

DOI: 10.32347/2076-815X.2022.80.389-402

УДК 004.2 УДК 712.4

д.т.н., професор Татарченко Г.О.,
tatchenkogalina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4685-0337,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНЬ ПОВІТРЯ ПРИМАГІСТРАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ

Розглянуто профілі розсіювання, просторове моделювання забруднень повітря примігстральних територій. Запропоновано параметр проникності території, який запроваджено для оцінки продувності міської забудови щодо вітрового потоку, використовувати як коефіцієнт забруднення атмосферного повітря від викидів автомобільного транспорту та використовувати його для оцінки потенціалу забруднення міських територій, управління якістю атмосферного повітря. Найбільша кількість ділянок підвищеної концентрації токсичних викидів утворюється при замкнутій та фронтальній забудовах примігстральних територій, проте екранування забруднених повітряних потоків може досягати 95%. Отримані дані дозволяють визначити раціональні та економічно вигідні комплекси заходів, які можуть забезпечити необхідну чистоту повітряного басейну та допомогти фахівцям із планування, розробляти ефективніші проекти з урахуванням контролю за забрудненням повітря та «розумною» організацією дорожнього руху.

Ключові слова: моделювання; забруднення; примігстральні території; повітря.

Постановка проблеми. Планування ефективною та рентабельною стратегією розвитку міста, щодо забруднення повітря потребує постійного та точного моніторингу. Добре відомо [1], що вихлопи автомобілів у густонаселених містах є одним із основних винуватців забруднення повітря. За даними ВОЗ [2] відомо, що 92% населення проживає в місцях з несприятливою якістю повітря і що забруднення повітря в усьому світі щорічно призводить до 7 мільйонів передчасних смертей. Тому для характеристики загального навантаження та виявлення областей високої забрудненості дуже важливе знання даних про просторовий та тимчасовий вплив, насамперед, автотранспорту, на якість повітря, особливо урбанізованих територій. Просторовий вплив забруднень визначається формою міста, розподілом землекористування, місцезнаходженням джерел викидів, характером міського руху та забудовою територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розсіювання викидів транспортних засобів на околицях міської вулиці та висотних будівель, так званого міського вуличного каньйону, значно велике і призводить до погіршення якості повітря, появи ділянок підвищеної концентрації токсичних викидів. Дисперсія у вуличному каньйоні зазвичай визначається співвідношенням сторін вуличного каньйону до зовнішнього вітру. [3].

Серед найбільш широко використовуваних моделей розсіювання у міських каньйонах такі як STREET [4], CPBM [5], CAR [6], OSPM [7]. Емпіричний підхід був використаний у нідерландській моделі забруднення від автотранспорту CAR (Calculation of Air pollution from Road traffic) [6]. Він, подібний до Canyon Plum-Box моделі, був застосований у датській моделі OSPM (operational street pollution model) – оперативна модель забруднення вулиць. OSPM використовує спрощену параметризацію потоку та умови розсіювання у міських каньйонах. Ця параметризація була отримана шляхом експерименту ментальних даних та результатів тестування моделі [8]. Результати цих тестів були використані для покращення результатів моделі, особливо для різних конфігурацій вулиць та мінливих метеорологічних умов.

Порівняння традиційної моделі каньйону та двох модифікованих моделей каньйону, в яких враховується наявність висотних будівель, представлено як для випадку вузькосмугового, так і широкосмугового сигналу[9]. Вузька смуга створюється за допомогою трасування променів і включає пряму хвилю, дзеркальне відбиття від стін та землі будівель та дифраговані хвилі. Широкосмугова модель розроблена шляхом застосування передавальної функції каналу до даних, отриманих методом RT. Запропоновані моделі використовуються для прогнозування сигналу, що приймається в реальних міських умовах з супутників.

Автори [10] вивчали розсіювання автомобільних вихлопних газів уздовж міських доріг за допомогою чисельного моделювання та експериментів в аеродинамічній трубі. Поля вітру та концентрації розраховували з використанням двох- та тривимірних кінцеве-різницевоїх моделей з використанням різних конфігурацій проїжджої частини та навколишнього середовища. Цікаво, що для різних конфігурацій було виявлено значну кореляцію між чисельними та експериментальними результатами.

Усереднена за Рейнольдсом дисперсійна модель, заснована на Нав'є-Стоксі, використовувалась авторами [11] для дослідження феномену якості повітря. Під час моделювання враховувалися висота будівлі, ширина, відстань до будівлі та ширина дороги. Визначено, що схеми перебігу та розсіювання всередині каньйону залежать від його геометрії, тобто співвідношення сторін та відношення довжини до глибини, а також форми над будинком та дахом. У

глибоких каньйонах вихори слабо взаємодіють із зовнішнім вітровим потоком над каньйоном і не вносять суттєвого внеску у винесення відпрацьованих газів. Відносно короткі каньйони забезпечують кращу вентиляцію на кутах за рахунок утворення кутових вихорів, але цей ефект зникає зі збільшенням довжини вулиці. Уривки, що утворюються в кутах будівлі, відповідальні за створення «зони конвергенції» в середній частині вуличних каньйонів, перехресть, що призводить до максимального захоплення забруднюючих речовин.

Розсіювання повітря у міських каньйонах відрізняється від розсіювання на відкритих однорідних чи складних неоднорідних територіях. Інтенсивність вертикальної та горизонтальної турбулентності, наприклад, описується за подібними значеннями параметрів для міських каньйонів набагато меншими, ніж значення для відкритої однорідної території [12].

Практично всі нові методи поєднують супутникове дистанційне зондування та географічні інформаційні системи (ГІС), останнім часом використовуються для постійного моніторингу якості повітря на мікрорівні для ефективної оцінки ролі міських умов [13, 14].

Залежно від взаємного розміщення будинків і їх розташування відносно червоних ліній розрізняють такі прийоми забудови кварталів: периметральна, групова, рядкова, лінійна, стрічкова, біоструктурна, терасна, точкова, комбінована та ін [15]. Периметральна забудова характеризується розміщенням будинків вздовж червоних ліній вулиць, що обмежують квартал. Цей прийом відрізняється найбільшою простотою в архітектурному відношенні, але має ряд недоліків: відсутність зв'язку внутрішніх квартальних просторів із простором вулиці, вимушену несприятливу орієнтацію житлових приміщень за сторонами світу, погану провітрюваність кварталів в разі невеликих розмірів. При такій забудові ділянок зі значними нахилами поверхні багато будинків доводиться розташовувати довгою стороною по нахилу в (поперек горизонталей), що створює значну різницю по висоті цокольного поверху, а іноді виникає і необхідність влаштування додаткових поверхів.

Рядкова забудова характеризується розміщенням будинків паралельними рядами – рядками незалежно від напрямку вулиць (часто будинки обернені торцями до транспортної магістралі). Рядкова забудова виникла із прагнення поставити всі житлові будинки в однакові умови стосовно інсоляції, провітрювання і взаємозв'язку з внутрішніми квартальними просторами та з транспортними магістралями. Головна перевага полягає в тому, що 90...100 % будинків мають оптимальну орієнтацію і захищені від шуму магістралі. Рядкова забудова, маючи певні гігієнічні переваги, створює деякі труднощі в архітектурному рішенні вулиці, на яку в цьому випадку виходять торці

будинків. При цьому організуються вузькі, ізольовані один від одного двори. Найбільш доцільна така забудова в поєднанні з іншими композиціями.

Лінійна забудова використовується при розміщенні житлових будинків вздовж транспортної, пішохідної магістралі або водоймища. Цей прийом дає позитивний мікрокліматичний ефект лише при співпаданні напрямків лінії забудови з азимутом оптимальної орієнтації типів будинків, що використовуються.

Стрічкова забудова утворюється послідовно розташованими будинками або одним протяжним будинком у вигляді стрічки, що зивається. Використовується з метою зберігання природного ландшафту, гнучкого “вписування” в нього. При такому прийомі можна створити гарний мікроклімат: забезпечити тривалу інсоляцію внутрішніх мікрорайонних територій, регулювати вітровий режим території, забезпечити захист від шуму.

Біоструктурна забудова нагадує біологічну будову клітчатки дерева, бджолиних сот та ін. Може складатися з окремих будинків та з єдиної безперервної структури, має велику гнучкість, виразність, не менше 70% будинків мають оптимальну орієнтацію (найдовші будинки знаходяться в секторі оптимальної орієнтації), постійне затінювання дворів території не перевищує 10%, легко створити оптимальний аераційний режим території, має розвинений дворовий простір.

Терасна забудова використовується на крутих схилах. Дах будинку, що стоїть нижче, стає майданчиком відпочинку (терасою, висячим садом) для будинку, що стоїть вище. При розташуванні на сонячних схилах (південно-східному, південно-південно-східному) забезпечує оптимальну орієнтацію. При освоєнні інших схилів виявляються негативні мікрокліматичні моменти: перегрів приміщень (південний, південно-західний, західний схили) або недостатня інсоляція.

Точкова забудова в чистому вигляді використовується з метою максимального збереження естетичних і гігієнічних якостей природного ландшафту. В містобудівній практиці точкові будинки найчастіше використовуються як містобудівні акценти і в комбінації з іншими видами забудови [15].

Таким чином, з метою покращення якості міського повітря важливо повністю розуміти поведінку забруднюючих речовин у міському середовищі, обмеженому будовами.

Метою публікації є моделювання просторового профілю забруднень повітря примігстральних територій.

Основні результати досліджень. У системі координат, що рухається зі швидкістю автомобіля, поширення вихлопних газів описується рівнянням

турбулентної дифузії та стаціонарним. У приземному шарі атмосфери воно має вигляд:

$$u \frac{dn}{dx} = \left(D_T \frac{d^2n}{dy^2} + D_T \frac{d^2n}{dz^2} \right) \quad (1)$$

де $n(x, y, z)$ – щільність молекул вихлопних газів; вісь OX спрямована у бік руху автомобіля; вісь OY – напрямок перпендикулярний вектору швидкості; вісь OZ має вертикальний напрямок (на поверхні траси дорівнює нулю); D_T - коефіцієнт турбулентної дифузії.

Максимальна приземна разова концентрація забруднюючої речовини c_m , мг/м³, при викиді газоповітряної суміші визначалася [16], за формулою (2):

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (2)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, що визначає умови горизонтального і вертикального розсіювання забруднюючої речовини в атмосферному повітрі. Значення коефіцієнта A приймають при максимальних значеннях концентрації забруднюючого речовини в атмосферному повітрі;

M - маса забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря в одиницю часу (потужність викиду), г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючої речовини в атмосферному повітрі;

m і n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови викиду з джерела викиду;

η - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості;

H – висота джерела викиду, м;

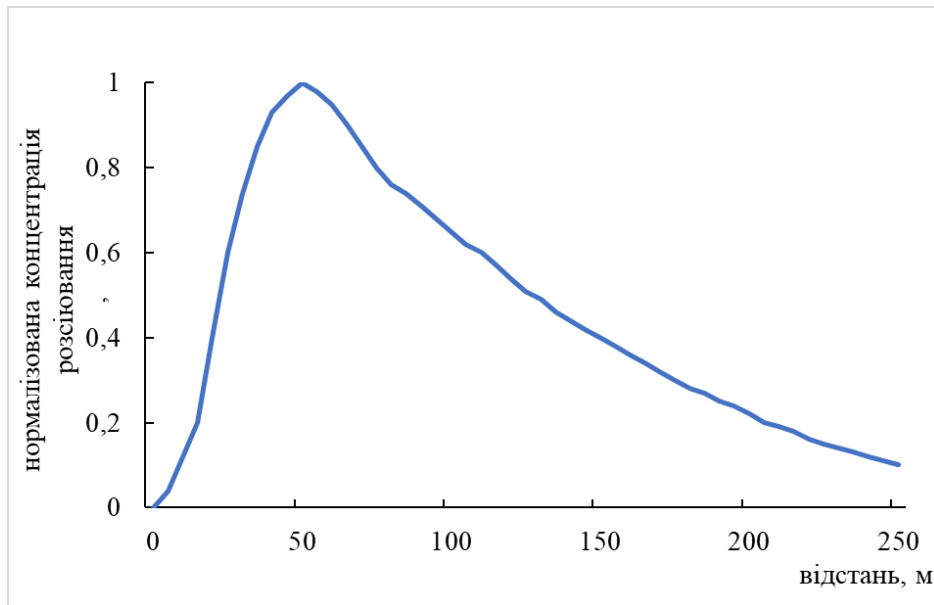
V_1 – витрата газоповітряної суміші, м³/с;

ΔT - різниця між температурою викидається газоповітряної суміші T_T і температурою атмосферного повітря T_a , °С.

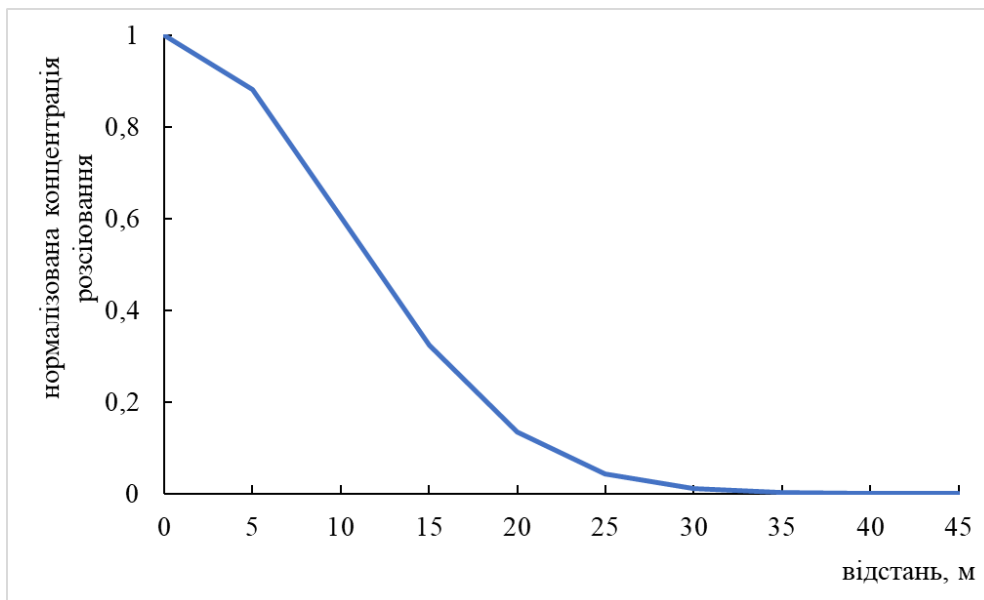
Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин (на прикладі оксидів азоту [16,17]) на однорідній приміській території (рис.1) мають вигляд (профіль) гаусового розподілу з розмитою правою гілкою графіка, яка утворюється за рахунок руху автомобіля та вітрового навантаження. Отримані значення нормалізовано, тобто масштабовані по Min-Max, тому результати можна розглядати як напівкількісну характеристику.

Згідно з отриманими нормалізованими концентраціями при розсіюванні можна відзначити, що максимальне значення забруднюючих газових викидів при русі зі швидкістю автомобілю 50 км/год уздовж магістралі (вісь OX)

досягається на відстані 45÷55 м (рис.1а), тоді як у перпендикулярному напрямку до магістралі (рис.1б) кількість забруднюючих речовин досягає максимальних значень у точці викиду і становить 10%÷15% вже на відстані 15÷20 метрів.



а)



б)

Рис. 1. Нормалізована концентрація розсіювання (профіль) автомобільних газових викидів на примагістральній території залежно від відстані: а) вздовж осі ОХ (вздовж магістралі); б) вздовж осі ОУ (перпендикулярно до магістралі від її середини).

Отже, при територіальному плануванні магістральних міських доріг необхідно враховувати відстані до забудови з урахуванням густини трафіку та кількості викидів. Наприклад, під час будівництва шестисмугової траси в

одному рівні загальноміського призначення безперервного руху пропускна здатність її, згідно з ДБН, буде $4500 \div 5100$ прив. авт/год, що відповідає кількості викидів оксидів азоту $60 \div 70$ мг/м³ [17,18]. Тоді, на відстані 15 м від магістралі, кількість токсичних речовин знизиться в середньому на 30% (без урахування вітру), що відповідає $18 \div 21$ мг/м³. Цей показник значно вищий за гранично допустиму норму, відповідно, необхідно запланувати спеціальні заходи щодо зниження можливого рівня забруднення повітря [19].

Час життя та перетворення газоподібних забруднювачів атмосфери в даний час ще недостатньо вивчений. Наприклад, оксид азоту у повітрі практично миттєво реагує з киснем до діоксиду приблизно $6 \div 10$ секунд. У той же час в атмосфері відбувається реакція фотодисоціації діоксиду азоту NO₂ на NO і O, при цьому поглинається випромінювання ультрафіолетової області сонячного спектру, яке відіграє переважну роль в атмосферних фотохімічних процесах. Під впливом сонячної радіації при високих концентраціях NO і NO₂ іде частково окислювання до вищого оксиду азоту N₂O₅, який взаємодіючи з вологою повітря утворює азотну кислоту. Вважають, що оксид вуглецю (II) в атмосфері знаходиться у швидкому кругообігу та середній час його перебування становить близько 35 діб (2-4 місяці).

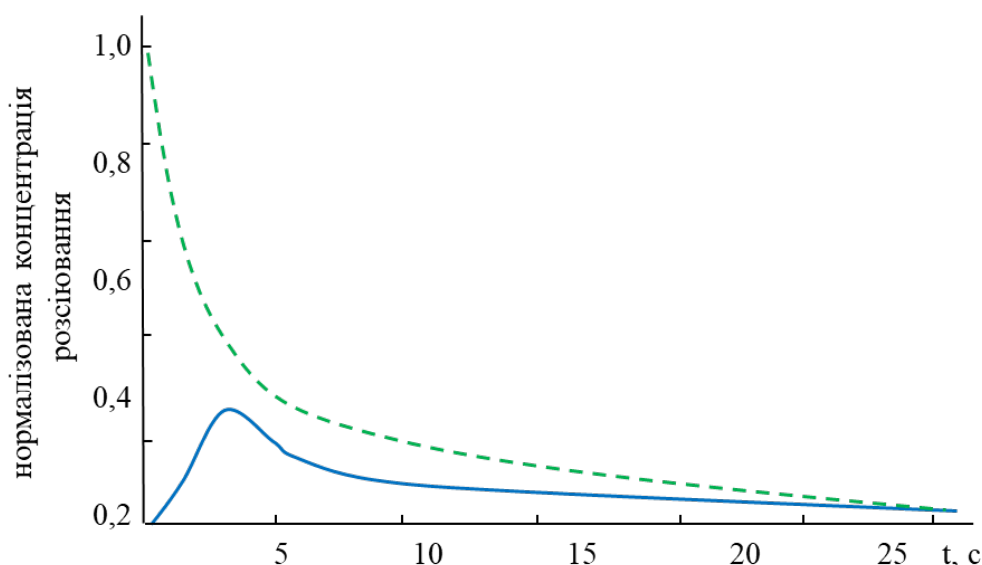


Рис. 2. Нормалізована концентрація розсіювання (профіль) автомобільних газових викидів на приміагістральній території залежно від часу на висоті 0,5 м - пунктирна лінія; на висоті 2 м - суцільна лінія

Результати натурних випробувань визначення концентрації оксиду азоту від автомобілю (карбюраторний двигун) на різних висотах (формально часу життя) мають великий розкид і дуже залежать від метеоумов. Отримані нормалізовані концентрації розсіювання автомобільних газових викидів на приміагістральній території залежно від часу на висоті 0,5 м та 2 м (рис.2). Як і

очікувалося, на рівні вихлопу газів (0,5 м) у перші секунди значення максимальні та через 4÷5 с вони різко знижуються и далі протягом 25÷30 с поступово набувають фонових значень. У той час на висоті 2 м над вихлопом газів через 3÷5 с досягається максимум концентрації яка становить лише 20%÷25% від максимального значення рівня 0,5 м. Через 10÷20 с досягаються фонові значення. Загалом можна говорити, що ця залежність характерна практично для всіх токсичних викидів автомобіля.

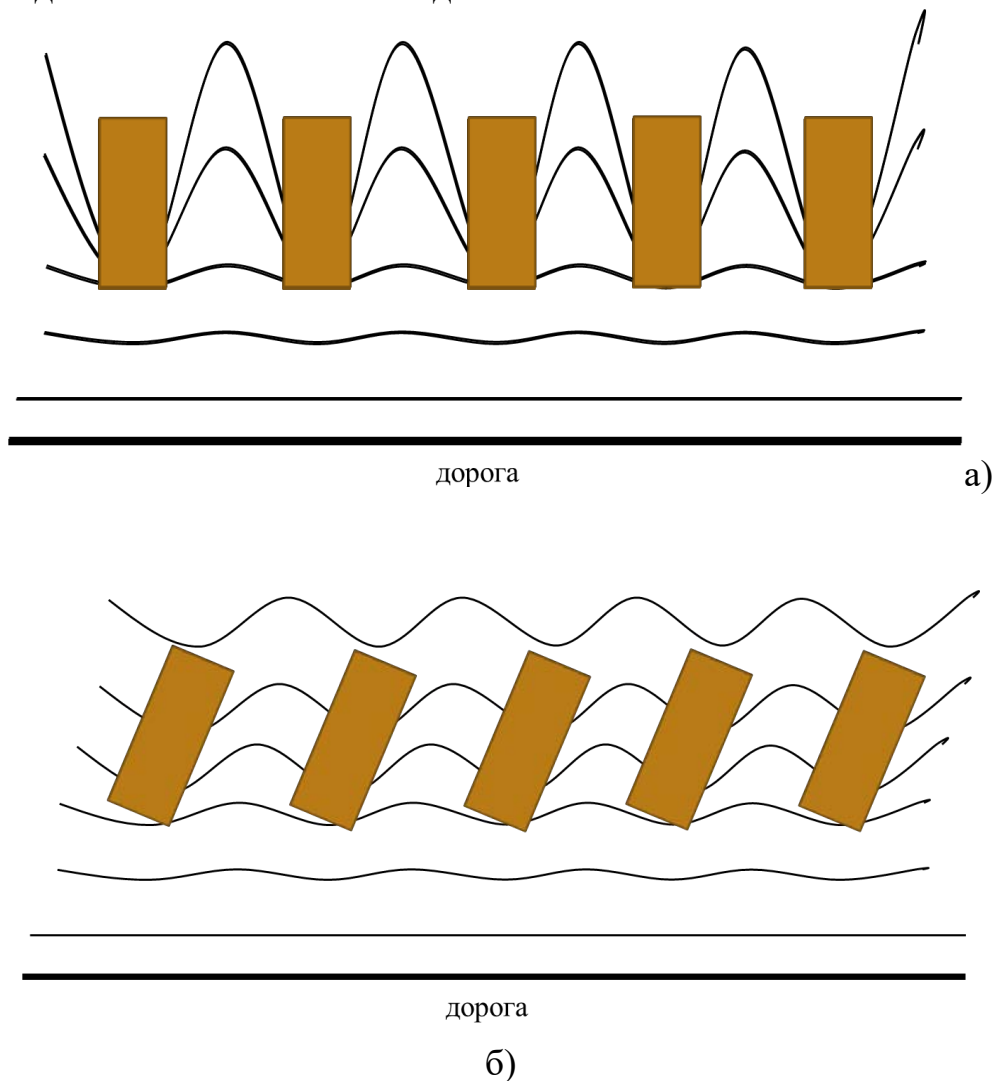


Рис. 3. Моделювання просторового забруднення територій автомобільними викидами при забудові: а) стрічкової; б) під кутом.

Геометричне моделювання є поширеним підходом у дослідженнях розсіювання забруднюючих речовин [20]. Типологія блоків є ключовим елементом для представлення загальної геометрії міського середовища та дослідники ґрунтуються на ній. Пористість забудови це система різних пустот, проходів та просторів у структурі міської тканини. Головними якостями пористої міської тканини є проникність та зв'язаність просторів, забезпеченість необхідними територіями та функціями, сприятливий мікроклімат. В

ідеалізованій моделі просторового профілю забруднень повітря примагістральних територій запропоновано використовувати параметр проникності території який введений для оцінки продувності міської забудови щодо вітрового потоку що набігає, використовувати як коефіцієнт забруднення атмосферного повітря від викидів автомобільного транспорту.

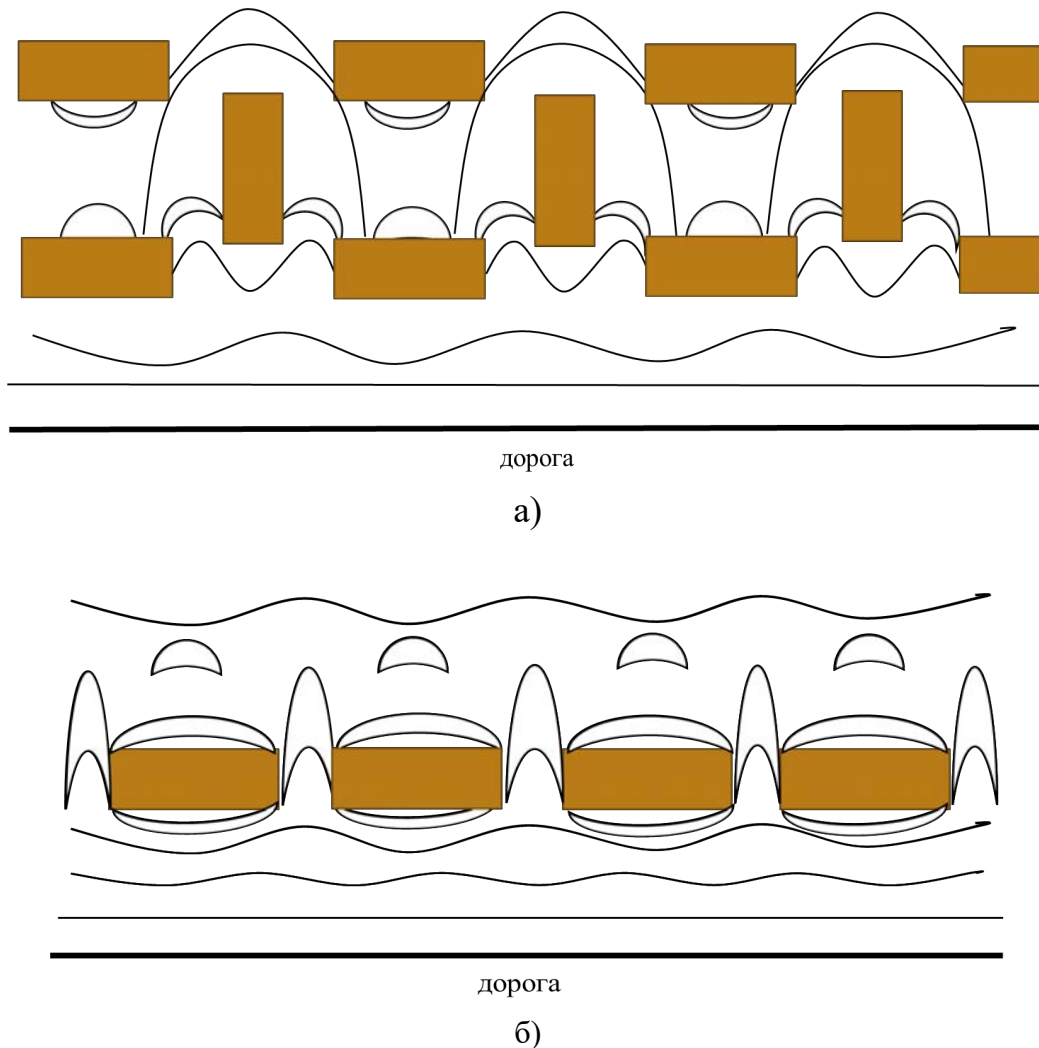


Рис. 4. Моделювання просторового забруднення територій автомобільними викидами при з забудові: а) замкненою; б) фронтальної.

Тобто, концентрація забруднень атмосферного повітря залежно від забудови визначається за формулами як й з розрахунком без забудови, але з додаванням перерахункового коефіцієнта l . Тоді, наприклад, за відсутності вітру в стрічкової забудові (рядами) (рис.3а) ми отримуємо 100% проникність, відповідно перерахунковий коефіцієнт буде дорівнювати $l=1$. При забудові під кутом до 45° до магістралі (рис.3б) кількість забруднень території знижується незначно, всього на 10% та $l=0,9$.

Схема забруднення територій автомобільними викидами при замкненої забудові (периметральна) (рис.4а) досить складна за розподілом забруднень, в

цілому знижує проникнення у внутрішньо будинкові території на 35÷45% і коефіцієнт забруднення атмосферного повітря від викидів автомобільного транспорту дорівнює $I=0,45\div0,55$. Можна відмітити, що найбільш число ділянок підвищеної концентрації токсичних викидів утворюється при замкненої (периметральна) та фронтальній забудовах примагістральних територій. Найвищий коефіцієнт I досягається при фронтальній забудові щодо магістралі (рис.4б), це $0,1\div0,45$, при цьому екранування забруднених повітряних потоків може досягати 95%. Однак треба зазначити, що на перших поверхах, звичайно, розташовані офіси, торговельно-розважальні центри, магазини, ресторани, кафе тощо, які «беруть на себе» основний вал забруднення повітряного простору, що потрапляє до приміщень с вулиць. Важливо також відзначити накопичення токсичних речовин у підземних переходах, парковках і навіть станціях метро.

Тут же можна відзначити і пішоходів, і велосипедистів, і пасажирів, які чекають на пасажирський транспорт, а також самих водіїв, які знаходяться в самому епіцентрі токсичних автомобільних викидів. При кожному вдиху здоровий дорослий закачує у легені приблизно $0,3\div0,5$ л повітря. У середньому за хвилину відбувається 15 - 16 вдихів, отже, лише за хвилину через органи проходять 8-9 л, за годину – близько 500 л, за добу – 12 000 л або 12 кубометрів повітря.

Звичайно, ідеалізована геометрія, як правило, недооцінює густину міста, оскільки спрощені масиви мають тенденцію переоцінювати рівень забруднення. При чисельному моделюванні розсіювання міських забруднювачів бажано використовувати концепцію блокової типології. Однак загалом важливо зрозуміти поведінку забруднюючих речовин в обмеженому міському середовищі, знати схеми забруднення автотранспортом просторового профілю примагістральних територій для подальшого покращення якості міського повітря. Таким чином, проникність забудови можна ефективно використовувати для планування розвитку міського середовища, оцінки потенціалу забруднення міських територій, управління якістю атмосферного повітря з метою охорони здоров'я населення.

В даний час існують практичні ініціативи щодо досягнення стійкого міського повітряного басейну з точки зору його забруднення, особливо тих територій, де історично сформовані вразливі ділянки:

- створення зона малих викидів - Low Emission Zone (LEZ);
- створення зелених зон;
- заохочення активних видів транспорту;
- перерозподіл суспільного простору;
- просування громадського транспорту;
- створення очисних споруд;

➤ транспортну політику - податки та технологічне вдосконалення управління дорогами.

Мікромасштабні моделі розсіювання забруднюючих речовин різного рівня складності можуть використовуватися для вимірювання якості повітря в містах та може допомогти фахівцям з планування забудови, розробляти більш ефективні проекти з урахуванням контролю за забрудненням повітря та «розумною» організацією дорожнього руху.

Висновки. Вплив забруднення повітря на громадян значною мірою залежить від рішень міського планування, тому важливо постійний контроль забруднення повітря для зниження впливу його на здоров'я людини.

Запропоновано параметр проникності території, який запроваджено для оцінки продувності міської забудови щодо вітрового потоку, використовувати як коефіцієнт забруднення атмосферного повітря від викидів автомобільного транспорту та використовувати його для оцінки потенціалу забруднення міських територій, управління якістю атмосферного повітря. Найбільша кількість ділянок підвищеної концентрації токсичних викидів утворюється при замкнутій та фронтальній забудовах примагістральних територій, проте екранування забруднених повітряних потоків може досягати 95%.

Отримані дані дозволяють визначити раціональні та економічно вигідні комплекси заходів, які можуть забезпечити необхідну чистоту повітряного басейну та допомогти фахівцям із планування, розробляти ефективніші проекти з урахуванням контролю за забрудненням повітря та «розумною» організацією дорожнього руху.

Література:

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: mitigation of climate change: working group III contribution to the IPCC fifth assessment report. Cambridge: Cambridge University Press; 2015. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>.
2. WHO information. <https://www.who.int/ru/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>.
3. Nasrin Akhter¹, Md. Eabad Ali¹, Mohammad Matiur Rahman, Md. Nur Hossain, and Md. Mamu Molla Simulation of air pollution dispersion in Dhaka city street canyon // AIP Advances. - 2021, V. 11, Issue 6. – P.1-12. <https://doi.org/10.1063/5.0033948>.
4. Physical Modeling of Flow Field inside Urban Street Canyons. Xian-Xiang Li, Dennis Y. C. Leung, Chun-Ho Liu & K. M. Lam Journal of Applied Meteorology and Climatology - 2008, V. 47, Issue 7, - P. 2058–2067. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1815.1>
5. Yamartino, R.J. Development and evaluation of simple models for flow, turbulence and pollutant concentration fields within in urban area street canyon / R.J. Yamartino, G. Wiegand // Atmospheric Environment. - 1986, V. 35. - P. 2137 - 2156.
6. Eerens, H.C. The CAR model: The Dutch method to determine city street air quality / H.C. Eerens, C.J. Sliggers, K.D. Hout // Atmospheric Environment. - 1993, V. 27B. -№ 4. -P . 389-399.

7. Hertel, O. Modelling from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. DMU Luft A-129 / O. Hertel, R. Berkowicz. - Roskilde: National Environmental Research Institute. -1989. - 77 p.
8. Berkowicz, R. Using measurements of air pollution in streets for evaluation of urban air quality - meteorological analysis and model calculations / R. Berkowicz, F. Palmgren, O. Hertel // *Sci. Total Environ.* -1996, V. 189/190. - P. 259 -265.
9. New Modified Urban Canyon Models for Satellite Signal Propagation Prediction. *IEEE Access.* - 2019, V. 7, - P. 25298.-25307. 10.1109/ACCESS.2019.2900958
10. Ymoriguchi, K Uehara (Senior researcher) *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* - 1993, V. 46–47. - P. 689-695 [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90338-O](https://doi.org/10.1016/0167-6105(93)90338-O)
11. Nasrin Akhter¹, Md. Eabad Ali¹, Mohammad Matiur Rahman, Md. Nur Hossain, and Md. Mamun Molla Simulation of air pollution dispersion in Dhaka city street canyon. // *AIP Advances* – 2021, V. 11, Issue 6. <https://doi.org/10.1063/5.0033948>
12. Татарченко Г.О. Теоретичні аспекти моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері. *Містобудування та територіальне планування.* - 2022, №79. - С. 381-395. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.79.381-395>.
13. Badach, J.; Voordeckers, D.; Nyka, L.; van Acker, M. A framework for Air Quality Management Zones-Useful GIS-based tool for urban planning: Case studies in Antwerp and Gdańsk. // *Build. Environ.* - 2020, 174, - P.106743.
14. Tella A.; Balogun, A.L. GIS-based air quality modelling: Spatial prediction of PM₁₀ for Selangor State, Malaysia using machine learning algorithms. // *Environ. Sci. Pollut.* - 2021, - P.1–17.
15. Типи забудови житлових кварталів. <https://helpiks.org/6-13856.html>.
16. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України №452 від 13.11.2008.
17. Татарченко Г.О. Аналіз забруднення оксидами азоту повітряного простору території Києва. *Містобудування та територіальне планування.* - 2021, №77. - С.441-450. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.441-450>.
18. Татарченко Г.О., Дьомін М.М, Тарасюк В.П. Модель забруднення оксидами азоту примігстральних територій міста. *Містобудування та територіальне планування.* – 2021, №78. - С. 478-491. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.78.478-492>.
19. Tatarchenko, Halyna & Kravchenko, Inna, Towards Clean Air of Urbanized Territories. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4031260> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4031260>.
20. Вовк И.Г. Геометрическое моделирование линейных объектов в прикладной геоинформатике // *Вестник СГГА.* – 2013, Вып. 5 (21). - С. 57–62.

d.t.s., professor, **Tatarchenko Halyna**,
Kiev National University of Construction and Architecture

SPATIAL MODELING OF AIR POLLUTION IN THE MAINLINE TERRITORIES

The impact of air pollution on citizens is largely dependent on urban planning decisions, so it is important to constantly control air pollution to reduce its impact on human health.

The parameter of the permeability of the territory, which was introduced to assess the permeability of urban development relative to the wind flow, was proposed to be used as a coefficient of atmospheric air pollution from motor transport emissions and used to assess the potential for pollution of urban areas and manage atmospheric air quality. The largest number of areas of increased concentration of toxic emissions is formed in closed and frontal buildings near the main territories, however, in this case, screening of polluted air flows can reach 95%.

The data obtained allows us to identify rational and cost-effective packages of measures that can provide the necessary cleanliness of the air basin and help planners develop more effective projects, taking into account air pollution control and smart traffic management.

Key words: modeling; pollution; mainline territories; air.

REFERENCE:

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: mitigation of climate change: working group III contribution to the IPCC fifth assessment report. Cambridge: Cambridge University Press; 2015. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>. {in English}
2. WHO information. <https://www.who.int/ru/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>. {in English}
3. Nasrin Akhter¹, Md. Eabad Ali¹, Mohammad Matiur Rahman, Md. Nur Hossain, and Md. Mamu Molla Simulation of air pollution dispersion in Dhaka city street canyon // AIP Advances. - 2021, V. 11, Issue 6. – P.1-12. <https://doi.org/10.1063/5.0033948>. {in English}
4. Physical Modeling of Flow Field inside Urban Street Canyons. Xian-Xiang Li, Dennis Y. C. Leung, Chun-Ho Liu & K. M. Lam Journal of Applied Meteorology and Climatology - 2008, V. 47, Issue 7, - P. 2058–2067. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1815.1> {in English}
5. Yamartino, R.J. Development and evaluation of simple models for flow, turbulence and pollutant concentration fields within in urban area street canyon / R.J. Yamartino, G. Wiegand // Atmospheric Environment. - 1986, V. 35. - P. 2137 - 2156. {in English}
6. Eerens, H.C. The CAR model: The Dutch method to determine city street air quality / H.C. Eerens, C.J. Sliggers, K.D. Hout // Atmospheric Environment. - 1993, V. 27B. - № 4. - P. 389-399. {in English}
7. Hertel, O. Modelling from traffic in a street canyon. Evaluation of data and model development. DMU Luft A-129 / O. Hertel, R. Berkowicz. - Roskilde: National Environmental Research Institute. -1989. - 77 p. {in English}
8. Berkowicz, R. Using measurements of air pollution in streets for evaluation of urban air quality - meteorological analysis and model calculations / R.

Berkowicz, F. Palmgren, O. Hertel // *Sci. Total Environ.* -1996, V. 189/190. - P. 259 - 265. {in English}

9. New Modified Urban Canyon Models for Satellite Signal Propagation Prediction. *IEEE Access.* - 2019, V. 7, - P. 25298.-25307. 10.1109/ACCESS.2019.2900958. {in English}

10. Ymoriguchi, KUehara(Senior researcher) *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* - 1993, V. 46–47. - P. 689-695 [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90338-O](https://doi.org/10.1016/0167-6105(93)90338-O). {in English}

11. Nasrin Akhter¹, Md. Eabad Ali¹, Mohammad Matiur Rahman, Md. Nur Hossain, and Md. Mamun Molla Simulation of air pollution dispersion in Dhaka city street canyon. // *AIP Advances* – 2021, V. 11, Issue 6. <https://doi.org/10.1063/5.0033948>. {in English}

12. Tatarchenko H.O. Teoretychni aspekty modeliuvannya rozsiuvannya zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferi. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya.* Kyiv. 2022, №79. S. 381-395. <https://doi.org/10.32347/2076-815kh.2022.79.381-395>. {in Ukrainian}

13. Badach, J.; Voordeckers, D.; Nyka, L.; van Acker, M. A framework for Air Quality Management Zones-Useful GIS-based tool for urban planning: Case studies in Antwerp and Gdańsk. // *Build. Environ.* - 2020, 174, - P.106743. {in English}

14. Tella A.; Balogun, A.L. GIS-based air quality modelling: Spatial prediction of PM₁₀ for Selangor State, Malaysia using machine learning algorithms. // *Environ. Sci. Pollut.* - 2021, - P.1–17. {in English}

15. Типи забудови житлових кварталів. <https://helpiks.org/6-13856.html> {in Ukrainian}

16. Metodyka rozrakhunku vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn ta parnykovykh haziv u povitria vid transportnykh zasobiv. Nakaz Derzhavnoho komitetu statystyky Ukrainy №452 vid 13.11.2008. {in Ukrainian}

17. Tatarchenko H.O. Analiz zabrudnennia oksydamy azotu povitrianoho prostoru terytorii Kyieva. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya.* - 2021, №77. - S.441-450. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.441-450>. {in Ukrainian}

18. Tatarchenko H.O., Diomin M.M, Tarasiuk V.P. Model zabrudnennia oksydamy azotu prymahistralnykh terytorii mista. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya.* - 2021, №78. - S. 478-491. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.478-492. {in Ukrainian}

19. Tatarchenko, Halyna & Kravchenko, Inna, Towards Clean Air of Urbanized Territories. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4031260> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4031260>. {in English}

20. Vovk I.G. Geometricheskoe modelirovanie lineynyih ob'ektov v prikladnoy geoinformatike // *Vestnik SGGA.* – 2013, V. 5 (21). - S. 57–62. {in Russian}