
2	38,20	1,37	8,56	1,69	0,35	0,84	2,35 · 10 <sup>-6</sup>
3	16,76	0,60	3,58	0,75	0,17	0,25	1,1 · 10 <sup>-5</sup>
4	23,03	0,79	4,81	0,97	0,23	0,34	1,4 · 10 <sup>-6</sup>
5	33,82	1,18	7,22	1,47	0,32	0,52	2,16 · 10 <sup>-6</sup>
6	7,31	0,22	1,32	0,25	0,07	0,05	4,31 · 10 <sup>-6</sup>
7	9,74	0,31	1,90	0,37	0,09	0,11	5,68 · 10 <sup>-6</sup>
ГДК	5	0,2	1	0,15	0,5	0,035	0,1 · 10 <sup>-6</sup>

Найбільші перевищення спостерігалися на вулицях з інтенсивним рухом автомобільного транспорту і щільною забудовою, тобто там, де погані умови провітрювання території, внаслідок чого відбувається повільне розсіювання шкідливих речовин.

Порівняння викидів СО в атмосферне повітря в межах дослідних ділянок (рисунк 3) свідчить, що найбільший рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю за годину спостерігається на модельній ділянці № 1 «вул. Чорновола – вул. Благівісна» – 45,3 мг/м<sup>3</sup>, що в 7 разів перевищує ГДК.



**Рисунок 3 – Обсяги викидів CO в атмосферне повітря автотранспортом за годину в межах дослідних ділянок м. Черкаси**

Проведений розрахунок концентрації чадного газу в атмосферному повітрі в межах дослідних ділянок міста вказує на підвищену загрозу для здоров'я людини при проживанні

та постійному перебуванні в районах інтенсивного завантаження транспортних перехресть (рисунок 4).



**Рисунок 4– Рівень забрудненості чадним газом дослідних ділянок на карті м. Черкаси**

Оксид вуглецю є однією з основних шкідливих речовин, які потрапляють в атмосферне повітря через відпрацьовані гази автомобілів. Оксид вуглецю є основною речовиною, що порушує газообмін в організмі. Вміст CO у повітрі 0,01 % з тривалістю дії понад одну годину спричиняє головний біль, погіршення реакції та зменшення працездатності. Більші концентрації та тривале вдихання призводить до серцево-судинних захворювань, розвитку атеросклерозу, враження центральної нервової системи, інфаркту міокарда, розвитку легеневих захворювань [7].

**Висновки** Для оцінки ролі впливу автотранспорту на якість атмосферного повітря залежно від особливостей транспортної системи міста було обрано перехрестя з найбільшою інтенсивністю транспортних потоків, наслідком чого є висока ймовірність забруднення повітряного басейну викидами транспорту в концентраціях, що перевищують ГДК.

Розрахунок ступеня забрудненості повітря в межах міських перехресть показав значний вплив нераціональної та застарілої експлуатації транспортної мережі на рівень забруднення атмосферного повітря та необ-

хідність реформування транспортної системи м. Черкаси.

В районі регульованих перехресть спостерігається значне перевищення викидів забруднюючих речовин від автотранспорту. Значну частину від загальної кількості викидів займають чадний газ (50-65 %) і вуглеводні (10-20 %).

Розрахована інтенсивність викидів свідчить про перевищення допустимого рівня забруднення по всіх хімічних речовинах у складі викидів автотранспорту. Прямої залежності між кількістю транспортних засобів, що перетинають перехрестя, та інтенсивністю викидів не відмічено. Найбільші перевищення отримано на вулицях з інтенсивним рухом автомобільного транспорту і довгим часом заборонного сигналу світлофора. Зокрема, перехрестя вул. Чорновола – проспект Хіміків характеризується середньою інтенсивністю транспортного потоку, але має більші значення викидів забруднюючих речовин через значну тривалість заборонного сигналу світлофора. Пропонується зменшити час сигналу на 30 %, що зменшить концентрацію шкідливих речовин, таких як CO, NO<sub>2</sub>, CH та SO<sub>2</sub> у кілька разів.

Система екологічної безпеки атмосферного повітря у м. Черкаси вимагає удосконалень у зв'язку з перевищеннями фактичних значень забрудненості над нормативними параметрами.

Рекомендації з покращення екологічного стану перехресть можуть бути розроблені через оптимізацію транспортних потоків із застосуванням інтелектуальних транспортних систем.

Для усунення екологічної проблеми загазованості перехресть необхідно зменшувати інтенсивність транспортних потоків через транспортні розв'язки.

Для покращення якості атмосферного повітря в м. Черкаси у зв'язку зі зростаючим тиском пересувних джерел забруднення в обласному центрі доцільно запровадити такі заходи:

– заохочення власників автопарку, що займаються міськими перевезеннями, переходити на сучасні моделі міського транспорту з використанням більш екологічно чистих видів пального;

– розробка та впровадження транспортної реформи в місті, яка б враховувала особливості транспортної мережі міста та відпові-

дала сучасним вимогам ЄС до організації міських перевезень;

– будівництво об'їзних шляхів поза містом для транзитного і вантажного транспорту;

– збільшення кількості зелених насаджень поруч із автомагістралями.

Екологічна безпека на території м. Черкаси має забезпечуватися широким комплексом взаємопов'язаних заходів. Вони повинні утворювати своєрідний правовий механізм, який слід розуміти як систему засобів, спроможну посилювати рівень екологічної безпеки, попереджувати погіршення екологічної обстановки транспортних перехресть і виникнення небезпеки для населення.

### Список використаних джерел

- [1] Г. Р. Фоменко, "Транспортні потоки та їхній вплив на рівень забруднення міських магістралей", *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, т. 31 (70), ч. 2, № 3, с. 119-123, 2020.
- [2] О. Чернишов, *Вплив транспорту на екологію міста. Аналіз та стратегії для України*. Харків, Україна, 2016. Режим доступу: <https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport>.
- [3] В. І. Гук, та Ю. М. Шкодовський, *Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці: монографія*. Харків, Україна: Золоті сторінки, 2009.
- [4] В. Ф. Бабій, В. М. Худова, та О. Є. Кондратенко, "Нагальні проблеми впливу сучасного автотранспорту на довкілля", *Гігієна населених місць: зб. наук. пр.*, вип. 58, с. 53-60, 2011.
- [5] Haneen Khreis, Mark Nieuwenhuijsen, and Tara Ramani, *Traffic-Related Air Pollution Book*, 2020. [Online]. Available: <https://www.googleadservices.com/pagead/>.
- [6] О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, С. Р. Артем'єв та ін., *Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія*. Харків, Україна: НУГЗУ, 2015.
- [7] О. В. Ананьєва, "Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту": дис. канд. біол. наук, Київ, 2017.
- [8] О. О. Мислюк, та Л. М. Гримак, "Вплив транспортної мережі на екологічну безпеку міста Черкаси", на *Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів*.

- тів *Екологічна безпека держави: тези доп.* (16-18 квіт. 2013 р.), Київ, 2013, с. 5.
- [9] *Профіль міста Черкаси*. Черкаси, 2020.
- [10] Л. Б. Ящук, "Оцінка внеску автотранспорту в забруднення атмосфери м. Черкаси", на *Всеукр. наук.-практ. конф. курсантів і студентів Пожежна та техногенна безпека: Наука і практика* (15-16 квіт. 2018 р.), Черкаси: ЧПБ, 2018, с. 160-161.
- [11] *Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов*. Москва, 1999.
- [12] ДСТУ 4277:2004. *Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі*. Київ, 2004.
- [13] *Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств / ОНД 86, Госкомгідромета*, 1997.
- [14] І. А. Кара, "Екологічна небезпека від транспортних потоків у містах (на прикладі загазованості повітряного басейну)", *Молодий вчений*, № 9 (61), с. 436-441, вересень 2018.
- [15] Н. Є. Паньків, та Н. З. Тетерко, "Оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом", *Науковий вісник НЛТУ України*, вип. 26.8, с. 215-223, 2016.
- the impact of modern motor transport on the environment", *Hihiena naselenykh mists: collection of sci. papers*, iss. 58, pp. 53-60, 2011 [in Ukrainian].
- [5] Haneen Khreis, Mark Nieuwenhuijsen, and Tara Ramani, *Traffic-Related Air Pollution Book*, 2020. [Online]. Available: <https://www.googleadservices.com/pagead/>.
- [6] О. Н. Vasenko, O. V. Rybalova, C. R. Artemyev et al., *Integral and complex assessments of the environment: monograph*. Kharkiv, Ukraine: NUCZU, 2015 [in Ukrainian].
- [7] O. V. Ananieva, "Improvement of the hygienic assessment of air pollution by emissions from motor transport", Ph.D. thesis, Kyiv, 2017 [in Ukrainian].
- [8] O. O. Myslyuk, and L. M. Hrymak, "The impact of the transport network on the environmental safety of the city of Cherkasy", in *All-Ukr. sci.-pract. conf. of young scientists and students Ecological security of the state: abstracts*, (Apr. 16-18, 2013), Kyiv, 2013, p. 5 [in Ukrainian].
- [9] *Profile of the city of Cherkasy*. Cherkasy, 2020 [in Ukrainian].
- [10] L. B. Yashchuk, "Estimation of the contribution of motor transport to air pollution in Cherkasy", in *Proc. All-Ukr. sci.-pract. conf. of cadets and students Fire and man-made safety: Science and practice*, (Apr. 15-16, 2018), Cherkasy: ChIPB, 2018, pp. 160-161 [in Ukrainian].
- [11] *Methods for determining vehicle emissions for consolidated calculations of urban air pollution*. Moscow, 1999 [in Russian].
- [12] DSTU 4277:2004. *Standards and methods for measuring the content of carbon monoxide and hydrocarbons in the exhaust gases of cars with engines running on gasoline or gas fuel*. Kyiv, 2004. [in Ukrainian].
- [13] *Methods for calculating concentrations in the air of harmful substances contained in emissions of enterprises / CIS 86, Goskomgidrometa*, 1997 [in Ukrainian].
- [14] I. A. Kara, "Environmental danger from traffic flows in cities (on the example of air pollution)", *Molodyi vchenyi*, no. 9 (61), Sept. 2018, pp. 436-441 [in Ukrainian].
- [15] N. E. Pankiv, and N. Z. Teterko, "Estimation of atmospheric air pollution due to congestion of Lviv streets by motor transport", *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, iss. 26.8, pp. 215-223, 2016 [in Ukrainian].

### References

- [1] G. R. Fomenko, "Transport flows and their impact on the level of pollution of urban highways", *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky*, vol. 31 (70), part 2, no. 3, pp. 119-123, 2020 [in Ukrainian].
- [2] O. Chernyshov, *The impact of transport on the ecology of the city. Analysis and strategies for Ukraine*. Kharkiv, Ukraine, 2016. [Online]. Available: <https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2017/02/transport> [in Ukrainian].
- [3] V. I. Guk, and Yu. M. Shkodovsky, *Transport streams: theory and its application in urban planning: monograph*. Kharkiv, Ukraine: Zoloti storinky, 2009 [in Ukrainian].
- [4] V. F. Babiy, V. M. Khudova, and O. Ye. Kondratenko, "Urgent problems of



**L. B. Yashchuk**, *Ph.D., associate professor*  
e-mail: l\_yashchuk@ukr.net  
Cherkasy State Technological University  
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

## **POSSIBILITIES OF CALCULATION MONITORING METHODS IN DETERMINING ECOLOGICAL EXPEDIENCY IN THE ORGANIZATION OF MUNICIPAL TRANSPORT FLOWS**

*Today road transport is one of the main sources of air pollution in cities. The increase in the level of pollution of built-up areas is the consequence of the increase in the number of vehicles. The application of a set of monitoring methods to determine the contribution of the transport network of urban agglomerations to air pollution and the development of measures to optimize traffic is an actual and promising area of research.*

*The assessment of environmental feasibility during the organization of road traffic in the city has been determined by calculating the emissions of vehicles at regulated intersections depending on traffic intensity. Using the calculation monitoring methods, the intensity of vehicle emissions in the studied areas in Cherkasy is analyzed.*

*In the area of regulated crossing there is a significant excess of pollutant emissions from vehicles. A significant part of the total emissions consists of carbon monoxide (50-65 %) and hydrocarbons (10-20 %). Exceedance of the permissible level of air pollution for all substances has been revealed in the area of the research sites. The largest exceedances of the maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants have been observed on the streets with heavy traffic and a long time of the prohibitory signal of traffic lights. The largest exceedances of the maximum permissible concentrations have been observed on streets with heavy traffic and long-term stop light. For example, the intersection of Chornovola st. - Khimikiv ave. is characterized by medium traffic intensity, but has the highest values of pollutant emissions due to the significant duration of the stop light. It is proposed to reduce the signal time by 30 %, which will reduce the concentration of harmful substances, such as CO, NO<sub>2</sub>, CH and SO<sub>2</sub>, several times. No correlation has been observed between the intensity of traffic flows and emissions at regulated crossing.*

*The definition of the degree of air pollution within urban intersections has shown a significant impact of irrational and outdated operation of the transport network on the level of air pollution and the need to reform the transport system in Cherkasy. The system of ecological safety of atmospheric air in the city of Cherkasy requires improvements due to exceeding the actual values of pollution over regulatory parameters.*

*Recommendations for improving the environmental condition of intersections can be developed through the optimization of traffic flows using intelligent transport systems.*

*To eliminate the environmental problem of gas pollution at intersections, it is necessary to reduce the intensity of traffic flows through transport interchanges.*

*Environmental security in the city of Cherkasy should be ensured by a wide range of interrelated measures. They should form a kind of legal mechanism, which should be understood as a system of tools that can enhance the level of environmental safety, prevent the deterioration of the environmental situation at transport intersections and the danger to the population.*

**Keywords:** *atmospheric air, monitoring, motor transport, calculation methods, ecological standards.*

*Стаття надійшла 18.03.2022*

*Прийнято 10.04.2022*