

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТАТАРЧЕНКО ГАЛИНА ОЛЕГІВНА

Татарченко – УДК 711.55,73: 502.3: 504:5,61

**МІСТОБУДІВНІ ТА ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МЕТОДОЛОГІЇ
НОРМАЛІЗАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ
ПРИМАГІСТРАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ КРУПНИХ МІСТ**

05.23.20 – містобудування та територіальне планування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2023

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор архітектури, професор
ДЬОМІН Микола Мефодієвич
Київський національний університет будівництва і архітектури,
професор кафедри міського будівництва.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ГАБРЕЛЬ Микола Михайлович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
завідувач кафедри архітектурного проектування
Інституту архітектури та дизайну;

доктор технічних наук, професор
СТЕПАНЧУК Олександр Васильович,
Національний авіаційний університет,
професор кафедри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції аеропортів;

доктор технічних наук, професор
ЧИГИРИНЕЦЬ Олена Едуардівна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», професор кафедри фізичної хімії.

Захист відбудеться “23” червня 2023 р. о 10⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.09 у Київському національному університеті будівництва і архітектури, за адресою: 03037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, ауд.466

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури, за адресою: 03037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий «11» травня 2023 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, доцент



А.О. АННЕНКОВ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Атмосферне повітря є життєво важливим компонентом навколишнього природного середовища, невід'ємною частиною людини, рослин і тварин. Зростання міст і освоєння нових районів, розвиток промисловості та збільшення чисельності населення надають негативний вплив на повітряний простір міст. Всесвітня організація охорони здоров'я визнає, що забруднення повітря є однією з найважливіших проблем у світі, яка впливає не тільки на якість життя населення, але і на очікувану тривалість життя та стан здоров'я.

На теперішній час підтверджено, що основним джерелом забруднення атмосфери у великих містах є автотранспорт, його внесок у валові викиди перевищує 85 - 90%. Автомобільні магістральні дороги міста, і особливо райони перехресть, є потужними джерелами нестаціонарних за часом викидів, у яких присутні понад двісті-триста достатньо шкідливих для організму людини хімічних сполук. Найбільше забруднення атмосферного повітря припадає на частку оксидів вуглецю – близько 200 млн. т на рік, оксидів азоту - 65 млн. т на рік, пилу – близько 250 млн. т на рік, золи – близько 120 млн. т на рік, вуглеводнів – близько 50 млн. т на рік.

Оксид вуглецю проявляє токсичну дію в органах та тканинах, що споживають багато кисню - мозок, серце, скелетні м'язи. Киснєве голодування може викликати випадки неврологічної недостатності, виражені у вигляді непритомності та зміни колірної чутливості очей, тому при вдиханні його зростає можливість аварій. Для людського організму оксиди азоту є більш шкідливі, ніж чадний газ і найбільшу небезпеку становить NO_2 . Він впливає на людину серцево-судинними захворюваннями та призводить до порушення функцій легень і бронхів, викликає сильне подразнення слизових оболонок очей, при високих концентраціях оксидів азоту виникають астматичні прояви. Зважені частки (PM) самі по собі та в комбінації з іншими забруднювачами становлять дуже серйозну загрозу здоров'ю людини, вони здатні проникати глибоко у легені та осідати там. Всі вуглеводні впливають на серцево-судинну систему та на показники крові (зниження вмісту гемоглобіну та еритроцитів), також можливе ураження печінки, порушення діяльності ендокринних залоз.

Зі збільшенням негативного антропогенного впливу на людину процесів урбанізації все більшого значення набувають питання збереження та захисту не тільки природних екосистем, а й повітряного простору міського середовища. Загалом об'єкти територіального планування продовжують розвиватися у відсутності достатньо ефективною концепції або моделі архітектурно-містобудівного забезпечення екологічної безпеки повітряного простору міських територій. Проблема забруднення автотранспортом повітря урбанізованих примігстральних територій належить до пріоритетних при вирішенні завдань щодо оздоровлення навколишнього середовища міста та потребує невідкладного та планомірного вирішення.

Тому для подальшого використання міських територій відповідно до вимог сталого розвитку та екологічних норм збереження чистого повітря необхідно створити наукові засади формування теорії та методології нормалізації повітря, спрямовані на вирішення важливої містобудівної проблеми – захисту повітряного

простору урбанізованих територій від забруднення токсичними компонентами автомобільних викидів. Необхідно докладати зусиль у напрямку переходу до чистого повітря урбанізованих територій, а саме виконувати основні захисні заходи, які потрібно сформулювати.

Потрібно відзначити дослідження вчених з рішення проблем просторової організації, управління, розвитку містобудівних систем Габрель М.М., Дьомін М.М., Солуха І.Б., Плешкановська А.М., Архіпова Г.І. та інших.

Серед вчених, які отримали вагомні наукові результати у розвитку моделей та методів атмосферного розсіювання у різних аспектах їх використання слід визначити роботи закордонних та вітчизняних фахівців: Tella A., M. T. Vilhena, Pérez Guerrero J.S., Laín S. & Grillo C. A., Patra. P., Feng S., Benson P. Моделювання розсіювання забруднення повітря в каньйоні міської вулиці Nasrin Akhter¹, Qin Y., Berkowicz R., Nov O. та інших.

Значний внесок у вирішенні проблем: транспортної комфортності проживання у сучасних містах, режиму руху транспортного потоку, його моделювання - Kablak N., Матейчик В.П., Осетрін М.М., Чередніченко П.П.; Семененко М.В.; Glen, W.G.; Дубова С.В., Солуха І.Б., Тарасюк В.П. та інших.

Вивченням актуальними питаннями екологічного стану міських територій, їх інноваційного та сталого розвитку, оцінкою впливу на життя людини, невизначеності й ризику в урбаністиці присвячені роботи авторів Yijun Song, Приймаченко О.В., Кнуязев Д.К., Петруня О.М., Банах А.В., Ferens Н.С., Sharma P., Whyte W., Alexandrescu L. та інших. Аналіз забруднення атмосферного повітря крупних промислових міст та його вплив на рівень захворюваності розглянути авторами Duren RM, Рейцен Е.А., Витрищак С. В., Санина Е. В.; Горовая А.И., Vachon G. та інших.

Проте, незважаючи на широкий спектр наукових досліджень, існує потреба подальшого розвитку щодо збереження та захисту повітря міського середовища. Головним напрямом дослідження є вирішення науково-прикладної проблеми збереження чистого повітря урбанізованих територій, розроблення теоретичних і методологічних основ, концептуальних, інфологічних технологічних моделей, шляхів удосконалення, методів захисту, технологічних процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження ґрунтується на законодавчих актах, що регламентують містобудівну та планувальну діяльність, серед яких Закони України: «Про основи містобудування» (№ 2780-ХІІ від 2 16.10.2020), «Про регулювання містобудівної діяльності» (№ 3038-VI від 01.01.2023), "Про охорону атмосферного повітря"(№ 2707-ХІІ від 03.01.2023), «Про охорону навколишнього природного середовища» (№ 1264-ХІІ від 2 10.07.2022), «Про архітектурну діяльність» (№687-ХІV від 10.10.2022), «Про будівельні норми» (№1704-VI від 09.06.2022), «Про Генеральну схему планування території України» (№3059-III від 09.06. 18.11.2012), «Про відповідальність за правопорушення у сфері містобудівної діяльності» (№208/94-ВР від 01.12.2020), «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних» (№554-IX від 01.03.2023), «Про державний контроль за використанням та охороною земель» (№963-IV, від 19.11.2022), «Про благоустрій населених пунктів» (№2807-IV від 20.08.2021), «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду» (№525-V від 16.10.2020). Обраний напрям досліджень пов'язаний з реалізацією

положень Концепції сталого розвитку населених пунктів, затвердженої постановою Верховної Ради України. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу від транспортних засобів проводилась згідно з наказом Державного комітету статистики України №452 від 13.11.2008.

Дослідження пов'язано з тематикою науково-дослідних робіт, які виконувались за участі автора в Київському національному університеті будівництва і архітектури та на кафедрі будівництва, урбаністики та просторового планування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, "Теоретичні основи процесів забруднення повітряного простору урбанізованих територій" (реєстраційний номер №0122U200708); "Корозійні процеси за участю озону" (№0115U007240); "Проектування металевих ферм з комбінованих профілів" (№0115U007241); міжнародний проект Horizon – 2020 "Response-Integrated solutions for positive energy and resilient cities".

Дисертаційна робота виконана згідно з планом наукової роботи кафедри міського будівництва Київського національного університету будівництва і архітектури.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розробка методологічних основ формування містобудівних та хіміко-технологічних рішень нормалізації повітряного простору приміагістральних територій крупних міст для забезпечення комфортних умов життя населення та якості здоров'я людини.

Для досягнення мети досліджень в роботі поставлені наступні наукові завдання:

- 1) провести порівняльний аналіз стану повітряного простору урбанізованих територій провідних країн світу й України;
- 2) визначити теоретичні підходи та методологічні аспекти процесів нормалізації повітряного простору урбанізованих територій;
- 3) розробити концептуальну модель збереження стійкого рівноважного стану урбанізованих територій та інфологічну модель збереження нормативного стану повітряного середовища;
- 4) провести аналіз та моделювання просторового розподілу викидів автотранспорту з урахуванням впливу природно-кліматичних і містобудівних факторів;
- 5) обґрунтувати використання моделей та методів при моделюванні розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері та контролю чистоти повітря;
- 6) провести дослідження та розрахунки концентрацій забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами приміагістральних територій міста та запропонувати модель оцінки максимально небезпечних зон забруднення шкідливими речовинами;
- 7) визначити методи та технології нормалізації повітряного простору приміагістральних територій міст;
- 8) запропонувати конструкційну модель очисної споруди для нормалізації забрудненого повітря приміагістральних територій;
- 9) провести моделювання процесу розсіювання озону у повітряному просторі забруднених територій.

Об'єкт дослідження – повітряний простір приміагістральних територій крупних міст.

Предмет дослідження – містобудівні та хіміко-технологічні основи методології нормалізації повітряного простору приміагістральних територій крупних міст.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використані наступні методи дослідження: системного аналізу – при визначенні мети, завдань та проблем нормалізації повітряного простору; монографічний метод – при дослідженні нормативно-правових актів, стандартів, наукових публікацій та методичної літератури щодо охорони атмосферного повітря. Методи порівнянь, аналізу, формалізації, узагальнення, класифікації – при моніторингу повітряного простору урбанізованих територій провідних країн світу й України, оцінювання точності емпіричних математичних моделей; системно-структурного аналізу – при розробленні моделей системи об'єктів містобудівного дослідження, зокрема концептуальної, інфологічної моделі та принципу рівноваги для нормалізації повітря, моніторингу забруднень територій крупних міст з моделями прогнозування, технологічних схем роботи очисної установки. Методи експериментальних досліджень – при визначення ступеню обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій шляхом практичного використання їх у проектних організаціях; просторового аналізу та моделювання – при розробленні профілів розсіювання озону на приміагістральних територіях, визначення концентрації забруднюючих речовин. Методи інтерполяції та екстраполяції - при визначенні якості повітря за відомими вимірними даними для прогнозу концентрацій викидів на автомагістралях; техніко-економічна оцінка – при обґрунтуванні способу очищення (нормалізації) повітря озоновими технологіями; розрахунково-конструктивний – при проектуванні інженерних споруд.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в отриманні теоретичних і практичних результатів щодо вирішення науково-прикладної проблеми збереження й відновлення нормативного стану повітряного простору приміагістральної території та забезпечення сталого розвитку міст з урахуванням основних принципів його планування, забудови та екологічних вимог.

Вперше представлені, теоретично обґрунтовані й експериментально перевірені наступні наукові положення.

1. Явища «людина ↔ довкілля ↔ транспорт» методологічно розглянуто як системна цілісність, об'єкт містобудівного дослідження, моделювання, регулювання, стратегічного просторового планування та оперативного управління процесами містобудівної діяльності.

2. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень стану повітряного простору приміагістральних територій та принципу рівноваги запропоновано методологію нормалізації повітря та методи прогнозування, збереження його складу та захисту від викидів токсичних компонентів автотранспорту.

3. Обґрунтовано метод моніторингу мікрочастинок та контролю чистоти повітря замкненого простору, на основі використання методології визначення світлових полів при проходженні Лагер-Гаусового пучка крізь подвійний фазовий клин зі створенням відповідної тривимірної конфігурації лазерного поля.

4. Розроблено математичну та просторову моделі забруднення оксидами азоту примагістральних територій міста залежно від інтенсивності транспортних засобів та запропоновано їх зонування за рівнем забруднення: небезпечні, низької безпеки та безпечні.

5. Визначено співвідношення між інтенсивністю руху транспортних засобів на міській магістралі та відстанями, де досягаються гранично допустимі норми викидів оксиду азоту, що дозволяє визначити зони підвищеної небезпеки для пішохідного руху навколо магістралей.

6. Запропоновано та задекларовано спосіб та конструкційна модель установки очищення забрудненого повітряного простору урбанізованих територій від оксидів азоту, оксидів вуглецю та вуглеводнів з використанням озонових технологій, який забезпечує отримання ефекту з очищення повітря на міських магістралях до 70%, та розроблена принципіальна схема-модель технологічного процесу очищення забрудненого повітря.

Удосконалено в роботі.

7. Умови сталої роботи автотранспорту та нормалізації стану повітряного простору урбанізованих територій: вдосконалення організації руху вулично-дорожньої магістральної мережі та контроль технічного стану автотранспортних засобів; просторово-планувальна організація територій з високою щільністю забудови; впровадження "smart" стратегії комунікації та заохочення пішохідного та велосипедного руху; просування громадського транспорту та екологічних транспортних засобів.

8. Моделювання процесу розсіювання озону на території міста із врахуванням аварійної ситуації викиду, яке дозволяє отримати профілі максимальної концентрації озону вздовж та перпендикулярно вітрового потоку, визначити відстані, де будуть досягатися допустимі його значення та санітарно-захисні зони.

9. Вибір шляхів нормалізації повітряного простору при магістральних територіях великих міст різними способами, зокрема: створення зон малих викидів – Low Emission Zone (LEZ); заохочення активних видів транспорту; створення зелених зон; перерозподіл громадського міського простору; просування громадського транспорту; створення очисних споруд; вдосконалення транспортної політики – податки та технологічне управління дорогами.

Набули подальшого розвитку.

10. Уявлення про найбільш небезпечні викиди автотранспорту, що завдають великої шкоди здоров'ю громадян та навколишньому середовищу – а саме оксидів азоту, коли їх фактичний вміст на примагістральних територіях перевищує гранично допустимі концентрації на порядок і вище.

11. Методика визначення пористості примагістральної забудови з урахуванням проникності вітрового потоку з викидами автомобільного транспорту та з використанням коефіцієнта екранування забудовою від забруднень атмосферного повітря.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці методів нормалізації та запобігання забрудненню повітряного середовища примагістральної території шляхом виявлення максимально небезпечних зон забруднення шкідливими

речовинами під час розробки містобудівної документації, зокрема генеральних планів міст та детальних планів приміагістральної території.

1. Отримані результати дозволяють визначити раціональні та економічно обґрунтовані комплекси заходів, щодо зниження рівня забруднення повітряного простору міст та методи «smart» організації дорожнього руху з урахуванням вірогідного ступеню забруднення ділянок міської території відповідно до варіантів проектних рішень.

2. Економічна ефективність від впровадження очисних хіміко-механічних пристроїв в зонах найбільшого забруднення виражається у показниках підвищення екологічної безпеки та зниження рівня захворюваності населення урбанізованих територій.

3. Методи та технології, що запропоновані та задекларовані (способи очищення та спеціальні споруди очищення повітря), дають широкий спектр можливостей їх застосування.

4. Проведені розрахунки концептуальної моделі очисної споруди показують задовільні техніко-економічні показники обраної конструкції й дозволяють рекомендувати її до використання.

5. Отримані практичні результати пропонуються до використання при плануванні або реконструкції міських магістралей щодо нормалізації повітряного простору.

Практична цінність підтверджена відповідними актами впровадження державним науково-дослідним інститутом "ДІПРОМІСТО" ім. Ю. М. Білоконя та компанією ТОВ "ІНСТИТУТ "КИЇВДОРМІСТПРОЕКТ".

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, пропозиції та висновки у дослідженні, отримані автором особисто, що підтверджується одноосібними статтями які відображають основні результати дослідження. Загалом за темою дисертації опубліковано 53 наукових праці, серед них 18 праць є одноосібними. В опублікованих у співавторстві наукових працях дисертанту належать: [1,25] – теоретичні уявлення, моделювання процесів очищення повітря; [2,11,23] – моделювання будівельних об'єктів; [3] – формування концепції впливу озону на металеві матеріали; [4,8,9,37] – обговорено ідею здатності фіксувати захоплену мікрочастинок в стійкому положенні в заданій точці «тіла» тривимірного променя та використання цієї ідеї для контролю чистоти повітря; [5] – розроблення методики нового експрес-методу, який дозволяє визначити довговічність каменю з найменшими трудомісткістю та високою ефективністю; [6] – розробка та дослідження технологічної схеми фільтруючої установки з двох секцій для безперервного відкачування та очищення забруднених ґрунтових вод; [7] – запропоновано теоретичні результати, що отримані за допомогою чисельного аналізу та отримано положення і траєкторії фазових сингулярностей, які можуть бути критеріями рівня чистоти повітря; [14-17,22,35] – постановка завдання та інтерпретація одержаних результатів; [20] – дослідження забруднення повітря при магістральних територіях міста оксидами азоту; [27÷29] – звіт та аналіз проведення всеукраїнських науково-практичних інтернет-конференцій; [30,31,34,36,43,44] – аналіз слабких та сильних сторін енергоефективності та екології міста, актуальність утворення агломерації, сталого розвитку; [46÷48] – постановка завдання та

рецензування; [50] – розробка пристрою для мокрої очистки забрудненого повітря урбанізованих територій; [51] – визначення способу очищення забрудненого повітря урбанізованих територій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати наукових досліджень, що включені до дисертації, доповідались і обговорювались на міжнародних та всеукраїнських наукових симпозіумах, конференціях та семінарах, зокрема на IX Міжнародній науково-практичній конференції "Транспорт і логістика: проблеми та рішення" (Одеса, травень 2019); - II та III Міжнародній азербайджансько-українській науково-практичній конференції «BUILDING INNOVATIONS» (Баку-Полтава, травень 2020, 2021); Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоефективне місто. XXI століття» (м. Одеса, листопад 2020); IV та V Всеукраїнських науково-практичних інтернет-конференціях «Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах» (Сєверодонецьк, березень 2019, листопад 2020, 2021); International Scientific Symposium «Science for modern man: innovative engineering and technology, informatics, security systems, transport development, architecture» (Karlsruhe, Germany, February 2021); Всеукраїнській науково-технічній інтернет-конференції «Новітні тенденції розвитку міського будівництва та господарства» (м. Рівне, квітень 2021); II, III та IV Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні технології в освіті та науці» (м. Сєверодонецьк, березень 2019, лютий 2020, квітень 2021); The 4th International scientific and practical conference “Modern science: innovations and prospects” (Stockholm, Sweden, January 2022).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 53 наукових працях (18 з яких одноосібні), а саме: 10 - у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку дисертації, у тому числі 7 у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Scopus, Web of Science; 3 - у міжнародних періодичних наукових виданнях; 21 - у вітчизняних періодичних виданнях, у тому числі 2 у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Scopus, Web of Science; 19 що входять до переліку наукових фахових видань з технічних наук, визначених МОН України; 9 - у збірниках матеріалів міжнародних та вітчизняних конференцій; 2 – монографії та 3 глави у колективних монографіях; 4 - навчальних посібника; 4 – деклараційних патенти України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації – 351 сторінка, з них 265 сторінок основного тексту, 113 рисунків та 46 таблиць, в тому числі такі, що розміщені на 23 окремих аркушах, список використаних джерел із 312 найменувань на 38 сторінках та 6 додатків на 25 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами, сформульована мета і завдання роботи, показана її наукова новизна і практична цінність, особистий вклад претендента і апробація результатів.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану та проблем містобудівного дослідження повітряного простору урбанізованих територій» представлений аналіз сучасного стану повітряного басейну міст урбанізованих територій у світі та Україні. Викладені основні проблеми забруднення повітряного середовища на екологію міст та стан здоров'я людини. Розглянутий сталий транспорт як умову концепції сталого розвитку міста та його вплив на екологію міст та підтверджено, що основним джерелом забруднення атмосфери є автотранспорт, використання якого дає понад двохсот-трьохсот найрізноманітніших хімічних речовин, які є достатньо шкідливими та суттєво впливають на екологію міст та стан здоров'я людини. В середньому один легковий автомобіль викидає в атмосферу за день близько одного кілограма різних токсичних і канцерогенних речовин (рис.1).

Для охорони навколишнього середовища та охорони здоров'я від впливу транспорту визнані основні шляхи, що відображені в Амстердамській Декларації:

- забезпечення екологічно стійкої мобільності та сприяння розвитку більш ефективних транспортних систем;
- сприяння впровадженню стратегій та реалізації заходів, спрямованих на забезпечення безпеки транспорту для здоров'я людей;
- зниження викидів парникових газів та атмосферних забруднювачів транспортного походження, а також рівні транспортного шуму;
- сприяння сталому економічному розвитку та створенню нових робочих місць шляхом інвестицій у транспорт, який не завдає шкоди довкіллю та здоров'ю людини.

Екологія має стати не гальмом прогресу, вона має стати орієнтиром та її помічником.



Рис. 1. Міста світу з забрудненим повітрям

Для вирішення проблем, пов'язаних з розвитком транспортної галузі, для реалізації концепції сталого розвитку транспорту, яка передбачає досягнення рівноваги між суспільством та довкіллям, необхідно визначити пріоритетні напрямки розвитку:

- максимально можливе зниження всіх видів негативного впливу транспорту на довкілля та здоров'я населення – викидів забруднюючих речовин,

парникових газів, шумового забруднення, споживання невідновлюваних джерел енергії, відчуження земель, забруднення відходами транспортної діяльності;

- зниження перевантаженості міських вулично-дорожніх мереж особистим транспортом за рахунок пріоритетного розвитку, підвищення ефективності та комфорту громадського пасажирського транспорту;

- підвищення ефективності управління та перерозподіл транспортного попиту за рахунок підвищення ефективності та координації транспортного та територіального планування, розвитку більш ефективних транспортних систем, сприяння застосуванню інформаційних технологій;

- створення екологічно безпечніших та енергоефективних видів транспорту та транспортних систем та сприяння на цій основі сталому економічному розвитку країни та створенню нових робочих місць;

- зміцнення здоров'я населення та підвищення якості життя у містах за рахунок забезпечення сприятливих умов для безпечного та фізично активного немоторизованого пересування.

Визнано, що незважаючи на активну роботу фахівців щодо зниження забруднюючих речовин у вихлопних газах автомобілів, переходу на «зелені» технології, загальний рівень забруднення повітря в містах зростає за рахунок урбанізації простору. Слід відзначити, що у літературі практично відсутні уявлення з нормалізації повітря спеціальним обладнанням, яке розміщене на особливо забруднених територіях; у містобудівних документах відсутні рекомендації й положення про облік екологічної складової стану повітря.

Проблема забруднення автотранспортом повітря урбанізованих територій належить до пріоритетних при вирішенні завдань оздоровлення навколишнього середовища міста та вимагає невідкладного та планомірного рішення. Обґрунтована необхідність комплексного дослідження проблем зниження рівня забруднення з метою формування теорії та визначення методології очищення повітряного басейну, особливо приміагістральних територій міст.

У другому розділі «**Теоретичні підходи та методологічні аспекти процесів нормалізації повітряного простору урбанізованих територій**» на основі аналізу стану повітряного простору територій міст при забрудненні його автомобільними викидами запропоновано концептуальну модель переходу до стійкого рівноважного стану урбанізованих територій, інфологічну модель об'єктів дослідження з урахуванням різних факторів: видів палива, розподілу токсичних та нетоксичних викидів у повітряному просторі, метеорологічних умов, рельєфу, щільності забудови.

Можна виділити три наріжні завдання які спрямовані на досягнення рівноваги між суспільством та навколишнім середовищем, збереженням й відновленням нормативного стану повітря урбанізованих територій.

1. Місто є нерівноважною екосистемою, на його територіях відбувається порушення природного екологічного балансу.

На урбанізованих територіях формуються дві субсистеми: природна та антропогенна. Природну субсистему поділяють на літосистему, гідросистему, аеросистему та біоту; а антропогенну - на виробничу, сельбищну, ландшафтно-рекреаційну, що у сукупності складають "інфраструктуру" різноманітних процесів

життєдіяльності як окремої людини, так і суспільства (територіальної громади) у цілому.

2. Основним джерелом забруднення повітря у містах є автомобільний транспорт.

На даний час, можна констатувати, що до умов роботи автотранспорту на урбанізованих територіях з метою збереження чистого повітря на цих територіях та водночас сталого розвитку транспорту та міста необхідний комплексний підхід. А саме, оптимізація дорожньої мережі та контроль за використанням транспортних засобів; міське планування з високою щільністю забудови та розумні стратегії комунікації; розвиток міст, орієнтований на громадський транспорт та заохочення

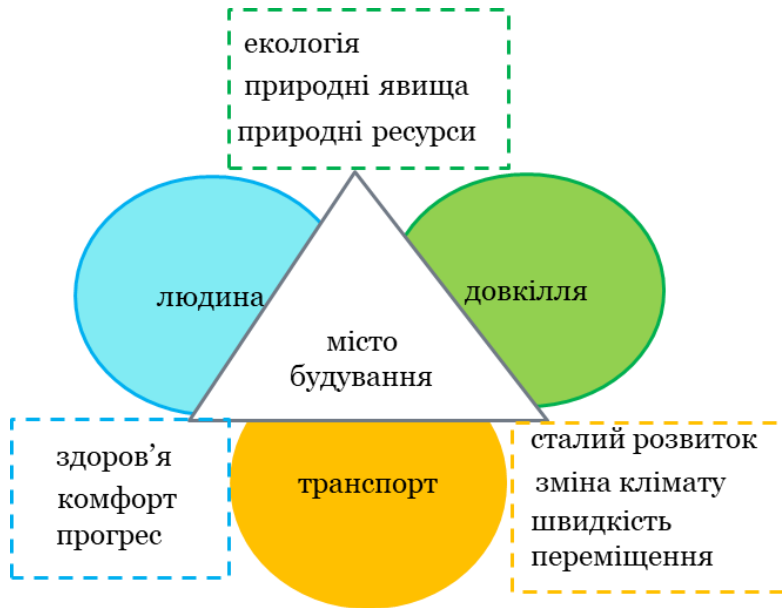


Рис. 2. Концептуальна модель переходу до сталого рівноважного стану урбанізованих територій

різного віку свідчить про погіршення комфортності життя. В останні роки у світі відбувається багато техногенних катастроф, аварій причини яких все частіше пов'язують із людським фактором.

Пропонується до розгляду концептуальна модель переходу до сталого рівноважного стану урбанізованих територій як системної цілісності об'єктів, яка складається з трьох об'єктів (рис.2):

- *людини*, яка прагне комфортне жити, а комфорт вимагає постійного прогресу і в той же час зберігати головне своє надбання -здоров'я;
- *транспорту*, який пов'язаний з необхідністю швидкого переміщення товарів, послуг, що вимагає сталого розвитку економіки та призводить до зміни клімату;
- *довкілля*, стан якого під антропогенним впливом погіршується на тлі посилення природних катаклізмів.

Концептуальна модель переходу до сталого рівноважного стану урбанізованих територій складається з трьох об'єктів, де елементи кожного об'єкту зв'язані один з одним. Виділено основні поняття, що характеризують цілісну систему об'єктів і є ознаками в цій галузі.

пішохідного та велосипедного руху; удосконалення громадського транспорту та просування екологічних транспортних засобів.

3. Розвиток та функціонування міських структур визначається, зазвичай, не законами природи, а потребами суспільства.

Негативні зміни в екологічній ситуації неминуче призводять до погіршення якості життя людей, практично у всіх сферах їх життєдіяльності і, насамперед, здоров'я. Збільшення рівня захворюваності серед мешканців

Переходячи до конкретних об'єктів дослідження у напрямі концептуальної моделі переходу до нормативного стану повітряного простору урбанізованих територій, можна сформулювати інфологічну модель об'єктів дослідження (рис.3). Основні конструктивні елементи інфологічної моделі – це сутності, зв'язок між сутностями та його атрибути (властивості). Для об'єкту «населення» визначені такі параметри як щільність населення, гранично-допустимі концентрації забруднюючих речовин та здоров'я, що визначає загальний стан суспільства. Основними параметрами для об'єкта «примагістальна територія» є кількість транспортних засобів, що рухаються по даному маршруту, викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище і відстані від забудови до магістралі, від магістралі до безпечних територій. Третім об'єктом інфологічної моделі є «повітряний басейн», що пов'язаний з територіями міста, а саме примагістральними. Основні параметри його – забудова територій, забруднювачі, що потрапляють у повітря та метеоумови, що визначають ступінь розсіювання поллютантів.

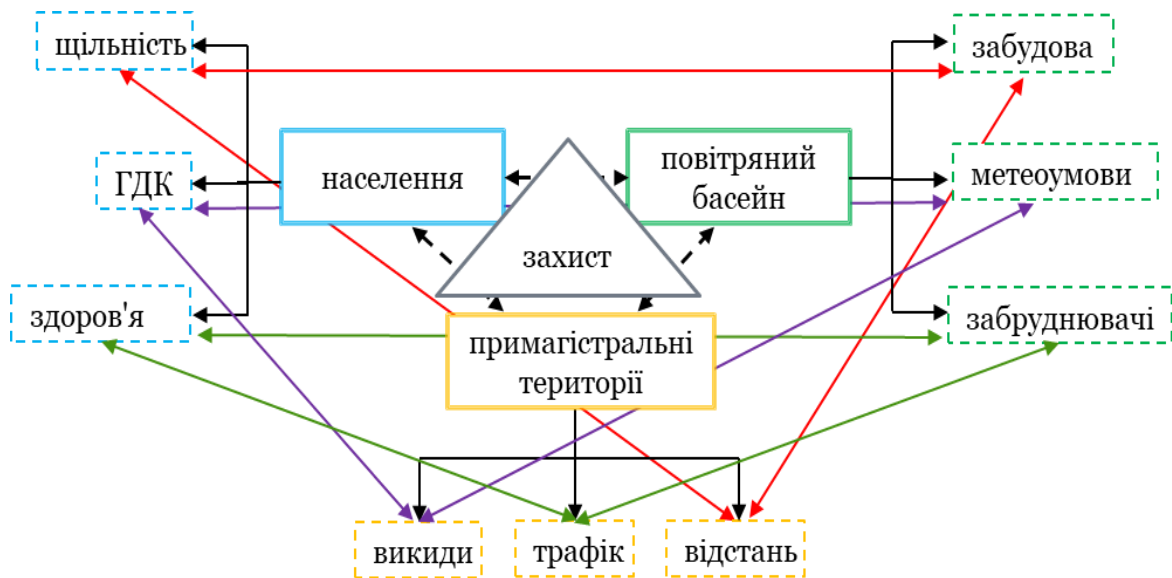


Рис. 3. Інфологічна модель об'єктів дослідження

Усі параметри пов'язані між собою основними зв'язками - переміщенням, розсіюванням і розміщенням. Зв'язок «переміщення» об'єднує параметри трьох об'єктів – метеоумови у повітряному басейні, трафік на магістральних дорогах та здоров'я людини, що характеризується його врівноваженістю з навколишнім середовищем. Для зв'язку «розсіювання» визначені параметри – забруднювачі, що перевищують фонові значення, викиди, що потрапляють в навколишнє середовище та гранично допустимі концентрації. Зв'язок «розміщення» об'єднує такі параметри як забудова, тобто розподіл будівель і споруд, відстань від очисної споруди до магістралі, від магістралі до забудови та щільність - число жителів, що припадає на 1 км² території. Для об'єкта «населення» визначені такі основні параметри як здоров'я нації, щільність населення, гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин.

Таким чином, явище «людина ↔ довкілля ↔ транспорт» методологічно розглянуто як системна цілісність, об'єкт містобудівного дослідження, моделювання, регулювання, стратегічного просторового планування та оперативного управління процесами містобудівної діяльності».

Технічний стан автомобілів тісно пов'язаний із застосуванням якісних палив, відповідних певним нормативним документам. Структура токсичних компонентів при спалюванні 1 кг палива в основних компонентах є оксиди вуглецю, азоту, сірки, вуглеводні, альдегіди, зважені частинки (сажа). Різниця в найгірших показниках у карбюраторних двигунів – це високий рівень викидів оксидів вуглецю та у дизельних – оксиду сірки та сажі. Тут слід зазначити, що у вмісті у викидах оксиду азоту відмінність незначна, тобто для цього викиду важливий не стільки тип двигуна, скільки паливо та очисна система.

Можливо відмітити, що для автомобілів груп II - Вантажні бензинові з вантажопідйомністю до 3т (у т. ч. працюючі на зрідженому нафтовому газі) та мікроавтобуси; III- Вантажні бензинові з вантажопідйомністю понад 3 т (у т. ч. працюючі на зрідженому нафтовому газі); IV - Автобуси бензинові і VII - Вантажні газобалонні, що працюють на стиснутому природному газі відзначається високий рівень викидів оксиду вуглецю; викиди оксидів азоту (NO_x у перерахунку на NO_2) притаманні абсолютно всім типам автомобільного транспорту, теж можна говорити і про викиди вуглеводнів, за винятком легкових дизельних автомобілів; групи IV, VI (Автобуси бензинові та дизельні) характеризуються високим вмістом діоксиду сірки та до них додаються легкові дизельні автомобілі у випадках викидів сажі.

Проведено розрахунок кількості чистого повітря, необхідного для розведення шкідливих речовин до норм ГДК найбільш небезпечних для здоров'я людини, а саме, оксиду вуглецю (чадним газом), діоксиду азоту (IV), вуглеводню. Результати розрахунків показують, що найбільша кількість повітря потрібна для розведення вихлопного газу оксиду вуглецю для дизельних легкових авто та автобусів, а також вантажних бензинових автомобілів з вантажопідйомністю до та понад 3 т та мікроавтобусів. Слід зазначити, що практично у всіх видів транспорту викиди оксидів азоту вимагають великої кількості атмосферного повітря від двох разів до десяти разів, порівняно з оксидами вуглецю.

Для скорочення обсягів шкідливих автомобільних викидів в атмосферу використовують цілий перелік методів, а саме: удосконалення моделей двигунів для мінімізації споживання ними палива; використання екологічних видів палива; обладнання нейтралізаторами вихлопних труб автомобілів; впровадження автоматизованих систем управління рухом; створення зелених насаджень; створення очисних споруд.

Таким чином, запропоновано дотримуватися принципу рівноваги між необхідним обсягом повітряного басейну та максимальною інтенсивністю запланованого автомобільного трафіку. Співвідношення кількості викидів забруднюючих речовин до кількості повітря має перевищувати 1/1000. Принцип рівноваги покладено в основу методології нормалізації повітря та методів прогнозування, збереження його складу та захисту від викидів токсичних компонентів автотранспорту. При неможливості виконання цих умов необхідно вводити додаткові обмежувальні заходи або очисні споруди.

У повітряному просторі піднімаються вгору нетоксичні речовини такі, як азот, дещо легший за повітря, тому його концентрація з висотою підвищується, кисень, трохи важчий за повітря і малорозчинний у воді, водень та водяна пара легші за повітря. Щільність водяної пари становить лише $0,72 \text{ кг/м}^3$, що майже в 1,7 рази легше

за повітря. З токсичних піднімаються вгору тільки оксид вуглецю - продукт неповного згоряння палива, легший за повітря. Оксид та діоксид азоту – важчі за повітря, внаслідок чого концентруються біля поверхні землі, збираються в поглибленнях, де легко окислюються киснем, що міститься в атмосферному повітрі, і перетворюються на діоксид азоту. Вуглеводні, що утворюються у циліндрах двигунів внутрішнього згоряння та обумовлені переважно порушеннями у процесі згоряння палива, значно важчі за повітря. При попаданні вуглеводнів у навколишнє середовище вони здатні накопичуватися в різних заглибленнях (траншеях, колодязях, низинах), а при певному відсотковому вмісті в повітрі утворюють вибухонебезпечні суміші, які від джерела відкритого вогню або навіть незначної іскри вибухають.

Частинки розміром понад 10 мкм відносно швидко опускаються на землю під впливом тяжкості, з діаметром від 4 до 10 мкм піднімаються з димом на висоту понад 1 км і можуть переміщатися потоком повітря на сотні кілометрів. Частинки від 1 до 4 мкм дуже повільно осідають, досягаючи земної поверхні протягом року, менше 1 мкм поширюються подібно до молекул газу. Зразкова швидкість осадження частинок у нерухомому повітрі залежно від розміру складає значно різні значення. Скупчення небезпечного забруднення повітряного середовища шкідливими викидами автотранспорту виникають поблизу автомагістралей, у «години пік», при несприятливому збігу метеорологічних умов, що перешкоджають природному очищенню повітря від автомобільних викидів. Для отримання достовірних характеристик про рівень забруднення атмосфери поблизу автомагістралі за несприятливих метеорологічних та транспортно-дорожніх умов необхідно проводити численні та широкомасштабні відбори проб газів та аерозольних опадів протягом кількох років, що потребує значних фінансових витрат.

Несприятливими метеорологічними факторами, що впливають на рівень і тривалість забруднень, є приземні інверсії та затримуючі шари у прикордонному шарі атмосфери при швидкостях вітру на поверхні землі менше 5 м/с. *Сприятливими факторами* є нестійкий стан атмосфери при швидкості вітру на поверхні землі понад 5 м/с, а також опади.

Причинами аномально-високих концентрацій забруднювачів у приземному шарі атмосфери слід вважати: незначну товщину шару переміщення та малі швидкості вітру; виникнення малоградієнтного поля тиску, малорухливих антициклонів; опади менш 2-3 мм протягом дванадцяти годин; відносну вологість повітря менш 60%; туман або димка; наявність приземних інверсій у шарі 1-100м або піднятих інверсій у шарі до 500 м; тривале збереження несприятливих синоптичних умов та параметрів термодинамічного стану прикордонного шару атмосфери.

Вітровий режим багато в чому визначає розсіювання пилових та газових викидів в атмосферу. Відсутність вітру часто сприяє накопиченню та тривалому знаходженню забруднюючих речовин у повітрі на певній території. У системі координат, що рухається зі швидкістю автомобіля, поширення вихлопних газів описується рівнянням турбулентної дифузії та стаціонарним рівнянням. У приземному шарі атмосфери воно має вигляд:

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

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.

Діюча методика розрахунку концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі враховує вплив на вітровий потік тільки форм рельєфу місцевості. Забудова міст, що характеризується великою висотою будівель і високою щільністю їх розміщення, за ступенем впливу порівняна з рельєфом місцевості. Однак цей фактор ніяк не враховується при розрахунках концентрації забруднення повітря в атмосфері та місць утворення підвищених концентрацій.

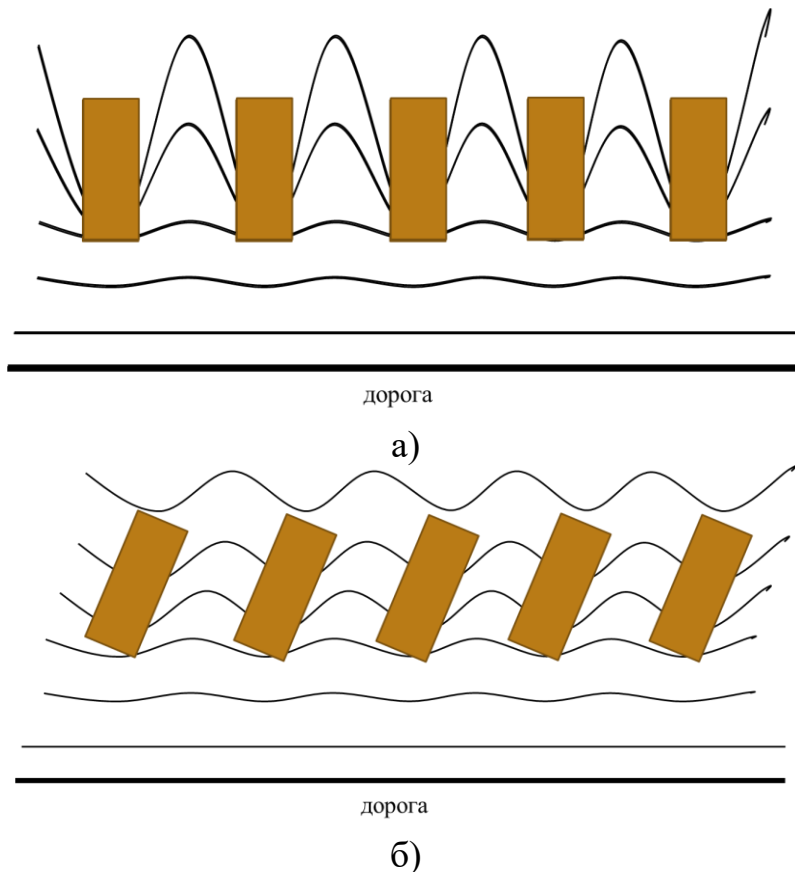


Рис. 4. Моделювання просторового забруднення територій автомобільними викидами при забудові: а) стрічкової; б) під кутом

територіями та функціями, сприятливий мікроклімат. При чисельному моделюванні розсіювання міських забруднювачів бажано використовувати концепцію блокової типології.

В ідеалізованій моделі просторового профілю забруднень повітря примігстральних територій запропоновано використовувати параметр пористості території який введений для оцінки продувності міської забудови щодо вітрового потоку що набігає, та використовувати його як коефіцієнт екранування забудовою від забруднення повітря викидами автомобільного транспорту. Тобто, концентрація забруднення атмосферного повітря визначається за формулами як й з розрахунком без забудови, але з додаванням перерахункового коефіцієнта l . Тоді, наприклад, за

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. Геометричне моделювання є поширеним підходом у дослідженнях розсіювання забруднюючих речовин, типологія блоків є ключовим елементом для представлення загальної геометрії міського середовища. Головними якостями пористої міської тканини є проникність та зв'язаність просторів, забезпеченість необхідними

відсутності вітру в стрічковій забудові (рядами) (рис.4а) ми отримуємо 100% проникність, відповідно перерахунковий коефіцієнт буде дорівнювати $I=1$. При забудові під кутом до 45° до магістралі (рис.4б) кількість забруднень території знижується незначно, всього на 10% та $I=0,9$. Схема забруднення територій автомобільними викидами при замкненій забудові (периметральна) досить складна за розподілом забруднень, в цілому знижує проникнення у внутрішньо будинкові території на $35\div45\%$, $I=0,45\div0,55$. Найменший коефіцієнт I досягається при фронтальній забудові щодо магістралі, 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 з 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.

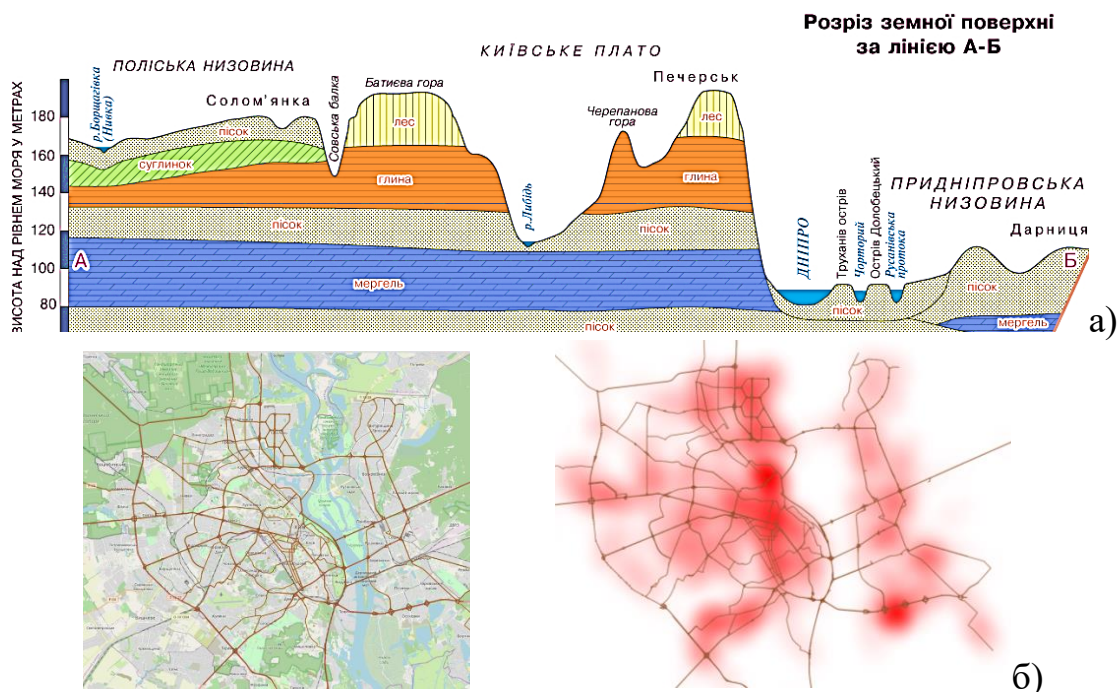


Рис.5. Мапа Києва: а) рельєф; б) забруднення приміагістральних територій

Звичайно, ідеалізована геометрія, зазвичай, недооцінює щільність міста, оскільки спрощені масиви мають тенденцію переоцінювати рівень забруднення. Однак загалом важливо зрозуміти поведінку забруднюючих речовин в обмеженому міському середовищі, знати схеми забруднення автотранспортом повітряного простору приміагістральних територій для подальшого покращення якості міського

повітря. Розсіяння забруднювачів значно залежить від рельєфу міської території. На прикладі м. Києва згідно з картами рельєфу (рис.5) та забруднення приміагістральних територій видно, що токсичні викиди «стікають» у низовини, улоговини, яри та заплави річок та сприяють збільшенню локального забруднення цих територій. Якщо враховувати повторюваність напрямку вітру у місті, а він переважно західний та південно-західний, то пляма забруднення формується у напрямку вітру, що підтверджується супутниковими даними. Ще один фактор, що впливає на менше забруднення територій лівого берега – це річка Дніпро, над якою завжди підвищена концентрація водяної пари, що сприяє очищенню повітря. Щоправда, при цьому істотно збільшується екологічне навантаження на саму річку.

Таким чином, можна констатувати, що форми рельєфу та його просторове орієнтування справляють значний вплив на міський клімат, створюючи контрастні мікрокліматичні зони за температурою, напрямком і швидкістю вітру, що створює спеціалізовані умови для розсіювання забруднюючих речовин.

У третьому розділі «**Теорія та методологія моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері та контролю чистоти повітря**» проведено аналіз моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері, розроблені теоретичні підходи у дослідженні забруднень та контролю повітря, визначені методологічні аспекти цих процесів.

Розвиток атмосферних моделей здійснюється головним чином за двома напрямками:

- розробка теорії атмосферної дифузії, де моделі ґрунтуються на описі фізичних та хімічних процесів, таких як розрахунок викидів, атмосферної адвекції та розсіювання, хімічної трансформації та осадження;
- емпірико-статистичний аналіз поширення забруднюючих речовин в атмосфері з використанням переважно Гаусівських інтерполяційних моделей.

Для опису забруднення атмосфери міст викидами від автотранспорту виділяють такі основні класи атмосферних моделей : аналітичне рішення рівняння турбулентної дифузії; чисельне моделювання турбулентних течій; Лагранжеві; Гаусові; міських каньйонів; статистичні.

Ґрунтуючись на проведеному аналізі, можна відзначити, що при побудові єдиної класифікації атмосферних моделей стану навколишнього повітряного середовища є складним завданням за рахунок багатогранності та багатоаспектності підходів. З метою отримання достовірної інформації про стан атмосферного повітря приміагістральних територій міста використовуються різні методи аналізу та моделювання стану довкілля.

Модель Лагранжа обчислює дисперсію забруднення повітря шляхом розрахунку безперервної траєкторії шлейфу. Вона рекомендується для оцінки розсіювання та осадження забруднюючих речовин навколо області нестационарного повітряного потоку. У роботі цей метод використовували для розрахунку профілів розсіювання озону на прилеглий території як від точкового джерела. Гаусова модель дозволяє розраховувати концентрації забруднюючих речовин в області моделювання по прямій лінії між джерелом та точкою розрахунку для кожної години та отримати модель забруднення викидами на приміагістральні території міста.

Статистичні моделі є корисним інструментом діагностики та передбачення якості повітря через інтерполяцію та екстраполяцію вимірних даних. Закономірності, що описуються за допомогою таких моделей, порівняно прості, що пояснює досить широке використання робіт цього напрямку. Елементи моделей міських каньйонів використовували для прогнозу концентрацій викидів на автомагістралях на коротких часових інтервалах (від кількох годин до доби).

Реакції окиснення, що призводять до трансформацій NO-NO_2 у більшості випадків можуть бути описані простою системою $\text{NO-NO}_2\text{-O}_3$, беручи до уваги час перебування газів в атмосфері вулиці. Так як це реакція третього порядку, вона вимагає високих концентрацій оксиду азоту та тривалого часу перебування газів, щоб надавати значний вплив. Це може мати місце при застійних погодних умовах, коли значні концентрації поллютантів спостерігаються кілька днів, але моделей, що задовільно описують це явище, поки немає.

Пил - це більше, ніж просто бруд і сажа, що надходять ззовні, він наповнений всілякими подрібненими частинками і, залежно від того, де ви живете, токсичними мікроелементами. Поблизу транспортних маршрутів і міських територій в концентрації частинок в атмосферному повітрі зазвичай переважають ультрадрібні частки, вони можуть потрапляти в навколишні будівлі, впливаючи на людину. Запропоновано візуальний метод підрахунку мікрочастинок за допомогою оптичної установки. Реєстрація частинок у них відбувається внаслідок перекриття світлового потоку від лазера при проходженні зразка крізь вимірювальну комірку, щоб охопити понад дрібнозернисті частки, які переважають в концентраціях частинок в зовнішньому повітрі і небезпечні для здоров'я людини. Відповідно до рис. 6 практичні проблеми створення чистого замкненого простору супроводжуються вирішенням проблеми оптимізації за трьома критеріями: термін служби - ефективність - рівень чистоти.

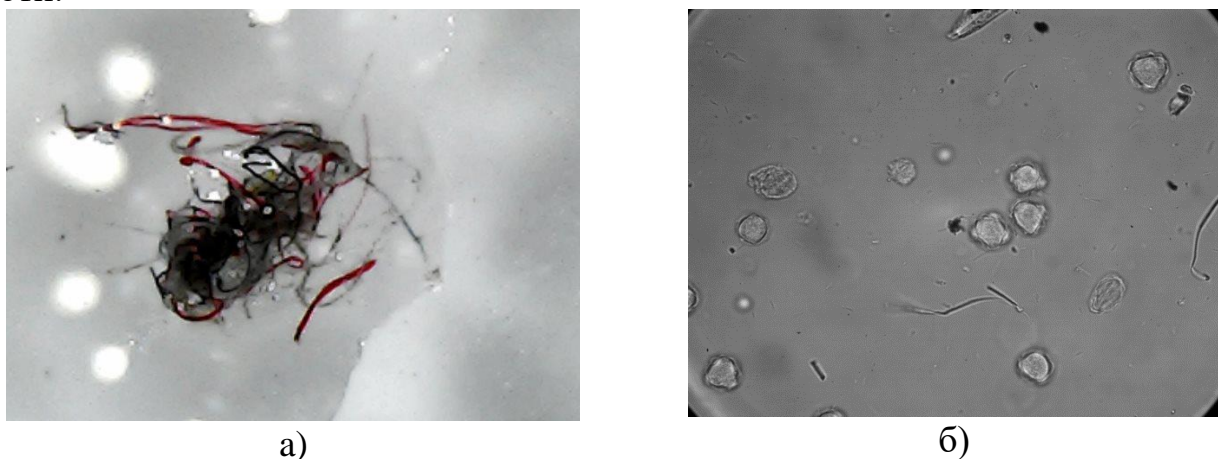


Рис. 6. Вигляд мікрочастинок, отриманих від машини з вискоєфективним повітряним фільтром HEPA: а) в цифровому мікроскопі зі збільшенням $\times 1600$; б) в оптичному мікроскопі з розмірами предметів близько 1-20 мкм

Лічильник мікрочастинок заснований на створенні відповідної тривимірної конфігурації лазерного поля, що дозволяє керувати мікрооб'єктами. В роботі використовується спрощене аналітичне рішення для амплітуди діфрагovanого пучка,

сформованого після проходження Гаусовим пучком двофазного перетворювача, можна записати як:

$$E(x, y, z) = \frac{\exp(ikz)}{a(z) \cdot z} \cdot \exp\left(\frac{ik(x^2 + y^2)}{2z} - \frac{k^2(x^2 + y^2)}{4z^2 \cdot a(z)} - \frac{K^2}{4a(z)}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{kKx}{2a(z) \cdot z}\right) \cdot \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{iky}{2z\sqrt{a(z)}}\right)\right) - \exp\left(\frac{kKx}{2a(z) \cdot z}\right) \cdot \left(1 + \operatorname{erf}\left(\frac{iky}{2z\sqrt{a(z)}}\right)\right) \right] \quad (2)$$

де $a(z) = \left(w(z_0)^{-2} - \frac{1}{2}ik \cdot (R(z_0)^{-1} + z^{-1})\right)$, z - відстань між маскою і площиною спостереження, $\operatorname{erf}(\dots)$ - функція помилок.

Вбудовування фазових сингулярностей або оптичних вихорів (OV) в пучок дає додаткові можливості для створення ефективних оптичних маркерів, які характеризуються ізольованими мінімумами інтенсивності, істотними амплітудними і фазовими градієнтами, а також специфічними рисунками профілів інтенсивності, близьких до OV, які є відносно стабільними і зберігаються при поширенні променю.

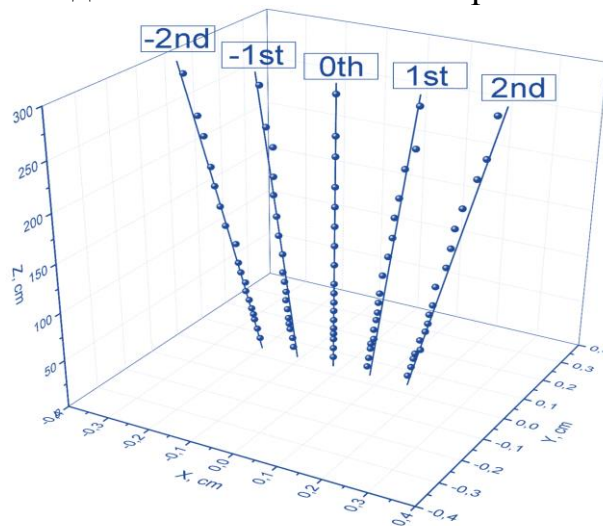


Рис.7. Зовнішні особливості сингулярного каркаса, що розповсюджується в полі, яке було сформовано після проходження Гаусовим пучком двофазного перетворювача

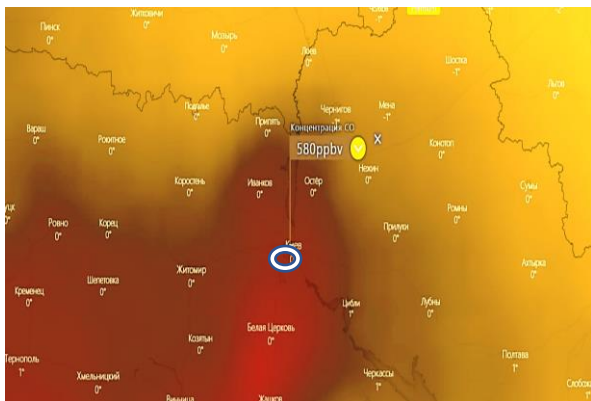
Зовнішні особливості сингулярного каркаса виражаються траєкторіями оптичних хвиль для всього діапазону відстаней поширення, на рис.7 представлений загальний тривимірний вигляд теоретичних траєкторій оптичних вихорів з експериментальними точками. Основні очікувані результати пов'язані з точним маніпулюванням мікрочастинками, захопленими в областях з низькою інтенсивністю. Моніторинг чистоти приміщень зазвичай відбувається за допомогою лічильників мікрочастинок.

Таким чином, обґрунтовано метод моніторингу та контролю чистоти повітря замкненого простору від мікрочастинок, на основі використання методології визначення світлових полів при проходженні Лагер-Гаусового пучка крізь подвійний фазовий клин зі створенням відповідної тривимірної конфігурації лазерного поля

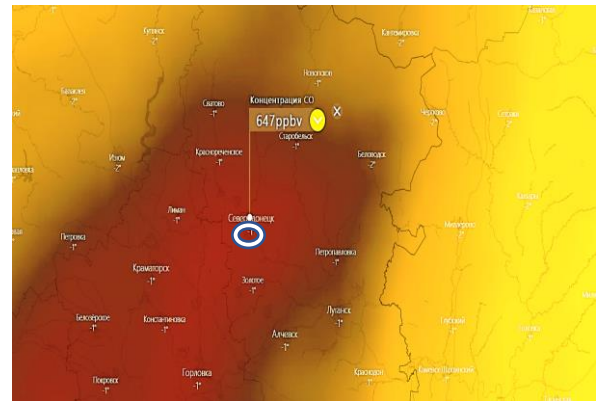
У четвертому розділі «Аналіз забруднення повітряного простору урбанізованих територій» за супутниковими даними та даними стаціонарних постів, отриманими експериментальними та розрахунковими даними, проведено аналіз

забруднення повітряного басейну при магістральних територіях основними токсичними речовинами викидів (оксиди вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту) та отримано модель забруднення територій та їх зонування по ступеню забруднення на прикладі міст Київ та Северодонецьк.

Розглянуто території міст, поблизу яких знаходяться поклади бурого вугілля або торфовищ на предмет природних і антропогенних викидів оксиду вуглецю. На прикладі міст (рис.8), розташованих на широтах 49° - 51° виявлено, що існує ланцюг територій з посиленою дегазацією, яка пов'язана з енергією, що виникає в надрах Землі і проявляється особливо в місцях, де були або є вугільні виробки. Процес дегазації розвивається нерівномірно - і просторово, і в часі, з ритмами ендегенної активності Землі. Середні показники вмісту природних та антропогенних викидів уздовж "ланцюга територій", перевищують у 2-3 рази.



а)



б)

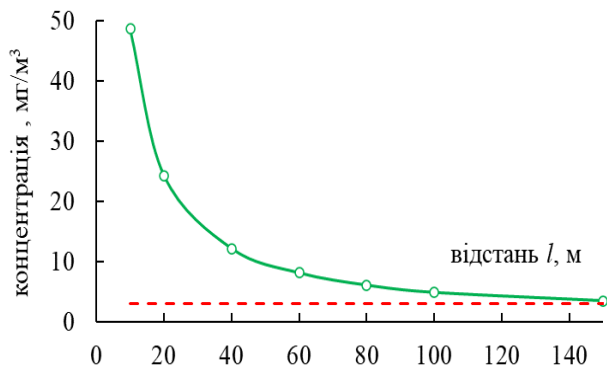
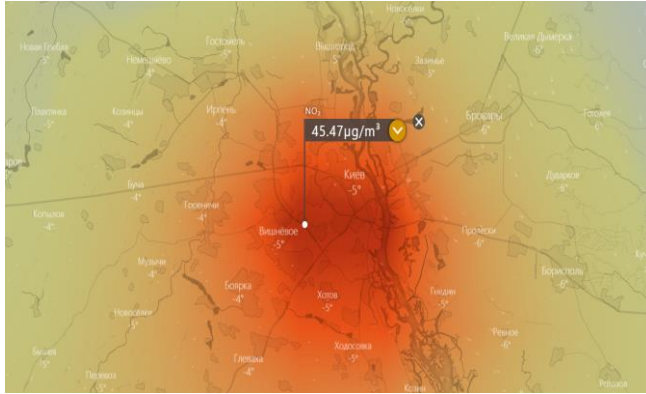


Рис. 8. Території забруднення повітряного середовища оксидом вуглецю, час 24-00: а) Київ - 14.12.20; б) Северодонецьк - 15.12.20

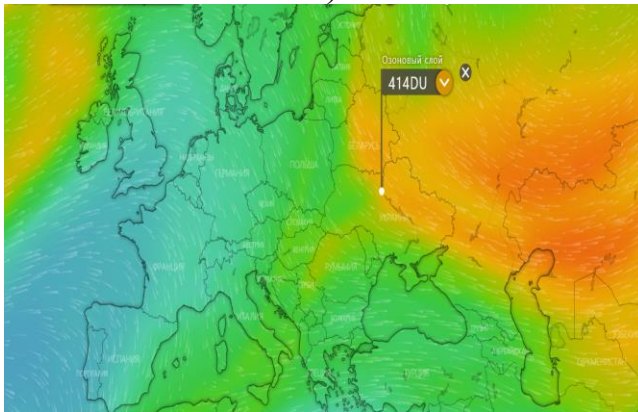
Рис.9. Зміна концентрації оксиду вуглецю від відстані від краю автодороги м. Київ (пунктиром позначений рівень ГДК)

Зміна і поширення забруднення повітряного середовища оксидом вуглецю йде хвилеподібно, пік хвилі концентрації зміщується в середньому зі швидкістю близько 34 км/год, максимальні концентрації досягаються в нічний час. Наведені дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування по концентрації оксидів вуглецю, азоту та озону, згідно з якими можна констатувати, що атмосферне забруднення в навколишньому міському середовищі розподілене нерівномірно не тільки протягом доби, а й протягом усього часу; на рівень і динаміку зростання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста істотно впливає зміна інтенсивності транспортних потоків; вітер є основним метеорологічним фактором, що впливає на поширення забруднюючих речовин; чітко виділяється підвищений рівень забруднення у центрі міста Києва.

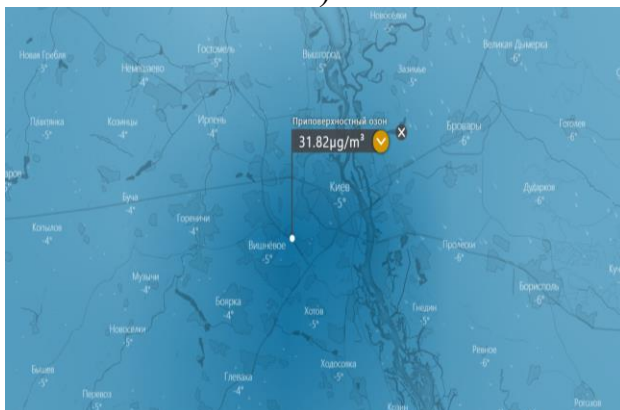
Визначено, що дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування та розрахункові значно відрізняються, тому необхідно додатковий контроль в точках близьких до магістральних доріг. За розрахунковими даними виявлено, що концентрації оксиду вуглецю в 5-10 разів перевищує нормативи біля краю автодороги і досягає ГДК тільки на відстані більше 150 м. (рис.9). Якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто передбачити додаткові захисні заходи.



а)



б)



в)

Рис.10. Супутникові дані по території Київської області 10.03.21:
а) концентрації оксиду азоту;
б) товщини озонового шару;
в) концентрації приповерхневого озону

За супутниковими показниками ми більшою мірою отримуємо середньо-територіальну концентрацію забруднюючої речовини і ці результати цілком співмірні з даними для великих або промислових міст. Однак в м. Сєвєродонецьк інтенсивність руху значно менше, практично немає магістральних доріг і, у теперішній час, великих промислових потужностей, а, наприклад, середньорічні концентрації шкідливих речовин в Київ складають $0,33 \text{ мг/м}^3$, у Львові - $1,0 \text{ мг/м}^3$, в Сєвєродонецьку ж - $1,33 \text{ мг/м}^3$.

Ймовірно, ми можемо говорити як про глобальний вплив антропогенних викидів, так і про території, де виявляються викиди природного характеру. Ці дані необхідно враховувати при плануванні забудови міст, розвитку територій, оскільки такі викиди суттєво впливають на стан здоров'я людей. Сучасні прилади дистанційного зондування дозволяють здійснювати як глобальний, так і регіональний довготривалий моніторинг вмісту оксидів азоту та озону в атмосфері (рис. 10а). Тут же варто відзначити сильний ступінь загазованості по метеоданим в нічний час, коли значення концентрації оксидів азоту перевищує в сто і більше разів, що протягом 12 годин відбувається зниження концентрації оксидів азоту до середньодобових значень.

Виникає питання, а за рахунок чого відбувається така трансформація?

І тут важливо відзначити, що швидке окислення NO в NO₂ відбувається з використанням озону в якості окислювача. За цей час товщина шару атмосферного озону змінюється на 25%, це звичайне явище навесні в середніх широтах Північної півкулі і є природним способом очищення забрудненого повітря. Утворений у верхній стратосфері озон потрапляє в нижню стратосферу за рахунок турбулентної дифузії. Основним джерелом озону в приземному шарі атмосферного повітря є фотохімічні реакції за участю оксидів азоту, легких органічних сполук і ряду інших речовин. Приземний озон є вторинним забруднювачем атмосфери і поява його у великих концентраціях свідчить про значне забруднення повітря вихлопами автотранспорту і іншими продуктами високотемпературного згорання (рис.10б,в). Тобто, у період підвищення концентрації оксидів азоту на території міста вміст атмосферного озону знижується, а приземного – підвищується.

На основі аналізу фактичної середньодобової інтенсивності руху автотранспорту на магістральних мережах і розрахунків потужності емісії й концентрації забруднюючих речовин атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих автомобільних газів (оксидів вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту). Для визначення концентрації C_i , мг/м³, забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів на різному віддалені від дороги, використовували модель Гаусового розподілу домішок в атмосфері на невеликих висотах за формулою:

$$C_i = \frac{2q_i}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V_B \cdot \sin\varphi} + F_i \quad (3)$$

Виявлено, що найбільш небезпечним для житлової забудови є оксиди азоту, їх фактичний вміст перевищує гранично допустиму концентрацію у 7-10 разів та створює велику шкоду здоров'ю суспільству та навколишньому середовищу (рис. 11а).

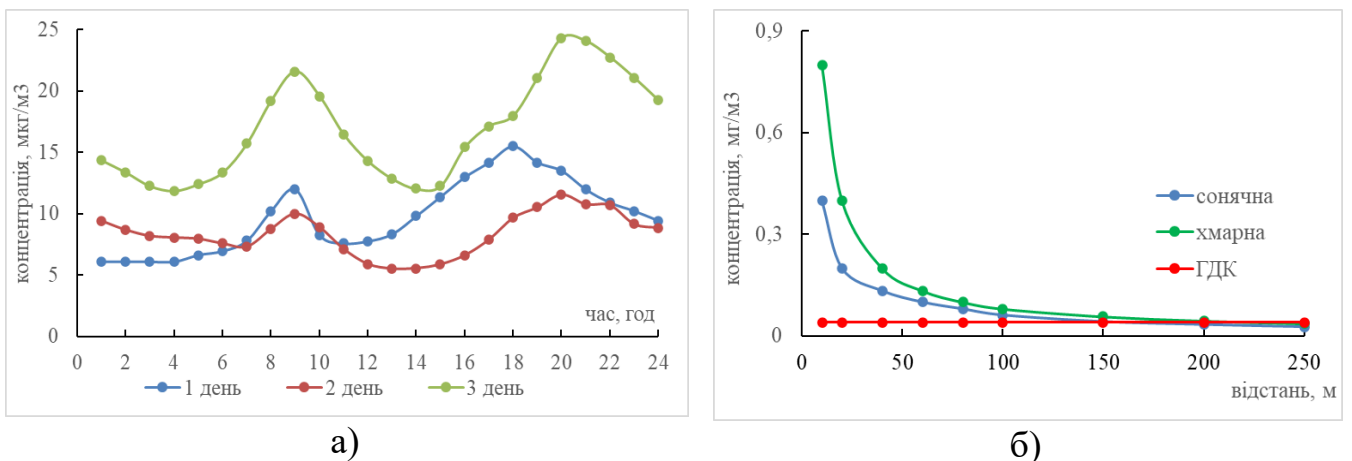


Рис. 11. Зміна концентрації оксидів азоту в повітряному басейні території парку ім. Т.Г. Шевченка м. Київ: а) протягом трьох діб (пости спостережень); б) від ширини придорожньої смуги у сонячну та хмарну погоду (розрахункові дані)

Навантаження забрудненнями в дощову погоду значно зростає, тобто площа поширення збільшується, при цьому форма розподілу забруднення на території залишається однаковою. За результатами розрахунку побудована залежність зміни концентрації оксидів азоту від ширини придорожньої смуги у сонячну та хмарну

погоду (рис.11б), для порівняння наведено графік середньодобової ГДК. Крива зміни концентрації забруднюючої речовини в сонячну погоду описується рівнянням (4) зі ступенем достовірності $R^2 = 0,9936$:

$$C_c = 2,6296 \cdot t^{-0,82} \quad (4)$$

тоді як для хмарної погоди (5) показники значно вище, за рахунок зниження переміщених повітряних потоків зі ступенем достовірності $R^2 = 0,9989$:

$$C_x = 7,0662 \cdot t^{-0,963} \quad (5)$$

Наведені дані про кількість та якість викидів на магістральних мережах доріг з урахуванням «рози вітрів» у сонячну та дощову погоду та певні санітарно-захисні зони свідчать про велику шкоду здоров'ю людини, оскільки йде значне привішення

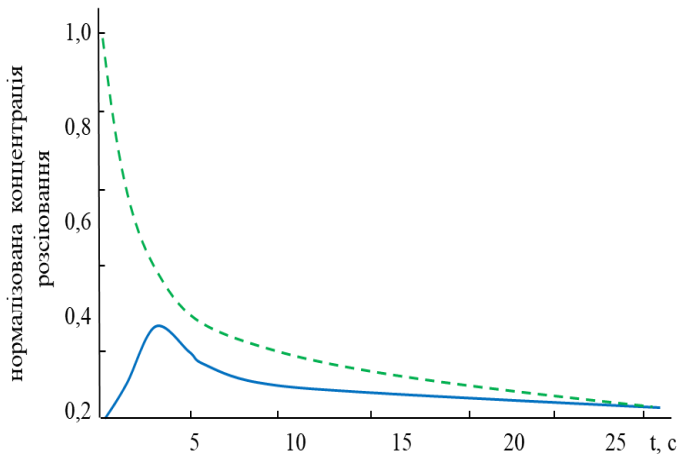


Рис. 12. Нормалізована концентрація розсіювання (профіль) автомобільних газових викидів на приміагістральній території залежно від часу на висоті 0,5 м - пунктирна лінія; на висоті 2 м - суцільна лінія

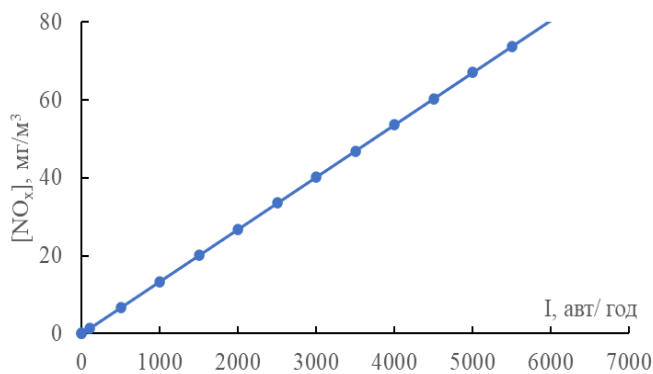


Рис. 13. Залежність концентрації викидів оксиду азоту від інтенсивності руху транспорту на магістралях міста

ГДК на приміагістральних територіях. Місцями максимальної концентрації транспортних потоків є перетини міських магістралей, тому на основі результатів транспортного макромодельовання на ділянці магістрального напрямку проспект Перемоги – бульвар Т. Шевченка в м. Києві виділили вісім вузлів з найбільшою інтенсивністю руху транспортних засобів

Вимірювання показали, що середні концентрації оксидів азоту в місцях інтенсивного антропогенного навантаження - перехресть магістральних вулиць в десятки разів перевищують величини гранично допустимих концентрацій. Поблизу магістралей і перехресть максимальні концентрації забруднюючих речовин формуються при слабких швидкостях та напрямках вітру під кутом близьким до 45° до магістралей.

Отримані нормалізовані концентрації розсіювання автомобільних газових викидів на приміагістральній території залежно від часу на висоті 0,5 м та 2 м (рис.12). Як і очікувалося, на рівні вихлопу газів (0,5 м) у перші секунди значення максимальні та через 4÷5 с вони різко знижуються і 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.

Отримана база даних дозволила розрахувати математичну модель забруднення оксидами азоту приміагстральних територій міста, а саме отримати залежність концентрації оксидів азоту від інтенсивності руху транспортних засобів:

$$C = 0,0141 \cdot I - 0,0104, \text{ мг/м}^3 \quad (6)$$

Розрахункова модель (рис.13) дозволяє формувати динамічну систему екологічного моніторингу атмосферного повітря і прогнозувати екологічно безпечний розвиток розселення в територіальному плануванні, вносити пропозиції відповідних містобудівних заходів, а також може бути критерієм зонування території міста за ступенем забруднення атмосферного повітря приміагстральної території. Представлена модель дозволила отримати діаграму концентрацій оксидів азоту Солом'янського району в вузлах перетину доріг (рис.14). Висота стовпчика пропорційна кількості викидів оксидів азоту і відповідає трафіку. Як видно з рис.14, всі досліджені ділянки мають рівень забруднення, який перевищує рівень гранично допустимої концентрації не тільки середньодобової, але і максимально разової. Зонування повітряного простору територій можна позначати на мапі різними кольорами: безпечні зони – зелений колір; зони низької безпеки – жовтий; небезпечні зони – червоний (рис.15).

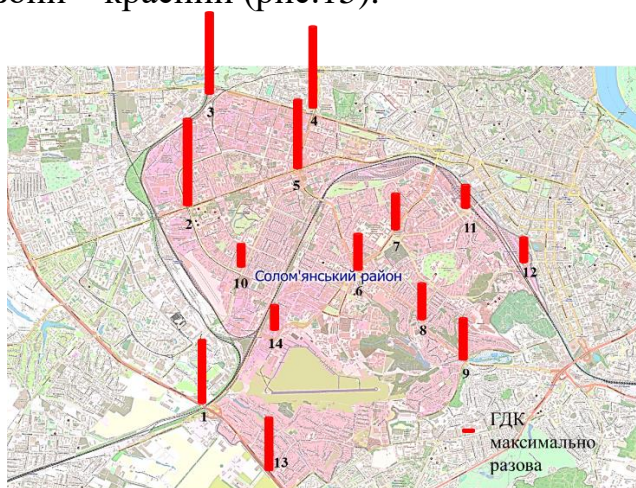


Рис.14. Діаграма концентрацій оксидів азоту, розрахованих за формулою 6 для вузлів 1-14 Солом'янському районі м. Київ

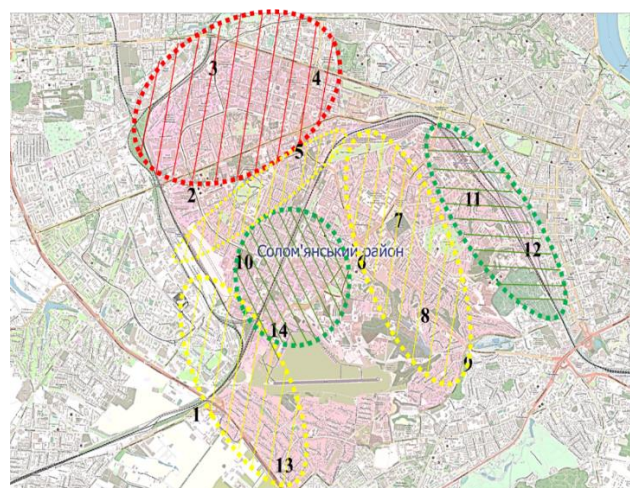


Рис.15. Зонування повітряного середовища територій Солом'янському районі м. Київ: безпечні зони – зелений колір; зони низької безпеки – жовтий; небезпечні зони – червоний

Таблиця 1

Співвідношення між інтенсивністю руху транспортних засобів і гранично допустимими концентраціями оксиду азоту

Інтенсивність руху I прив.авт/год		
Умови	$\alpha=90^0$, $u=1,25\text{м/с}$	$\alpha=45^0$, $u=4\text{ м/с}$
ГДК		
ГДК _{с д} = 0,04 мг/м ³	550	850
ГДК _{мр} = 0,4 мг/м ³	5250	8500

При зміні кута вітру відносно осі дороги до 45° і збільшення швидкості приземного вітру відбувається зростання чисельності автотранспорту, яке необхідно для забруднення простору до гранично-допустимих концентрацій (табл.1). З метою формалізації підходу при розрахунку інтенсивності забруднення територій транспортними викидами та визначення необхідних параметрів очисної споруди використовували такий показник як пропускна здатність однієї смуги руху. З ДБН В.2.3-5:2018 "Вулиці та дороги населених пунктів" відомо, що пропускна здатність однієї смуги руху:

– у різних рівнях загальноміського призначення безперервного руху дорівнює $1650 \div 1850$ прив. авт/год;

– в одному рівні загальноміського призначення безперервного руху та вулиць районного значення – $750 \div 850$ прив. авт/год.

З урахуванням кількості смуг і максимального завантаження їх отримані максимальні і мінімальні значення відстаней від концентрації оксидів азоту, тобто відстань від джерела викиду до точки в якій за рахунок розсіювання досягаються значення гранично допустимих концентрацій - середньодобових і максимально разових (рис.16).

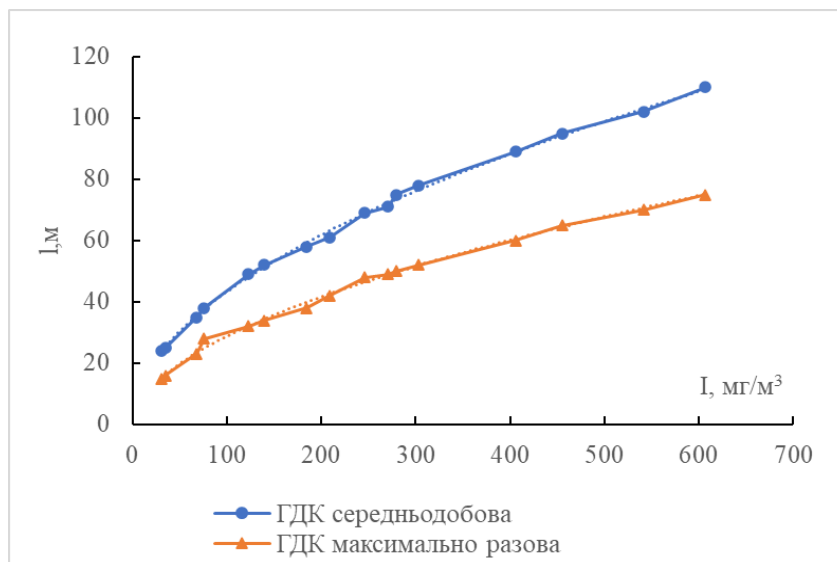


Рис. 16. Залежність відстані, де досягається ГДК від концентрації оксидів азоту

Згідно з отриманими результатами, видно (рис.16), що при інтенсивному русі магістральною вулицею з чотирма смугами забруднення розсіюються на відстані понад 50 м від центру дороги. Зелена зона, де значення концентрації оксидів азоту досягає нормативних значень і нижче, починається поза пішохідної зони. При зниженні числа смуг магістральної дороги до двох відстані, на яких досягаються нормативні значення повітряного простору, знижується до $30 \div 35$ м, але пішохідна зона все одно не є безпечною. Тут можна відзначити й те, що самі водії досить часто перебувають на дорогах у ситуаціях, коли гранично-допустимі норми за основними показниками перевищують у десятки разів.

Дальність розповсюдження автомобільних викидів залежить від погоди, напряму та швидкості вітру, рельєфу місцевості, присутності водойм, температури та надають значний вплив на міський клімат. Інтенсивність самоочищення атмосфери на міській

території визначається, з одного боку, швидкістю вітрового потоку, що набігає, а, з іншого боку, властивостями території, що формує вітровий потік (рис.17).

Зазвичай найбільше забруднення повітря, що викликане викидами транспортних засобів, спостерігається вулицях, розташованих між безперервними рядами високих будинків. Якщо магістраль проходить крізь вуличний каньйон, то створюються специфічними умовами для розсіювання забруднюючих речовин, внаслідок чого створюються контрастні мікрокліматичні зони. Тобто через дуже обмежену атмосферну дисперсію виникають локальні вогнища забруднення (застою). Дисперсія у вуличному каньйоні зазвичай визначається співвідношенням сторін вуличного каньйону до зовнішнього вітру. Інтенсивності вертикальної та горизонтальної турбулентності мають близькі значення у вуличному каньйоні та набагато слабші, ніж на плоскій відкритій місцевості.

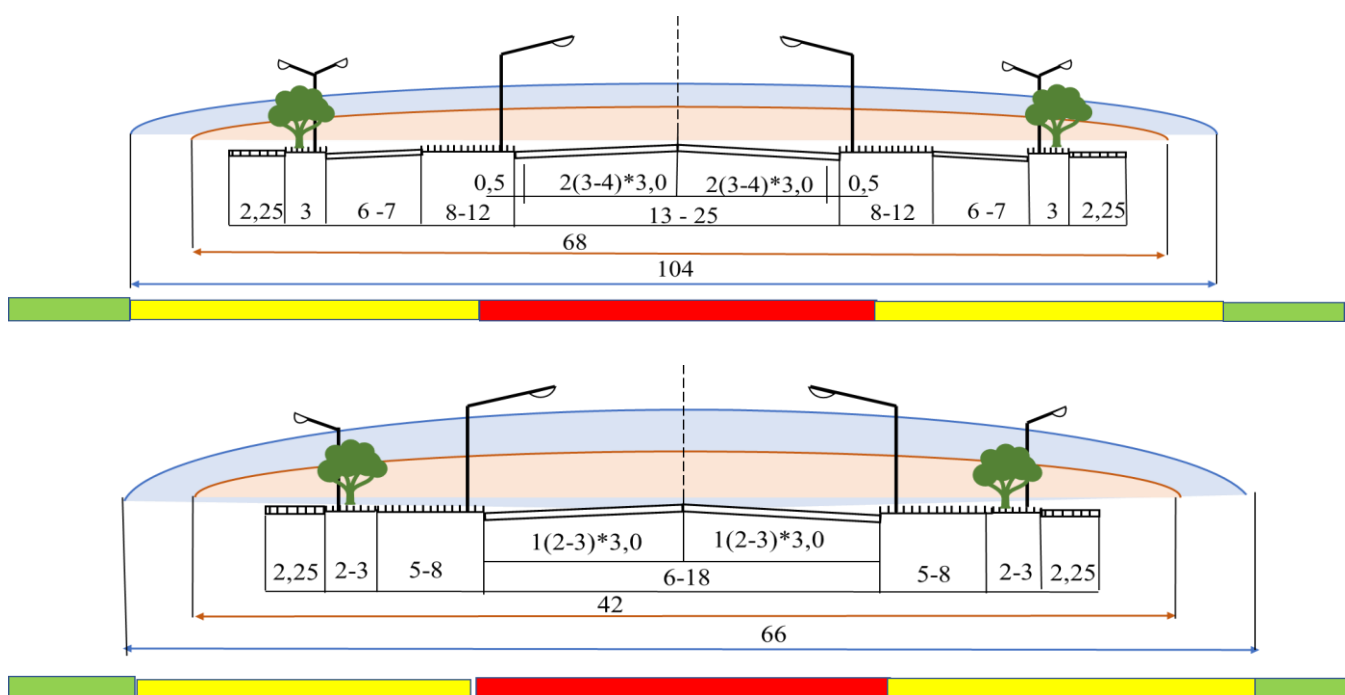


Рис.17. Магістральна вулиця загальноміського значення регульованого руху з пропускної здатністю однієї смуги 750 прив.авто/год: а) розрахунок на 4 смуги; б) розрахунок на 2 смуги

Грунтуючись на проведену аналізі, зазначено, що дальність поширення автомобільних викидів (на прикладі оксидів азоту) значно перевищує відстані, де знаходяться пішохідні та велосипедні доріжки та є небезпечними для здоров'я людей. Якщо магістраль проходить через вуличний каньйон, то створюються специфічними умовами для розсіювання забруднюючих речовин, у результаті створюються контрастні мікрокліматичні зони. Важливим моментом для нормалізації повітряного простору територій каньйонів є аеродинамічний ефект. І як відзначають дослідники цей ефект набагато сильніший, ніж здатність рослинності видаляти забруднюючі речовини

Для розрахунків санітарно-захисної зони за оксидом азоту використовували дві відстані при максимальному і мінімальному трафіку, вони склали $L_0 = 110$ м, 24 м за середньодобовою ГДК (рис. 18). Тут слід зазначити переважний північно-

західний напрямок вітрів, що призводить до збільшення території забруднення та який необхідно враховувати при визначенні зон посиленого моніторингу та місць розміщення очисних споруд. При мінімальному значенні розрахункового розміру ділянки місцевості, де концентрація шкідливих речовин перевищує рівень ГДК - $L_0 = 24$ м до 45 м, тобто зростає практично в два рази. Але при максимальному значенні $L_0 = 110$ м розмір території в північно-західному напрямку зростає до 850 м.

Запропоновано шляхи нормалізації повітряного простору приміагістральних територій крупних міст засобами:

- створення зони малих викидів - Low Emission Zone (LEZ);
- створення зелених зон;
- заохочення активних видів транспорту;
- перерозподіл суспільного простору;
- просування громадського транспорту;
- створення очисних споруд;
- вдосконалення транспортної політики - податки та технологічне управління дорогами.

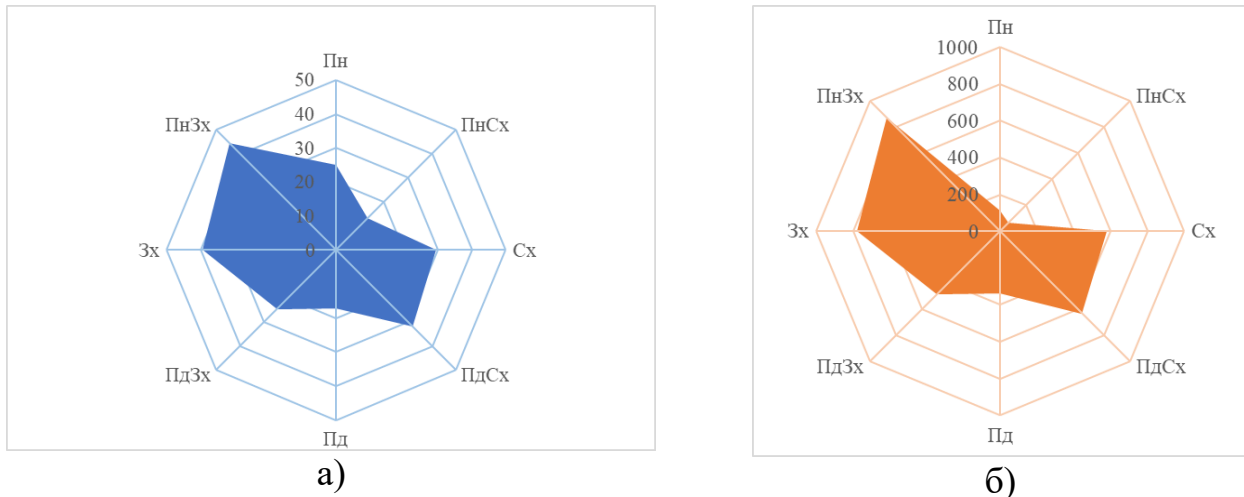


Рис.18. Санітарно-захисні зони за оксидом азоту при максимальному і мінімальному трафіку на магістральних дорогах:
а) одна смуга в одному рівні; б) вісім смуг у різних рівнях

Отримані результати дозволяють визначити раціональні та економічно обґрунтовані комплекси заходів, щодо зниження рівня забруднення повітряного простору міст та методи «smart» організації дорожнього руху з урахуванням вірогідного ступеню забруднення ділянок міської території відповідно до варіантів проєктних рішень. До керівних принципів міського планування може бути додатково внесені загальні керівні принципи проектування, планування та організації дорожнього руху з урахуванням ефективних шляхів зниження забруднення приміагістральних територій.

У п'ятому розділі «**Методи та технології нормалізації повітряного простору міст**» розглянуті сучасні методи та технології зниження забруднення повітряного середовища міст та запропоновано спосіб очищення (нормалізації) та конструкційна модель пристрою на основі озонових технологій.

У теперішній час проблема з очищенням повітря міст набуває все більшої уваги вчених і громадськості. Удосконалення системи озеленення призводить до поліпшення екологічної ситуації у місті, зокрема створення комфорту городян. Найважливішою з проблем у місті є проблема збереження зелених масивів (міських парків, лісів, садів, луків тощо), тобто зеленого каркасу міста. Згідно проведеному аналізу міських просторів на прикладі м. Северодонецька визнано, що основною проблемою у формуванні озеленення міських просторів є невизначеність їх у нормативних документах з містобудування. Для більшості міст проблеми пов'язані з порушенням зеленого каркасу схожі, а саме: недостатнє озеленення територій міст; нерівномірний ступінь озеленення територій міст; третина наявних насаджень потребує поновлення, оздоровлення або заміни на молоді дерева; немає систематизованого підходу до якісного озеленення територій, виникає недоречне висадження (невідповідність термінам, бідність видового складу тощо); необхідно відновлення знищених пожежами зелених насаджень та лісосмуг навколо міст. Однак багато дослідників стверджують, що міська придорожня рослинність швидше призводить до збільшення концентрації забруднюючих речовин, ніж покращує повітря, тому почали з'являтися нові пропозиції, рішення та технології.

На підставі проведеного SWOT аналізу можна затверджувати про перевагу використання озонових технологій, які дають хороші перспективи та переваги у їх розвитку. Запропоновано та задекларовано спосіб очищення забрудненого повітря урбанізованих територій від оксидів азоту, вуглеводнів, сажі та пилу з використанням озонових технологій. Озон має характерний специфічний запах при досить високих концентраціях, що набагато перевищують ГДК, однак при цьому він не заглушає інших запахів, а розкладає й усуває їх джерела. Атомарний кисень, що утворюється при розпаді озону, моментально окисляє різні матеріали, які пахнуть. Уже при дуже незначній концентрації озону (приблизно $0,005-0,01 \text{ мг/м}^3$) повітря відчувається приємним і свіжим. Озон характеризується властивостями сильного окислювача та переносника атома O з виділенням вільного O_2 .

Окислення оксиду азоту озоном протікає повністю за реакцією :



з наступною хемосорбцією зрошуваною водою за реакцією :



де ступінь взаємодії становить 90%.

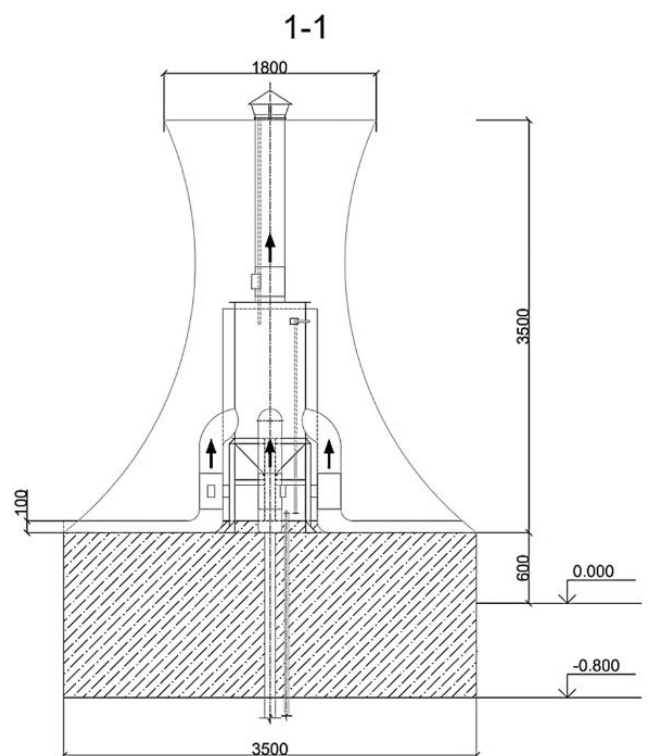


Рис.19. Конструкційна модель очисної установки

Залежності кількості озону, необхідного для окислення NO_x і води для зрошення скрубера від початкового вмісту оксидів азоту в повітрі, що очищується. Так, для очищення повітря з початковою концентрацією NO_x $0,5 \text{ мг/м}^3$ потрібно близько $2,1 \text{ г О}_3/\text{год}$, що забезпечується блоком генерації озону потужністю 3 г/год . З $0,9 \text{ г/год}$ озону, що не прореагував, $0,279 \text{ г/год}$ розчиниться в зрошувачій воді (коефіцієнт розчинності $0,31$ при 20°C), решта буде нестися повітрям, що відходить. З точки зору економічної ефективності та можливостей апаратного оформлення технологічного процесу вигідно пристрій з поєднаними процесами мокрого пиловловлення та озонування, тобто з механічною та хімічною стадіями очищення.

Пропонована конструкційна модель очисної установки (рис.19) - це скруббер з поєднаними процесами мокрого пиловловлення (механічна стадія очищення) і озонування (хімічна стадія очищення), що характеризується високою ефективністю очищення від дрібнодисперсного пилу розміром до 2 мкм і працює за принципом осадження частинок пилу сил інерції або броунівського руху та оксидів азоту). поверхню крапель під дією сил інерції або броунівського руху та оксидів азоту). Забруднене повітря подають у нижню частину реактивної зони циліндричного скрубера, у верхній частині якого розташовані декілька рядів форсунок через які подається озонована вода у протилежному напрямку руху повітря, що очищується.

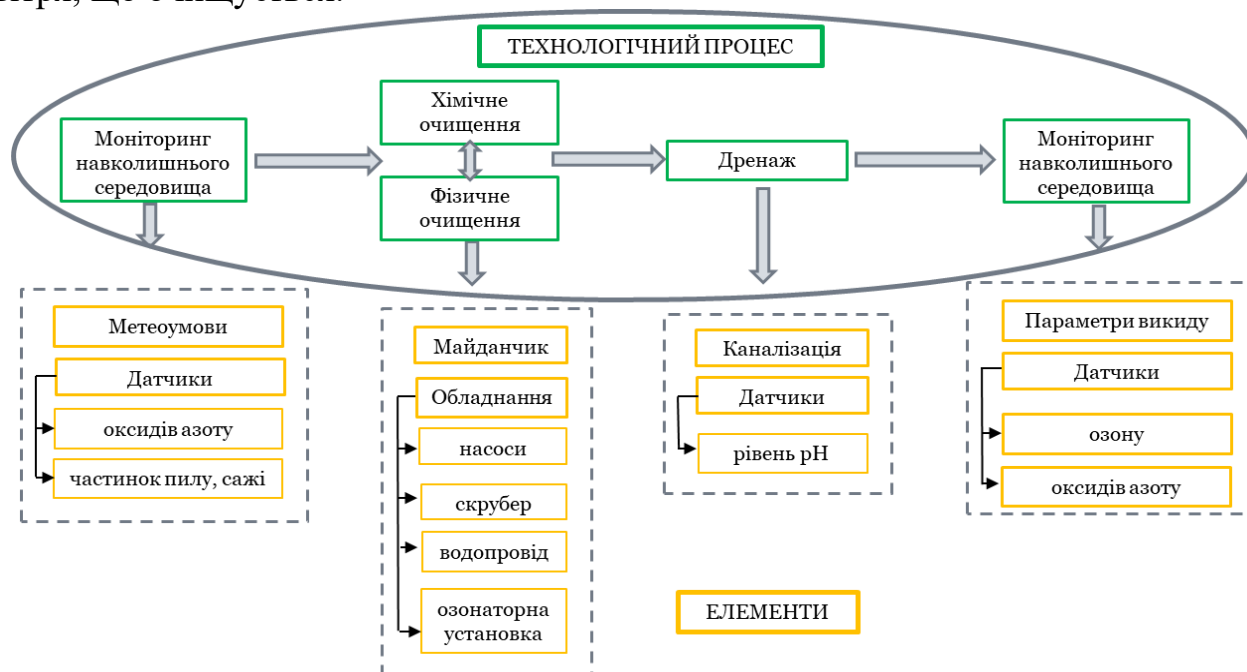


Рис. 20. Схема-модель технологічного процесу очищення повітряного басейну примігстральної території з відповідними елементами

Подачу озону спрямовують в потік води, що подається до форсунок низького тиску, барботування забезпечує повне розчинення озону і максимальний рівень озонування води при його мінімальній витраті. При протилежному русі потоків відбувається інтенсифікація перемішування забрудненого повітря і крапель озонованої води, що призводить до швидкої коагуляція небезпечних твердих домішок каплями води на першій стадії очищення, які змиваються і видаляються з кінцевого

дна скрубера. При концентрації оксиду азоту не більше 60 ppm і концентрації оксиду азоту (IV) не більше 15 ppm ступінь очищення від оксиду азоту (II) досягає 60%, а від оксиду азоту (IV) досягає більше 80 % (сумарне очищення від оксидів азоту досягає до 70 %).

Ґрунтуючись на запропонованому способі очищення забрудненого повітря шляхом озонування та конструкційної моделі очисної установки, призначеної для очищення повітряного простору урбанізованих територій від забруднень автотранспорту, насамперед від оксидів азоту, вуглеводнів, сажі та пилу з механічною та хімічною стадіями розроблена принципіальна схема-модель технологічного процесу очищення забрудненого повітря (рис. 20), що складається з чотирьох стадій, на кожній з яких визначено основні елементи.

Визначено умови роботи очисних споруд на міських територіях:

- метеоумови – температура, сильний вітер, злива гроза, сніг;
- рівень виходу концентрації озону, що перевищує гранично-допустимі концентрації добові, максимальні разові;
- наявність інженерних комунікацій - електроенергія, вода, каналізація;
- містобудівні показники – лінії регулювання забудови, вимоги до планування, розміщення біля перехресть різного типу;
- рівень забруднення повітряного простору, що перевищує гранично допустимі концентрації добові, максимальні разові (трафік).

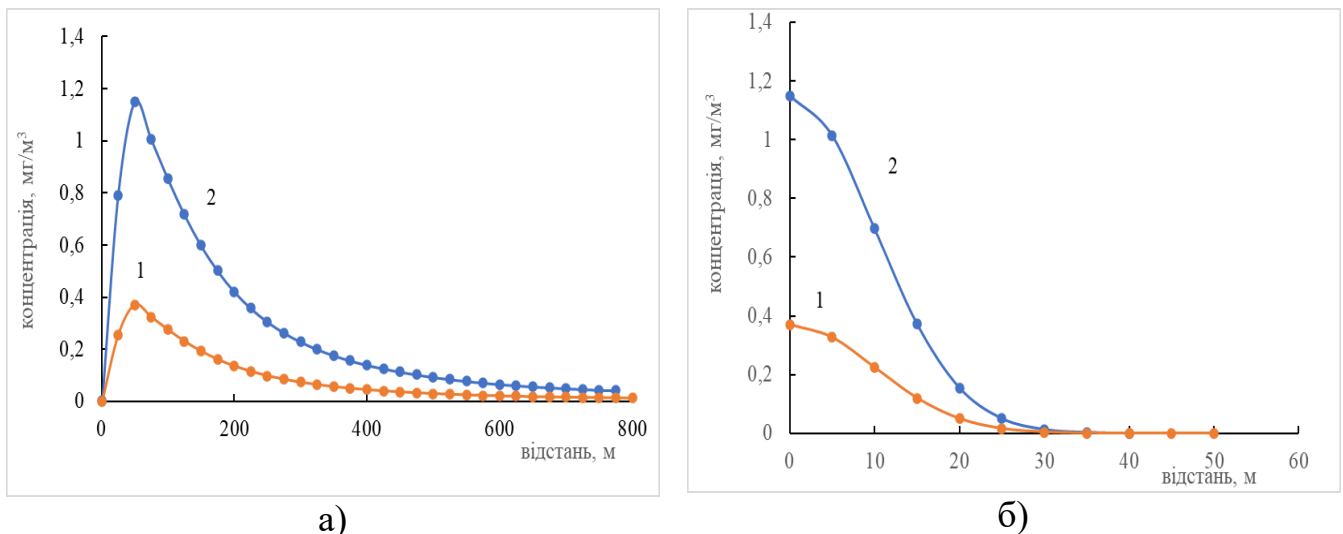


Рис.21. Профілі розсіювання озону на прилеглий території: швидкість вітру до 0,5 м/с: а) вздовж осі ОХ; б) вздовж осі ОУ; максимальна концентрація озону: крива 1 - 0,37 мг/м³; крива 2 - 1,15 мг/м³

Основна необхідна умова - це перевищення рівня забруднення повітряного басейну приміагістральної територій, який змінюється залежно від трафіку і метеоумов. Достатня умова - це наявність інженерних комунікацій і містобудівні показники. Важливою контролюючою умовою роботи є рівень концентрації озону на виході з очисної споруди, оскільки озон належить до 1 класу небезпеки. Треба враховувати, що максимальна концентрація його в повітрі населених пунктів складає 0,16 мг/м³; середньодобова допустима норма речовини – 0,03 мг/м³ та він належить

до 1 класу небезпеки. Тому були розраховано профілі концентрації озону (рис.21), визначення відстаней і небезпечних швидкостей вітру.

При моделюванні процесу перенесення речовин в атмосфері розглядалися такі аспекти: процес розсіювання оксидів азоту, озону розраховувався роздільно, щоб урахувати надзвичайні ситуації, для штатного режиму вводився коефіцієнт трансформації $0,6 \div 0,8$; очисну споруду розглядали як точкове джерело висотою 3,5м; швидкість вітру становила 1,25 м/с; фонове забруднення умовно брали рівним нулю; напрямок осі ОХ вибирали за напрямком вітру, осі ОУ перпендикулярно; концентрація озону становила 1 г/год; відстані від споруди, впливу автотранспортних засобів на міське середовище, на людину брали з дотриманням санітарно-гігієнічних та гранично допустимих концентрацій. Визнано, що максимальна концентрація забруднення припадає на відстані 50 м від джерела викиду, гранично допустимі норми концентрації (ГДК) озону досягаються на відстанях понад 500 метрів (рис.21а), в той же час розсіювання вздовж осі ОУ досягаються ГДК на відстані 30 метрів і більше (рис.21б).

Отримані профілі концентрацій добре описуються математичними моделями:

$$C_x = C(x, 0) = \begin{cases} 0,00175x^2 + 0,01697 x \in [0,15] \\ 1,171 - 0,0062(x - 50)^2 x \in [15,55] \\ \frac{1}{0,161\sqrt{x}-0,389} x \in [55,150] \end{cases} \quad (9)$$

$$C_y = C(50, y) = 1,117e^{-0,0049y^2} \quad (10)$$

$$C = C(x, y) = C_x e^{-0,049y^2} \quad (11)$$

Отримані профілі розсіювання дають можливість оптимально визначити раціональний та економічно найвигідніший комплекс заходів, що забезпечує необхідну чистоту повітряного басейну, встановити вимірювання характеристик викиду, ізополя концентрацій забруднюючої речовини в приземному шарі атмосфери, допомогти фахівцям розробляти ефективніші проекти з урахуванням контролю за забрудненням повітря та «розумною» організацією дорожнього руху.

Шостий розділ «**Концептуально-архітектурна модель та техніко-економічні показники очисної споруди**» присвячений розрахунку об'ємно-просторової концептуальної моделі спеціальної очисної споруди, що заснована на авторській інтерпретації кожного з елементів і всієї структури в цілому за принципом геометричного структурування.

Модель конструкції очисної споруди в основі якої є шістнадцятигранник (рис. 22), збирається з 16 основних фігурних фрагментів (пластин) (рис.23), тобто всього в концептуальній моделі їх 1856 пластин і число вузлів – 784. Невдале розбиття призведе до помилкових результатів вирішення завдання. Інструментарій сучасних програм САПФІР-3D та ЛІРА-САПР дозволяє провести детальний аналіз напружено-деформованого стану, перевірку несучої здатності будівельних конструкцій та виготовлення проектною документації з дотриманням вимог необхідних нормативних документів. Взагалі, при розбитті області завжди йде пошук золотої середини: з одного боку, елементи повинні бути досить малими, щоб отримати результати необхідної точності; з іншого боку, чим більші елементи, тим менше обчислювальної роботи. У роботі реалізовані підбір і перевірка елементів сталевих

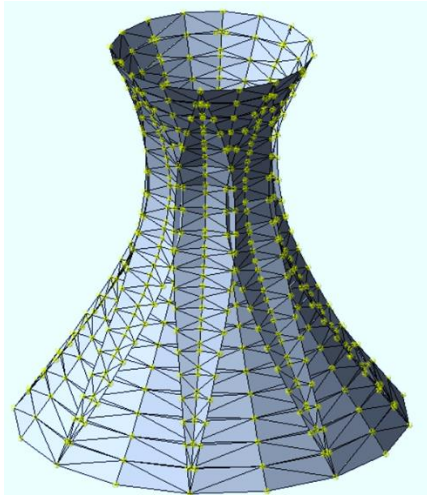


Рис. 22. Розрахункова модель очисної споруди з заданими вузлами

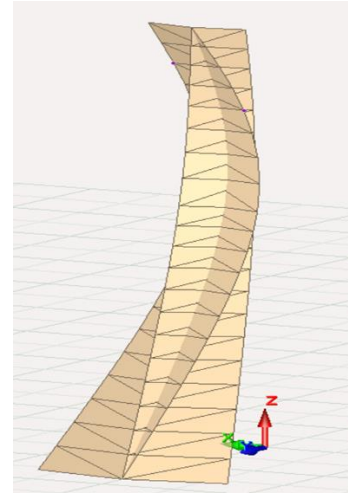


Рис. 23. Окремий фрагмент збірної конструкції

конструкцій з металу товщиною 4 мм та їх вузлів за першим і другим граничними станами.

Згідно розрахунків можна визначити, що споруда відповідає сучасним міжнародним вимогам по навантаженню ваги, зливи, снігу та вітру. Будівництво висотних споруд, зазвичай, супроводжується деформуванням повітряних потоків, які здатні викликати неприємні відчуття та впливи на людину.

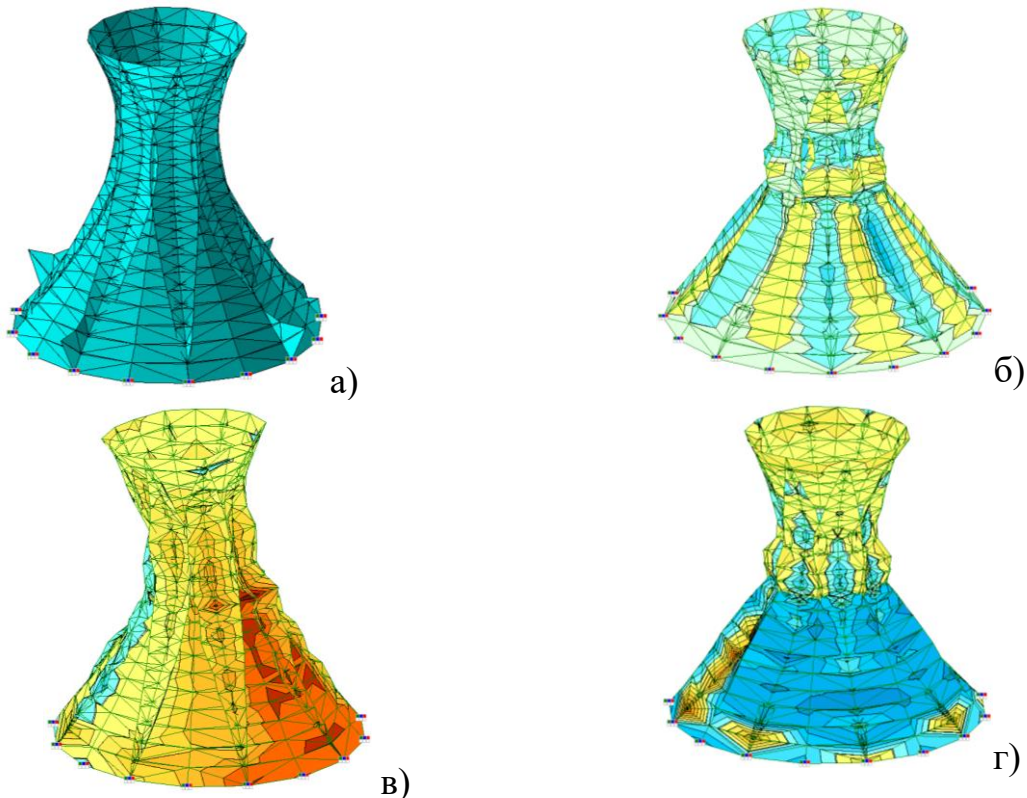


Рис. 24. Зображення напружено-деформованого стану очисної споруди:
а) власна вага; б) переміщень по осі Х; в) вітер зліва шар; г) снігове шар – нижній

Тому сьогодні в світі приділяється певна увага до процесу моделювання та аналізу проходження повітряних потоків як навколо окремих будівель так і в межах цілих мікрорайонів у містах. Підбір полягає в тому, що для кожного елемента металевих конструкцій, що входять у розрахункову схему споруди, підбирається сталевий поперечний переріз мінімальної площі, здатний нести навантаження, які задані в розрахунковій схемі: Розрахунки моделі споруди проводили за трьома наступними навантаженнями: постійне: власна вага очисної споруди; змінне короткочасне навантаження: вітрове; змінне короткочасне навантаження: снігове. На рис.24 наведені приклади моделювання:

- власна вага, коефіцієнт запасу стійкості – 85,1428 (рис. 24а);
- переміщень по осі X, навантаження – власна вага ($-0,018 \div 0,018$) мм (рис. 24б);
- головних напружень N1 навантаження – вітер зліва шар – верхній ($-33,9 \div 103$) т/м² (рис. 24в);
- головних напружень N1 навантаження – снігове шар – нижній ($-63,1 \div 97,5$) т/м² (рис. 24г).

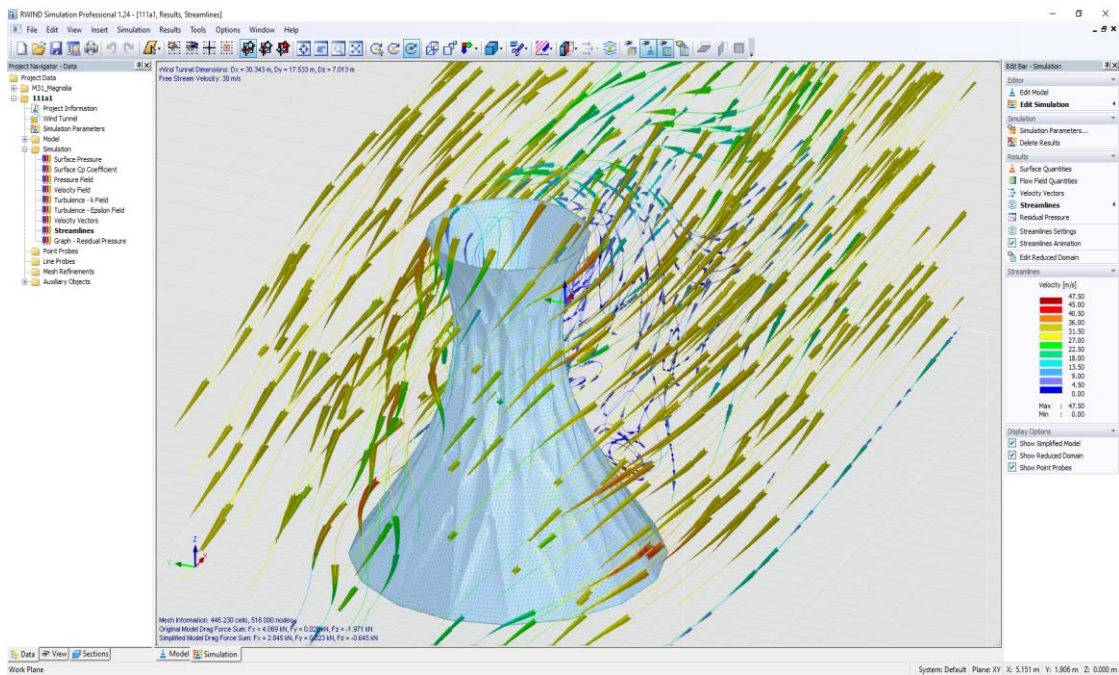


Рис. 25. Моделювання вітрового навантаження на очисну споруду «Аеро-вежа»

Аналіз результатів чисельного моделювання вітрового потоку навколо очисної споруди «Аеро-вежа» (рис. 25) дає змогу окреслити зони дискомфорту з метою розробки рекомендації з безпечного знаходження мешканців міста. Проведені розрахунки показують задовільні характеристики обраної конструкції й дозволяють рекомендувати її до використання. Представлено обладнання спеціальної очисної споруди та її техніко-економічні показники, які також дозволяють рекомендувати її до використання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі отриманні теоретичні і практичних результати щодо вирішення науково-прикладної проблеми відновлення й збереження нормативного стану повітряного простору примагістральної території та забезпечення сталого розвитку міст з урахуванням основних принципів його планування, побудови та екологічних вимог.

2. На базі наукових досліджень запропонована концептуальна модель переходу до стійкого рівноважного стану урбанізованих територій «людина ↔ довкілля ↔ транспорт», згідно з якою, необхідно вирішити триєдине завдання співіснування, збереження і захисту системної цілісності цих об'єктів, в рамках якої розроблена інфологічна модель збереження чистого повітря урбанізованих територій «населення ↔ повітряний простір ↔ примагістральні території», що дозволяє визначити основні конструктивні елементи та зв'язки між ними та є базою в формуванні теоретичних засад.

3. Сформульовані основні умови сталої роботи автотранспорту та збереження чистого повітря урбанізованих території: оптимізація дорожньої мережі та контроль у використанні транспортних засобів; міське планування з високою щільністю забудови та розумні стратегії комунікації; розвиток міст, орієнтований на громадський транспорт та заохочення пішохідного та велосипедного руху; удосконалення громадського транспорту та просування екологічних транспортних засобів, що дозволяє визначити основні шляхи у містобудуванні.

4. Встановлено, що забруднюючі гази в основному стеляться вздовж траси на десятки та сотні кілометрів, також поступово поширюючись перпендикулярно до дороги. Дальність поширення автомобільних викидів залежить від погоди, напряму та швидкості вітру, рельєфу місцевості, присутності водойм, температури повітря. Все це є специфічними умовами розсіювання забруднюючих речовин, які значно впливають на міський клімат, створюючи контрастні мікрокліматичні зони. Інтенсивність самоочищення атмосфери на міській території визначається, з одного боку, швидкістю вітрового потоку, що набігає, а, з іншого боку, властивостями території, що формує вітровий потік.

5. З метою підвищення якості повітря примагістральних територій запропоновано дотримуватися принципу рівноваги між необхідним обсягом повітряного басейну та максимальною інтенсивністю запланованого автомобільного трафіку. Співвідношення кількості викидів забруднюючих речовин до кількості повітря має перевищувати 1/1000. Принцип рівноваги покладено в основу методології нормалізації повітря та методів прогнозування, збереження його складу та захисту від викидів токсичних компонентів автотранспорту. При неможливості виконання цих умов необхідно вводити додаткові обмежувальні заходи або очисні споруди.

6. 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 площа ділянок підвищеної концентрації токсичних викидів утворюється при замкнутій та

фронтальній забудовах примагістральних територій, проте екранування забруднених повітряних потоків може досягати 95%.

7. Отримані теоретичні та експериментальні результати використання світлових полів завдяки проходженню Лагер-Гаусового пучка крізь подвійний фазовий клин з метою моніторингу та очищення повітря замкненого простору від мікрочастинок та мікроорганізмів. Запропоновано метод контролю чистоти повітря за допомогою лічильника мікрочастинок, який заснований на створенні відповідної тривимірної конфігурації лазерного поля, що дозволяє керувати мікрооб'єктами.

8. Виявлено, що існує "ланцюг територій" з посиленою дегазацією оксидів вуглецю, яка пов'язана з енергією, що виникає в надрах Землі - "холодне "дихання" і проявляється особливо в місцях, де були або є вугільні виробітки, розвивається нерівномірно - просторово та в часі, з ритмами ендегенної активності Землі. Згідно з отриманими результатами, зміна та поширення забруднення повітряного басейну оксидом вуглецю йде хвилеподібно, пік хвилі концентрації зміщується в середньому зі швидкістю 34 км/год. Середні показники вмісту природних та антропогенних викидів уздовж "ланцюга територій", перевищують у 2-3 рази.

9. Визначено, що на окремих ділянках примагістральних територій (місцях зупинок громадського транспорту, на перехрестях, транспортних вузлах, місцях концентрації транспорту під час пікового навантаження) дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування та розрахунків за чинними методами значно відрізняються тому необхідний додатковий контроль. При вирішенні питань розміщення таких місць слід враховувати напрямок та швидкість руху вітру, у зв'язку із збільшенням зони забруднення вдвічі-втричі.

10. На основі аналізу фактичної середньодобової інтенсивності руху автотранспорту на магістральних мережах і розрахунків потужності емісії й концентрації забруднюючих речовин атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих автомобільних газів виявлено, що найбільш небезпечним для житлової забудови є оксиди азоту, особливо у дощову погоду, коли їх фактичний вміст перевищує гранично допустиму концентрацію у 7-10 разів та створює велику шкоду здоров'ю громадян і навколишньому середовищу.

11. Представлено практичні шляхи щодо досягнення стійкого міського повітряного басейну з точки зору його забруднення: створення зон малих викидів - Low Emission Zone (LEZ); створення зелених зон; заохочення активних видів транспорту; перерозподіл суспільного простору; просування громадського транспорту; створення очисних споруд; вдосконалення транспортної політики - податки та технологічне управління дорогами.

12. Розроблено модель забруднення оксидами азоту примагістральних територій міста, а саме, залежність концентрації оксидів азоту від інтенсивності транспортних засобів, яка може бути критерієм зонування території міста за ступенем забруднення атмосферного повітря. Запропоновано зонування примагістральних територій міста за рівнем забруднення атмосферного повітря оксидами азоту: зони безпечні, низької безпеки та небезпечні. Визначено співвідношення між інтенсивністю руху транспортних засобів на міській магістралі та відстані, де досягаються гранично допустимі норми щодо викидів оксиду азоту, що дозволяє розраховувати санітарно-захисні зони – території навколо магістральних вузлів.

13. Запропоновано та задекларовано спосіб очищення забрудненого повітря урбанізованих територій від оксидів азоту, оксидів вуглецю та вуглеводнів з використанням озонових технологій, який забезпечує отримання ефекту з очищення повітря на міських магістралях, приміагістральних територіях.

14. Розроблено та задекларовано конструкційну модель очисної установки, яка призначена для очищення повітряного простору урбанізованих територій від забруднень автотранспорту, насамперед від оксидів азоту, вуглеводнів, сажі та пилу. З точки зору економічної ефективності та можливостей апаратурного оформлення технологічного процесу вигідним є пристрій із поєднаними процесами мокрого пиловловлення та озонування, тобто з механічною та хімічною стадіями очищення. Розроблена принципіальна схема-модель технологічного процесу очищення забрудненого повітря, що складається з чотирьох стадій, на кожній з яких визначено основні елементи та умови роботи очисних споруд на міських територіях.

15. З метою врахування аварійної ситуації викиду установкою озону проведено моделювання процесу розсіювання озону на території міста, яке дозволяє отримати просторові профілі максимальної концентрації озону вздовж та перпендикулярно вітрового потоку, визначити відстані, де будуть досягатися допустимі його значення та санітарно-захисні зони. Максимальна концентрація озону вздовж осі ОХ (вітрового потоку) буде досягатися на відстані 50 м від джерела викиду, знижуючись до допустимого значення на відстані близько 500 м, в той же час при поперечному розсіюванні вздовж осі ОУ (перпендикулярно вітровому потоку) нормативне значення досягається з відривом 30 м.

16. Запропоновано та розраховано об'ємно-просторову концептуальну модель спеціальної очисної споруди, яка заснована на авторській інтерпретації кожного з елементів, і всієї структури в цілому за принципом геометричного структурування. Проведені розрахунки об'ємно-просторової концептуальної моделі-композиції спеціальної очисної споруди за трьома видами навантаження на конструкцію, а саме: власна вага очисної споруди; змінне короткочасне навантаження: вітрове; змінне короткочасне навантаження: снігове, які показують задовільні характеристики обраної конструкції й дозволяють рекомендувати її до використання. Представлено обладнання спеціальної очисної споруди та її техніко-економічні показники, які також дозволяють рекомендувати її до використання.

17. Отримані просторові профілі дозволяють визначити раціональні та економічно вигідні комплекси заходів, які можуть забезпечити необхідну чистоту повітряного басейну, допомогти фахівцям розробляти ефективніші проекти з урахуванням контролю за забрудненням повітря та «розумною» організацією дорожнього руху. Економічна ефективність від впровадження очищувальних установок у міські системи виявлятиметься, перш за все, у підвищенні екологічної безпеки населення, зниження захворюваності.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях, включених до наукометричних баз Scopus, Web of Science

1. Tatarchenko H., Kravchenko I. Towards Clean Air of Urbanized Territories.

Heliyon. 2022. P.1-12. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4031260> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.403126006-1>. (Scopus).

2. Tatarchenko G.O., Chernih O.A., Sokolenko V.M., Tatarchenko Z.S. Modern Information Technologies in System Architecture—Urban Planning—Building Constructions. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2019. P. 483-490. DOI:10.1007/978-3-030-42939-3_48. (Web of Science, Q4).

3. Tatarchenko G., Biloshitska N., Sychenko V., Liashuk V. The effect of ozone on wet atmospheric corrosion of aluminium of high-voltage lines. *MATEC Web of Conferences 294. 05010*. 2019. P.1-5 EOT-2019. DOI:10.1051/mateconf/201929405010 EOT-2019 (Web of Science).

4. Khoroshun G.M., Tatarchenko H, Diomin M. M., Tatarchenko Z.S. Cleanroom air control. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol 181. P. 497-504. DOI:10.1007/978-3-030-85043-2_47. (Web of Science, Q4).

5. Piddubnyi S.V., Tatarchenko H.O., Sokolenko V.M. Express Method for the Evaluation of the Frost Resistance of Silicate Building. *Materials Science*. 2020. Vol. 56. P. 240–246. DOI: 10.1007/s11003-020-00422-0 (Scopus, Q4).

6. Biloshytskyi M., Tatarchenko H., Biloshytska N., Uvarov P. Operational lifetime increase of the pumping equipment when pumping-out contaminated groundwater. *Mining of Mineral Deposits*. 2021. Vol.15(1). P. 42-49. DOI:10.33271/mining15.01.042 (Scopus, Q2).

7. Khoroshun, A. V. Chernykh, A. Ya., Tatarchenko G.O., Bekshaev, A. A. Akhmerov. Laguerre-Gaussian beam transformations by the double-phase-ramp converter: Singular skeleton formation and its sensitivity to small misalignment *Proceeding of SPIE, USA*. 2018. Vol. 10612. P. 1-9. DOI:10.1117/12.2303901 (Scopus).

8. Khoroshun G.M., Chernykh O., Tatarchenko H.O., Sato S., Kozawa Y., Popiolek-Masajada A., Szatkowski M., Lamperska W. Chain of optical vortices synthesized by a Gaussian beam and the double-phase-ramp converter. *OSA Continuum*. 2019. Vol. 2. P. 320-331. DOI:10.1364/OSAC.2.000320 (Scopus, Q2).

9. Khoroshun G., Luniakin R., Riazantsev A., Ryazantsev O., Skurydina T., Tatarchenko H.: The Development of an Application for Microparticle Counting Using a Neural Network. *Proceedings of the 4th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS)*. 2020. Vol. I. P. 1186-1195. URL.: <https://dblp.org/rec/conf/colins/KhoroshunLRRST20.html> (Scopus, Q4).

Статті у міжнародних наукових періодичних виданнях

10. Tatarchenko G. City pollution from natural and anthropogenic emissions of carbon monoxide. *Modern engineering and innovative technologies* 2021. Issue №15, Part 1. P. 90-98. DOI:10.30890/2567-5273.2021-15-01-115.

11. Татарченко Г.О., Черних О.А. Сучасні ВІМ-технології у вирішенні проблем екоурбаністики. *Modern engineering and innovative technologies. Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien*. 2021, Issue №16, Part 3. P. 88-93. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-03-121.

12. Tatarchenko H. Modeling of the processes of ozone dispersion by purification facility. *SWorld Journal*. 2022. Issue №11, Part 2. P. 26-32. DOI: 10.30888/2663-5712.2022-11-02-028.

Статті у наукових фахових виданнях України

13. Татарченко Г.О. Просторове моделювання забруднень повітря приміагістральних територій. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. №80. С. 389-402. DOI: DOI:10.32347/2076-815X.2022.80.389-402.
14. Татарченко Г.О., Кравченко І.В., Писаренко М.В., Поркуян С.Л. Дослідження забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту в міському середовищі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2019. № 8 (256). С. 99 -104. DOI:10.33216/1998-7927-2019-256-8-99-104.
15. Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В, Уваров П.Є. Прибудинкові території: тенденції організації та їх проблеми. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. 2019. № 7 (251). С. 39-48. URL.: <http://hdl.handle.net/123456789/4840>.
16. Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В. Зелені насадження міста Северодонецька. *Наукові вісті Далівського університету*. 2019. № 16. С.1-4. URL.: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvdu_2019_16_4.
17. Татарченко Г.О., Білошицька Н.І. Формування зеленого каркаса – важлива умова містобудування. *Містобудування та територіальне планування*. 2020. №75. С.361-370. DOI:10.32347/2076-815x.2020.75.361-370.
18. Татарченко Г.О. Аналіз забруднення оксидами азоту повітряного простору території Києва. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. №77. С.441-450. DOI:10.32347/2076-815x.2021.77.441-450.
19. Татарченко Г.О. Об'єкти захисту повітря територій міст. *Вісник НУВГП*. 2021. № 2(94). С. 126-135. DOI:10.31713/vt2202114.
20. Татарченко Г.О., Дьомін М.М, Тарасюк В.П. Модель забруднення оксидами азоту приміагістральних територій міста. *Містобудування та територіальне планування*. 2021. №78. С. 478-492. DOI:10.32347/2076-815x.2021.78.478-492.
21. Татарченко Г.О. Зонування території міста за рівнем забруднення атмосферного повітря оксидом азоту. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2021. №61. С.292-308. DOI:10.32347/2077-3455.2021.61.292-308.
22. Biloshytska N., Tatarchenko H., Biloshytskyi M., Tatarchenko Z. Creating urban spaces and medium-sized cities. *Academic journal industrial machine building civil engineering*. 2020. Vol. 1,53. С. 81-86. DOI:10.26906/znp.2020.55.2277.
23. Татарченко Г.О., Татарченко З.С., Паніна Н.І, Білошицька Н.І. 3D-моделювання будівельних об'єктів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2021. № 16. С.194-204. DOI:10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-24
24. Татарченко Г.О. Теоретичні аспекти моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері. *Містобудування та територіальне планування*. 2022. №79. С. 381-395. DOI:10.32 347/2076-815x.2022.79.381-395.
25. Татарченко Г.О., Дьомін М.М. Концепція переходу до чистого повітря урбанізованих територій. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. №62. С.350-362. DOI:10.32 347/2077-3425.2022.62.350-362.
26. Татарченко Г.О. Влияние озона на локальную коррозию нержавеющей

стали. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*, Спец. випуск №10. 2014. Т.2. С.89-93.

27. Татарченко Г.О., Дьомін М.М., Чередниченко П.П. I Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція "Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах" *Містобудування та територіальне планування*. 2017. №64. С. 396-404. URL: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2017/201764.pdf>.

28. Демин Н.М., Татарченко Г.О., Чередниченко П.П. II Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція "Развитие строительства и жилищно-коммунального хозяйства в современных условиях". *Містобудування та територіальне планування*. 2018. №67. С.26-28. URL.: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2018/201867.pdf>.

29. Татарченко Г.О., Дьомін М.М., Осетрін М.М., Чередниченко П.П. III Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція "Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах" *Містобудування та територіальне планування*: 2019. №70. С.13-26. URL: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2019/201970.pdf>.

30. Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Білошицька Н.І. Просторове планування території Східноукраїнського національного Університету імені Володимира Даля. *Вісник СНУ ім. В. Даля*. 2019. № 7 (255). С. 7-14. DOI: 10.33216/1998-7927-2019-255-7-7-13.

31. Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Татарченко З.С. Формування міських просторів малих та середніх міст. *Збірник наукових праць. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*. 2020. №1 (54). С. 81-86. DOI:10.26906/znp.2020.54.2277.

Статті у збірниках праць за матеріалами конференцій

32. Татарченко Г.О. Транспортне планування в сучасних тенденціях розвитку простору міста. Збірник наукових праць за матеріалами IX Міжнародної науково-практичної конференції "Транспорт і логістика: проблеми та рішення" (Одеса, 22-24 травня 2019). Одеса, 2019. С.31-33. URL: <https://files.duit.edu.ua/uploads.pdf>.

33. Татарченко Г.О. Формування рекреаційних сфер міського простору. Сучасні технології в науці та освіті: матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції. (Севєродонецьк 5–7 березня 2019). Севєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. С.75-76. URL: https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/b1/81/b181a1bd-8ee7-4d92-9006-741c96f31d3d/gl_tezkh_1_such.pdf.

34. Татарченко Г.О., Кузьмінов О.Ю., Бойко Н.І Слабкі та сильні сторони житлово-комунального господарства, енергоефективності та екології м. Севєродонецька. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Енергоефективне місто. XXI століття». (Одеса 15 - 16 жовтня 2020) Одеса, 2020. С.21-24. URL.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/.pdf>.

35. Татарченко Г.О., Бездоля А.Г. Типологія забудови як фактор впливу на рівень забруднення повітряного басейну та зміну режиму аерації в місті. Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. (Севєродонецьк 4-5.

листопада 2020). Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. С.43-45.

36. Татарченко Г.О., Білошицька Н.І., Шпарбер М.Є. Актуальність утворення агломерації «Сєверодонецьк-Лисичанськ-Рубіжне». Збірник наукових праць III Міжнародної азербайджансько-українсько науково-практичної конференції «Building Innovations – 2020». (Полтава 1 – 2 червня 2020). Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. С.318-321. URL: <https://nupp.edu.ua/event/iii-mizhnarodna-ukrainsko-azerbaydzhanska-konferentsiya-building-innovations-2020.html>.

37. Татарченко Г.О., Рязанцев О.І., Хорошун Г.М. Інформаційна технологія контролю стану повітря в розумному місті. Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Сєверодонецьк 4-5. листопада 2020). Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. С.76-78. URL: http://filelibsnu.at.ua/conference/v_vnpik_rbtzhkgvsu_2022.pdf.

38. Татарченко Г.О. Екологічні аспекти урбанізованих територій. Всеукраїнська науково-технічна інтернет-конференція «Новітні тенденції розвитку міського будівництва та господарства». (Рівне, 21-22 квітня 2021). Рівне, 2021. С. 1-3. URL: <https://www.facebook.com/MBG.NUWGP>.

39. Татарченко Г.О. Модель конструкції очисної споруди. The XI International Science Conference «Theoretical approaches of Fundamental Sciences. Theory, Practice and prospects», (Geneva April 26 – 28, 2021). Geneva, Switzerland: 2021. С.31-33. URL.: <https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2021/04/XI-Conference-Theoretical-approaches-of-Fundamental-Sciences.-Theory-Practice-and-prospects-1.pdf>.

40. Tatarchenko G. O. Zoning criterion for the main territory of the city according to the degree of atmospheric air pollution. The 4 th International scientific and practical conference “Modern science: innovations and prospects” (Stockholm January 10-12, 2022) SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2022. P.345-348. URL:<https://sci-conf.com.ua/x-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-modern-science-innovations-and-prospects-25-27-iyunya-2022-goda-stokgolm-shvetsiya-arhiv>.

Монографії та навчальні посібники.

41. Татарченко Г.О. Використання сучасних технологій у визначенні забруднених територій міста. Сучасні технології в науці та освіті: монографія / під. заг. ред. О. Б. Целіщева, Г. О. Татарченко, Г. М. Хорошун. Сєверодонецьк, 2021. С. 47-51. DOI: 10.33216/MonographSNU(978-617-11-0211-8)-2021-320.

42. Татарченко Г.О. Теория озоно-кислородной деполяризации: монографія. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. 135 с. ISBN 978-617-11-0119-7.

43. Tatarchenko H. Analysis of urban air pollution. Science for modern man: innovative engineering and technology, informatics, security systems, transport development, architecture: monographic series «European Science». Germany, Book 4. Part 4. 2021. Chapter 20. P.188-195. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-066.

44. Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. Сучасні містобудівні проблеми сталого розвитку регіонів. Забезпечення сталого розвитку регіону: економічні, управлінські, правові та інформаційно-технічні аспекти: монографія. Сєверодонецьк, 2017. С. 145–153. ISBN 978-617-11-0118-0. UR.: https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/90/82/90824f02-3ac5-408b-b2dc-b62c23704388/

zsrr_monograf2017.pdf.

45. Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. Концептуальні засади сталого розвитку регіону у контексті містобудування. Забезпечення сталого розвитку регіону: економічні, управлінські, правові та інформаційно-технічні аспекти: монографія. Сєверодонецьк, 2017. С. 6–16. ISBN 978-617-11-0118-0. UR.: https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/90/82/90824f02-3ac5-408b-b2dc-b62c23704388/zsrr_monograf2017.pdf.

46. Садово-паркове та ландшафтне будівництво від А до Я. Частина 1: навч. посіб. / Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. 204 с. ISBN 978-617-11-0139-5. DOI: 10.33216/TutorialSNU(978-617-11-0139-5)-2019-204.

47. Садово-паркове та ландшафтне будівництво від А до Я. Частина 2: навч. посіб. / Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. 176 с. ISBN 978-617-11-0147-0. DOI: 10.33216/TutorialSNU(978-617-11-0147-0)-2019-176.

48. Садово-паркове та ландшафтне будівництво від А до Я. Частина 3: навч. посіб. / Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. 182 с. ISBN 978-617-11-0166-1. DOI: 10.33216/TutorialSNU(978-617-11-0166-1)-2020-182.

49. Татарченко Г.О., Карпюк Л.В., Білошицька Н.І. Комп'ютерна графіка у будівництві: навч. посіб. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. 180 с. ISBN 978-617-11-0160-9. DOI: [10.33216](https://doi.org/10.33216).

Деклараційні патенти України.

50. Татарченко Г.О. Спосіб очищення забрудненого повітря урбанізованих територій: декл. пат. 149164, Україна: B01D 53/00, B01D 53/78 (2006.01), B01J 19/24 (2006.1). № u202103141; заявл. 08.06.2021; опубл. 20.10.2021, Бюл. № 42/2021. 4 с. URL: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1632077>.

51. Татарченко Г.О., Дьомин М.М., Білошицький М.В. Пристрій для мокрої очистки забрудненого повітря урбанізованих територій: декл. пат. 148723, Україна: B01D 47/06, B01D 45/12 (2006.01). № u202102201; заявл. 26.04.2021; опубл. 08.09.2021, Бюл. № 36/2021. 4 с. URL: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1593257/>.

52. Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Татарченко З.С., Білошицька Н.І. Спосіб очищення забрудненого повітря урбанізованих територій: декл. пат. Україна: 147495, B01D 53/00, B01D 53/78 (2006.01), B01J 19/24 (2006.1). № u202008025; заявл. 15.12.2020; опубл. 12.05.2021, Бюл. № 19/2021. 4с. URL.: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1593257/>.

53. Татарченко Г.О. Спосіб очищення забрудненого повітря урбанізованих територій: декл. пат. Україна: 149165, B01D 53/00, B01D 53/56 (2006.01), B01D 53/78, B01J 19/26 (2006.1). № u202103142; заявл. 08.06.2021; опубл. 20.10.2021, Бюл. № 42/2021. 4 с. URL.: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1632078/>.

АНОТАЦІЯ

Татарченко Г.О. Містобудівні та хіміко-технологічні основи методології нормалізації повітряного простору примагістральних територій крупних міст. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.20 – містобудування та територіальне планування. – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2023.

У роботі отриманні теоретичні і практичні результати щодо вирішення науково-прикладної проблеми відновлення й збереження нормативного стану повітряного простору примагістральної території та забезпечення сталого розвитку міст з урахуванням основних принципів його планування, побудови та екологічних вимог. На базі наукових досліджень запропонована концептуальна модель переходу до стійкого рівноважного стану урбанізованих територій «людина ↔ довкілля ↔ транспорт», згідно з якою, необхідно вирішити триєдине завдання співіснування, збереження і захисту системної цілісності цих об'єктів, в рамках якої розроблена інфологічна модель збереження чистого повітря урбанізованих територій «населення ↔ повітряний простір ↔ примагістральні території», що дозволяє визначити основні конструктивні елементи та зв'язки між ними та є базою в формуванні теоретичних засад. Обґрунтовано метод моніторингу та контролю чистоти повітря замкненого простору від мікрочастинок, на основі використання методології визначення світлових полів при проходженні Лагер-Гаусового пучка крізь подвійний фазовий клин зі створенням відповідної тривимірної конфігурації лазерного поля. Розроблено математичну та просторову моделі забруднення оксидами азоту примагістральних територій міста залежно від інтенсивності транспортних засобів та запропоновано їх зонування за рівнем забруднення: небезпечні, низької безпеки та безпечні. Визначено співвідношення між інтенсивністю руху транспортних засобів на міській магістралі та відстанями, де досягаються гранично допустимі норми викидів оксиду азоту, що дозволяє визначити зони підвищеної небезпеки для пішохідного руху навколо магістралей. Запропоновано та задекларовано спосіб та конструкційна модель установки очищення забрудненого повітряного простору урбанізованих територій від оксидів азоту, оксидів вуглецю та вуглеводнів з використанням озонових технологій, який забезпечує отримання ефекту з очищення повітря на міських магістралях до 70%, та розроблена принципіальна схема-модель технологічного процесу очищення забрудненого повітря.

Ключові слова: містобудування, крупні міста, сталий розвиток, примагістральні території, вплив автотранспорту на екологію міст, забруднюючі речовини, моделювання розсіювання, територіальне планування, методи та технології нормалізації повітря.

ANNOTATION

Tatarchenko H.O. Urban-planning and chemical-technological foundations of the methodology for normalizing the air space of the mains areas of large cities. – Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition for scientific degree for Doctor of Technical Science Degree in speciality 05.23.20 - Urban Planning and Territorial Planning. – Kyiv National

University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2023.

In the work, theoretical and practical results are obtained regarding the solution of the scientific and applied problem of restoration and preservation of the normative state of the airspace of the main highway territory and ensuring the sustainable development of cities, taking into account the basic principles of its planning, construction and environmental requirements. On the basis of scientific research, a conceptual model of the transition to a sustainable equilibrium state of urbanized territories "human ↔ environment ↔ transport" is proposed, according to which it is necessary to solve the threefold task of coexistence, preservation and protection like of the systemic integrity of these objects, within which an infological model of preserving clean air of urbanized territories "population ↔ air space ↔ highway territories", which allows the determining of the main structural elements and connections between them and is the basis for the formation of theoretical foundations. The method of monitoring and controlling the cleanliness of the air of a closed space from microparticles is substantiated, based on the use of the methodology of determining light fields when a Lager-Gaussian beam passes through a double phase wedge with the creation of a corresponding three-dimensional configuration of the laser field. A mathematical and spatial model of pollution by nitrogen oxides of the main highway areas of the city was developed depending on the intensity of vehicles, and their zoning was proposed according to the level of pollution: dangerous, low-security, and safe. The relationship between the intensity of traffic on the city highway and the distances where the maximum permissible standards of nitrogen oxide emissions are reached is determined, which allows to determine the zones of increased danger for pedestrian traffic around the highways. The method and structural model of the installation of cleaning the polluted air space of urbanized areas from nitrogen oxides, carbon oxides and hydrocarbons using ozone technologies, which provides the effect of air purification on city highways up to 70%, was proposed and declared, and a principal scheme-model of the technological system was developed. process of purifying polluted air. The work defines the conditions for the stable operation of vehicles and the normalization of the state of the airspace of an urbanized territory: improving the organization of the movement of a street and road highway and monitoring the technical condition of vehicles; spatial and planning organization of territories with high building density; implementing a smart strategy to communicate and encourage walking and cycling; promotion of public and ecological transport. The process of ozone dispersion in the city territory is modeled, taking into account the emergency situation of the release, which makes it possible to obtain profiles of the maximum ozone concentration along and perpendicular to the wind flow, to determine the distances at which its permissible values and sanitary protection zones will be reached. The choice of ways to normalize the airspace in the main areas of large cities in various ways has been determined, in particular: the creation of low-emission zones - Low Emission Zone (LEZ); promotion of active modes of transport; creation of green zones; redistribution of public urban space; promotion of public transport; creation of treatment facilities; improvement of transport policy - taxation and technological management of roads.

Keywords: urban planning, large cities, sustainable development, highway territories, impact of motor vehicles on the ecology of cities, pollutants, dispersion modelling, territorial planning, methods and technologies of air normalization.