

УДК 711.5

Данчук В.Д., д-р фіз.-мат. наук, Олійник Р.В., канд. фіз.-мат. наук  
Самойленко Є.С.

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНОЇ МЕРЕЖІ МЕГАПОЛІСУ

### Вступ

Проблема забруднення атмосфери великих міст, що однозначно пов'язана зі стрімким розвитком автомобільного транспорту, обумовлена впливом як динамічних (автотранспортні потоки, метеорологічні умови), так і статичних (геометричні параметрами забудови та просторової орієнтації вулиць) чинників. Оскільки, кожній ділянці ВДМ властиві свої специфічні характеристики, вплив яких на рівень забруднення оцінити досить складно, то, мабуть, є доцільним виявити певний узагальнюючий показник однорідної ділянки ВДМ, який враховував би параметри її структурних елементів, і на основі якого можна було б проводити екологічну оцінку ступеню потенційної небезпеки відповідної ділянки ВДМ. У зв'язку з цим метою даного дослідження є розробка методу оцінки рівня екологічної безпеки однорідних ділянок ВДМ мегаполісу в залежності від впливу статичних чинників.

**Основна частина.** Об'єктом дослідження обрана ВДМ Печерського району м. Києва. Вся множина вулиць ВДМ представлена множиною елементарних однорідних ділянок, а саме ділянок вулиць між найближчими перехрестями, яка після відповідного розбиття склала 377 структурних елементів.

Кожна однорідна ділянка ВДМ утворює певний вуличний каньйон, параметри якого залежать від просторових характеристик однорідної ділянки,

а також від характеристик проїзної частини. Сукупність цих характеристик формують елементарний фазовий об'єм – простір вуличного каньйону, де відбувається емісія і розсіювання інгредієнтного забруднення від автотранспортних засобів, потоки яких, в свою чергу, можуть бути представлені як лінійні та неперервні джерела забруднення. Відносні характеристики цих джерел визначалися відношенням мінімального геометричного об'єму до відповідних відносних показників (індексів) фазового об'єму.

В якості показника, що визначає екологічну безпеку ділянки ВДМ приймався критичний час - час за який концентрація забруднюючої речовини досягала гранично допустимого значення (ГДК).

Із загальних міркувань, концентрація забруднення на рівні забудови може бути визначена, наступним чином:

$$C = \frac{M \cdot I \cdot t^2}{V} \cdot \sin \beta ,$$

(1)

де  $M$  – потужність викиду шкідливих речовин транспортним засобом, г/с;

$I$  – інтенсивність транспортного потоку, авт./с;

$t$  – час експлуатації однорідної ділянки транспортним потоком, с;

$V$  – фазовий об'єм однорідної ділянки, шар рівномірного перемішування забруднюючих інгредієнтів, м<sup>3</sup>;

$\beta$  – кут утворений напрямком вітру та напрямком однорідної ділянки.

Тоді час, за який концентрація  $j$ -ої забруднюючої речовини перевищить гранично допустиме значення, відповідно дорівнює:

$$t_{кр} = \sqrt{\frac{ГДК_j \cdot V}{M \cdot I \cdot \sin \beta}}$$

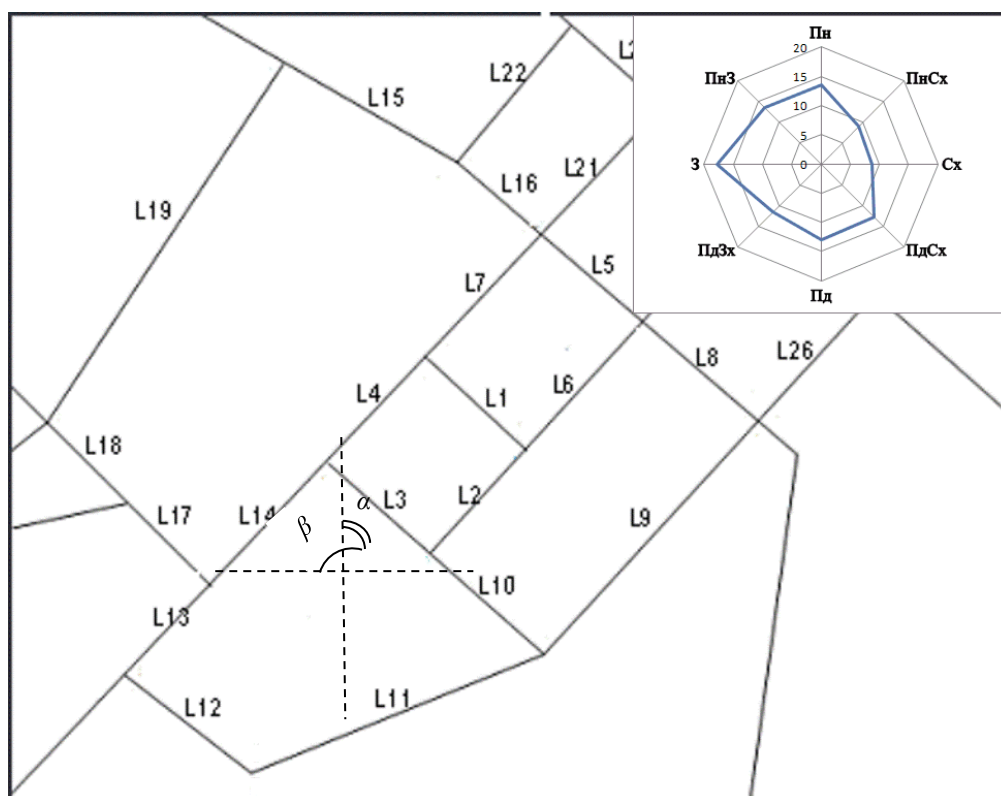
(2)

В якості забруднюючого інгредієнта розглядався оксид вуглецю (СО), разова гранично допустима концентрація в повітрі якого становить 0,005 г/м<sup>3</sup>[1].

Абсолютне значення елементарного фазового об'єму (табл. 1) визначалося через ваговий коефіцієнт відповідної однорідної ділянки ВДМ, якій був встановлений індексним методом [2].

Згідно з [3] міські дороги класифікуються за категоріями, а розподіл транспортних потоків по вулицям та дорогам повинен відбуватися згідно з їх призначенням. Аналіз однорідних ділянок ВДМ Печерського району дозволив встановити на них відповідну інтенсивність руху транспортних потоків.

Оскільки однорідні ділянки ВДМ орієнтовані відносно умовної лінії північ-південь по різному, то для ідентифікації їх просторової орієнтації вводиться деякий кут  $\alpha$ . Проте на рівень забруднення впливає орієнтація вулиці по відношенні до домінуючого напрямку вітру, що задається кутом  $\beta$  (рис.1)[4]

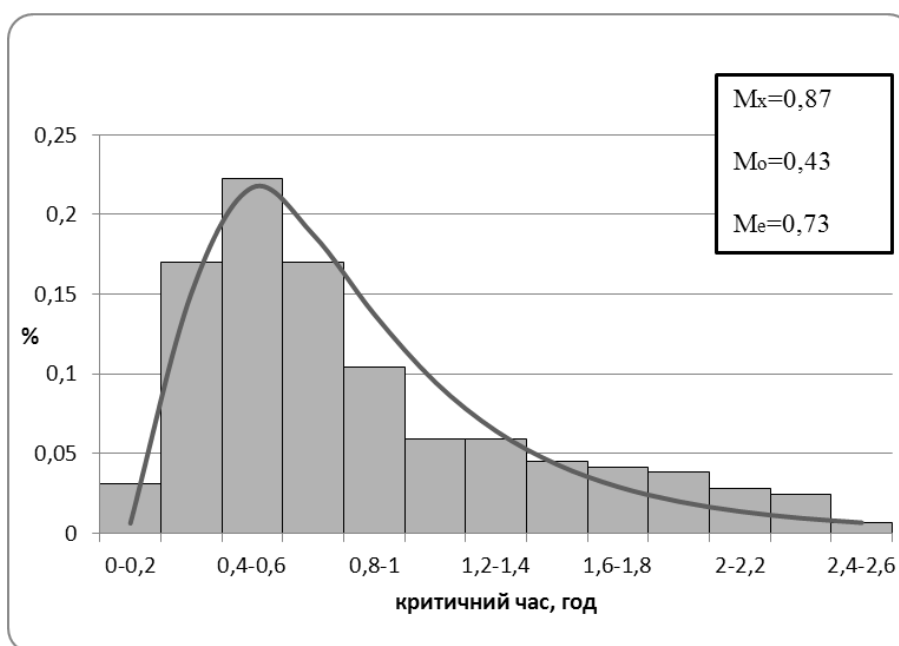


**Рисунок 1** – Просторова орієнтація ВДМ в полі вітру

Статичні чинники однорідних ділянок ВДМ Печерського району м. Києва На основі статичних параметрів мережі, були встановлені значення критичного часу для всіх однорідних ділянок ВДМ Печерського району, за який концентрація  $j$ -ої забруднюючої речовини (СО) досягне ГДК. До 80% кумулятивного наповнення масиву увійшло 293 структурних елемента. Це дозволило побудувати функцію щільності розподілу екологічно небезпечних однорідних ділянок ВДМ (рис. 2)

**Таблиця 1**

№	Однорідна ділянка	$V$	$I$	$\alpha$	$\beta$	$t_{кр}$
1	Липський провул	697,5	200	135	45	0,56
2	Липська	761,5	200	50	140	0,61
3	Пилипа Орлика	1413,6	200	140	50	0,76
...						
375	Мічуріна	23974,4	150	45	135	3,76
376	Землянська	20482	150	165	75	2,97
377	Пирятинська	13983,8	150	105	15	4,75



**Рисунок 2** – Щільність розподілу екологічно-небезпечних однорідних ділянок ВДМ

Основою про висунення гіпотези про закон розподілу випадкової величини може бути наявність теоретичних передумов про характер зміни ознаки. У деяких випадках підставою для висунення гіпотези про закон розподілу ознаки сукупності можуть бути певні формальні властивості здобутого статистичного розподілу, а саме: значення коефіцієнтів варіації ( $C_v$ ) та асиметрії  $C_s$ , ексцесу тощо. Наприклад, найбільш точних відповідей емпіричних даних з логарифмічно нормальним розподілом можна очікувати при  $C_s/C_v=3-3,5$  [5].

Підґрунтям для встановлення гіпотетичного розподілу екологічно-небезпечних однорідних ділянок ВДМ слугувала форма побудованої

гістограми частот, що дозволила висунути нульову гіпотезу про логарифмічно нормальний розподіл структурних елементів ВДМ, який задається двома параметрами: математичним очікуванням та середньоквадратичним відхиленням. Функція густини ймовірностей логарифмічно нормального розподілу має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_z \cdot x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\ln x - m_z}{2\sigma_z^2}}. \quad (3)$$

В нашому випадку:

$$f(x) = \frac{1}{1,52x} \cdot e^{-\frac{\ln x + 0,32}{0,74}}. \quad (4)$$

Відношення коефіцієнтів асиметрії та варіації склало  $2,3/0,67=3,43$ , що підтверджує відповідність даного розподілу до логарифмічно нормального.

Правильність висунутої гіпотези було перевірено за допомогою критерію узгодженості Пірсона [5], який є випадковою величиною, що має  $\chi^2$  розподіл, і визначається наступним чином:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^q \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (5)$$

і має  $k = q - m - 1$  ступенів свободи;

де  $q$  – число інтервалів статистичного розподілу – 13;

$m$  – число параметрів, якими визначається закон розподілу ймовірностей – 2.

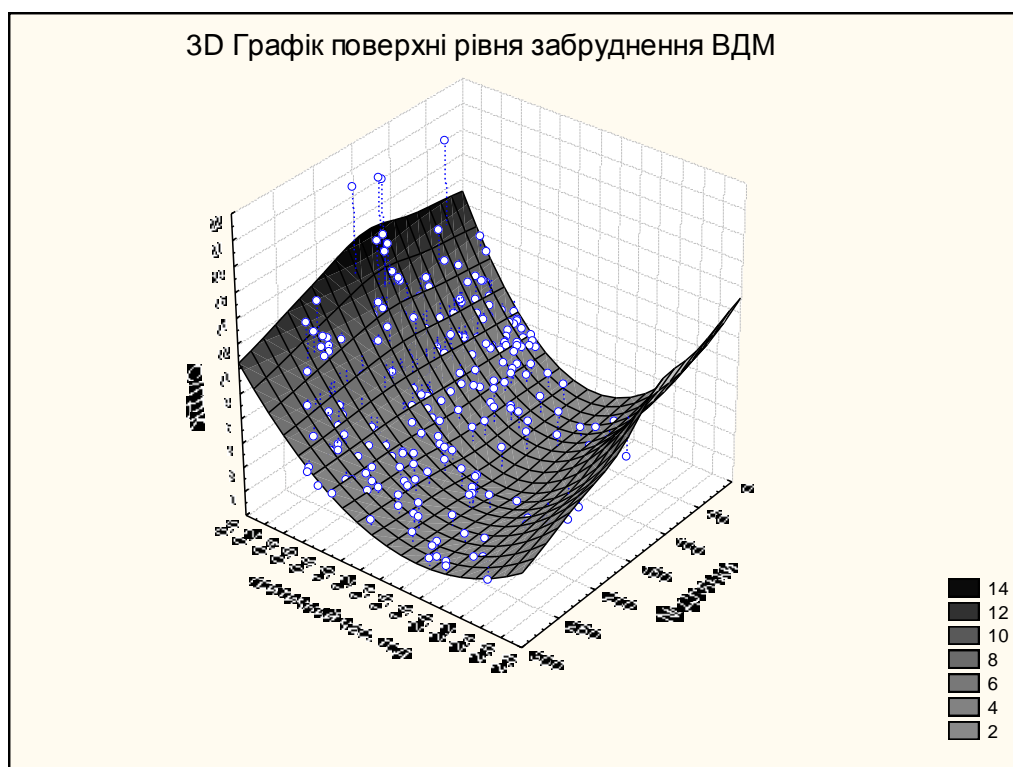
Таким чином, при рівні значущості  $\alpha=0,05$  і  $k=10$ ;  $\chi_{кр.}^2=18,3$ . Оскільки  $\chi_{сн.}^2 \in [0;18,3]$ , можна вважати, що щільність розподілу екологічно-небезпечних однорідних ділянок ВДМ близька до логнормального закону.

Для кількісного порівняння ступеня потенційної екологічної небезпеки однорідних ділянок ВДМ були розраховані рівні перевищення значень ГДК для оксиду вуглецю, що дало підстави оцінити статичну стійкість ВДМ при номінальних навантаженнях мережі транспортними потоками.

Рівні забруднення визначалися відношенням об'ємної концентрації до ГДК відповідного інгредієнту (рис.3 вісь OZ). Це дозволило побудувати просторово-часову поверхню рівня забруднення ВДМ Печерського району в залежності від критичного часу номеру ділянки ВДМ (див. рис.3).

Аналіз статичної стійкості ВДМ Печерського району виявив потенційну екологічну загрозу деяких структурних елементів ВДМ. Так, наприклад, для однорідних ділянок (вул. Еспланада, Л.Українки) спостерігається

перевищення ГДК у 20 разів у той зріз часу, коли забруднення останньої однорідної ділянки (вул. Тимірязівська) досягне гранично допустимих значень.



**Рисунок 3** – Графік поверхні рівня забруднення ВДМ

### **Висновок**

Отже, запропоновано метод оцінки рівня екологічної безпеки однорідних ділянок ВДМ мегаполісу в залежності від впливу статичних чинників. Отримані результати можуть у подальшому бути використані для розрахунку розповсюдження інгредієнтного забруднення, ступеню комфортності життєдіяльності людей у місті та оцінки впливу конфігурації будівництва нових будівель та споруд на концентрацію забруднюючих речовин у повітрі та для інших цілей.

### **Література**

1. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
  2. Данчук В.Д., Олійник Р.В., Самойленко Є.С., Тарабан С.М. Ранжування структурних елементів вулично-дорожньої мережі за допомогою індексного методу. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, НТУ. - 2012.- №86.- С.146-153.
  3. ДБН В. 2.3-5-2001. Вулиці та дороги населених пунктів.
  4. Клімат Києва. За редакцією В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко. – Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Центральна геофізична обсерваторія. –К: Ніка Центр, 2010. – 320 с.
- Кендалл М., Стюарт А. Теория распределений – М.: Наука, 1966. – 588 с.