

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.77.441-450

УДК 712.4

д.т.н., професор Татарченко Г.О.,

tatarchenkogalina@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4685-0337

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ОКСИДАМИ АЗОТУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ ТЕРИТОРІЇ КИЄВА

Розглянуто рівень забруднення території міста Києва оксидами азоту, що в основному утворюється транспортними потоками на магістральних дорогах міста та суттєво впливає на стан здоров'я людини. Наведені дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування та розрахунки по концентрації оксидів азоту. Визначено, що ці дані значно відрізняються, тому необхідно додатковий контроль в точках близьких до магістральних доріг. При вирішенні питань розміщення магістральних трас в плані міста необхідно враховувати напрямок та швидкість руху вітру. Якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто передбачити захисні заходи.

Ключові слова: територія; повітряний простір, місто; екологія міст; забруднення.

Постановка проблеми. На рівень і динаміку зростання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста істотно впливає зміна інтенсивності транспортних потоків, обсягів та складу промислових викидів, поява нових виробництв, зміни взаємного розташування джерел забруднення, виникнення або зникнення майданних джерел забруднення (невпорядкованих територій, об'єктів нового будівництва та знесення будівель), а також сезонна динаміка вітрового режиму.

Важливими відмітними характеристиками автотранспорту, як джерела забруднення атмосферного повітря, є постійне збільшення його одиниць та відповідно викидів. Обсяг викидів від нього в великому місті досягає 80% від загальної кількості валових викидів в атмосферу і вище; проникнення автомобілів на територію житлової забудови і зон рекреації; викиду забруднюючих речовин в зоні дихання людини і утруднене розсіювання в умовах міської забудови [1].

Для людського організму оксиди азоту ще більш шкідливі, ніж чадний газ. Загальний характер впливу змінюється в залежності від вмісту різних оксидів азоту: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄. Для людського організму оксиди азоту ще більш шкідливі, ніж чадний газ. Загальний характер впливу змінюється в залежності

від вмісту різних оксидів азоту: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄.. Найбільшу небезпеку становить NO₂, він впливає на людину серцево - судинними захворюваннями та призводить до порушення функцій легенів і бронхів, викликає сильне подразнення слизових оболонок очей, при високих концентраціях оксидів азоту виникають астматичні прояви. Оксиди азоту учащують в процесі розвитку злякисних утворень, відповідальні за виникнення смогу і кислотних дощів [2,3].

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. За статистикою [4], в середньому один легковий автомобіль викидає в атмосферу за день близько одного кілограма різних токсичних і канцерогенних речовин. Згідно зі статистикою, вантажні машини та автобуси виробляють більше вихлопних газів, ніж легкові автомобілі. Цей факт безпосередньо пов'язаний з режимом роботи й об'ємами двигунів внутрішнього згоряння автомобілів. Так, наприклад, легкове авто дає за добу близько 220 мг/м³ чадного газу, автобус – 230 мг/м³, а невелика вантажівка цілих 500 мг/м³. Легкове авто дає 45 мг/м³ оксиду азоту, автобус – 18 мг/м³, а невелика вантажівка – 70 мг/м³. Також автобус, на відміну від легкового авто, постійно викидає в повітря оксиди сірки, вуглецю та сполуки свинцю.

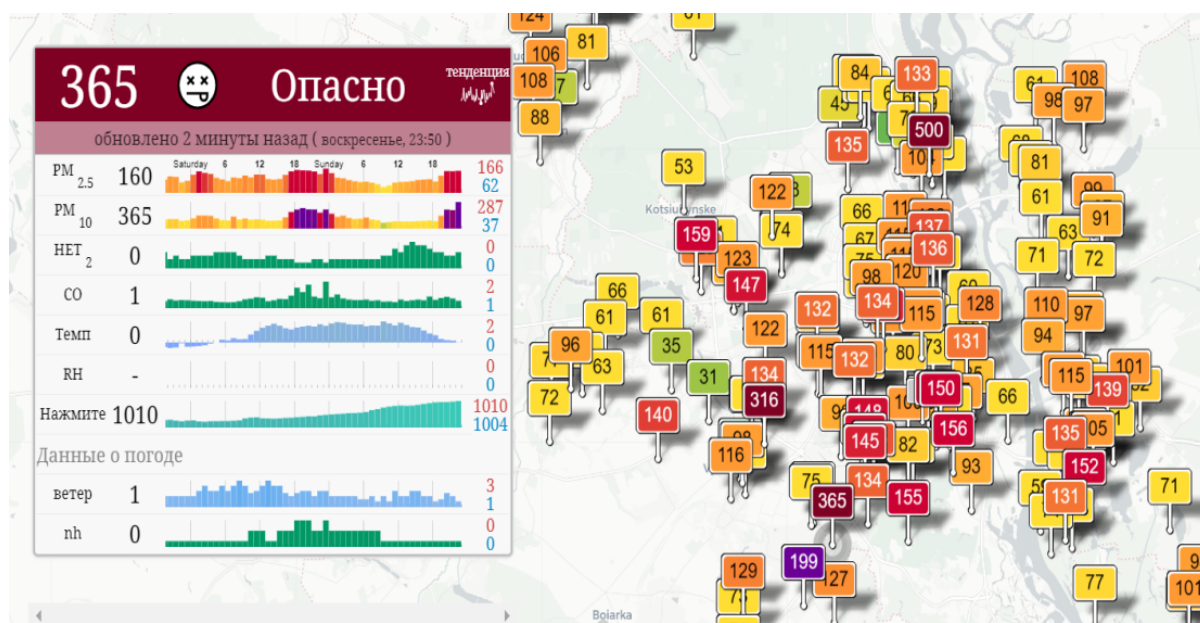


Рис.1. Індекси якості повітря територій м. Києва

Дуже часто індекси якості повітря територій м. Києва мають високі негативні показники (рис.1) [5]. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені: на площі Перемоги, Бессарабській площі, вулиці Семена Скляренка – 3,5 гранично-допустима концентрація середньодобова (ГДК_{с.д.}); на інших постах середній вміст діоксиду азоту був у межах 3,0 - 3,3 ГДК_{с.д.}, на ПСЗ № 5 –

1,0 ГДК_{с.д.}. Максимальний вміст цієї домішки був у межах 1,0-1,2 гранично-допустима концентрація максимально разова (ГДК_{м.р.}), лише в районі вулиці Інженера Бородіна та проспекту Науки – нижче рівня ГДК_{м.р.}. Всього з діоксиду азоту у літньому місяці зафіксовано біля 35 випадків перевищення ГДК_{м.р.}, що становило 3,3% від загальної кількості спостережень за цією домішкою (у минулому місяці – 1,8%). Найбільша кількість випадків перевищення ГДК_{м.р.} з діоксиду азоту зафіксована на площі Перемоги, вулицях Каунаська та Скляренка – 7,7% [6].

Розвиток міського середовища (поява нових мікрорайонів, автомагістралей, парків) призводить до того, що розташовані раніше на добре провітрюваних ділянках місцевості стаціонарні пости виявляються на «закритих» ділянках (поблизу високих будівель, на вузькій вулиці, у дворі або поблизу джерела низьких викидів) і характеризують суто локальні умови. З ростом інтенсивності автотранспортних потоків в містах найбільш забруднені території перемістилися з промислових зон в місця компактного проживання населення [7].

Метою публікації є аналіз території м. Києва на забруднення оксидами азоту магістральними трасами міста за даними розрахунковим, супутниковим і стаціонарних постів.

Основна частина. Дані за значеннями концентрації оксидів азоту в повітряному басейні територій м. Києва реєструвалися в період сплеску рівня забруднення, кожену годину протягом трьох днів. Протяжність Києва з півночі на південь - 50 км, із заходу на схід - 56 км, тому кожна точка вимірювання фіксувалась на відстані 10-12 км одна від другої (рис.2).

Згідно з отриманими даними, можна констатувати, що в перебігу трьох днів йшло зростання концентрації оксидів азоту і вона збільшувалась практично в три рази за цей період часу. Це відбувалося, перш за все, за рахунок виникнення низької хмарності. Південно-східний напрямок в загальному мав значення концентрацій нижче, ніж північно-західне; чітко виділяється підвищений рівень забруднення у центрі міста Києва, тобто атмосферне забруднення в навколишньому міському середовищі розподілене нерівномірно не тільки протягом доби, а й протягом усього часу. Вітер є основним метеорологічним фактором, що впливає на поширення забруднюючих речовин. Тут треба зазначити, що в ці дні швидкість вітру становила до 0,5 м/с, при великих швидкостях центр забруднення розмивається і зміщується (рис.3). Напрямок та швидкість руху вітру не залишаються постійними, і залежність концентрації забруднюючих речовин від напрямку руху вітру має велике значення при вирішенні питань розміщення магістральних трас в плані міста.

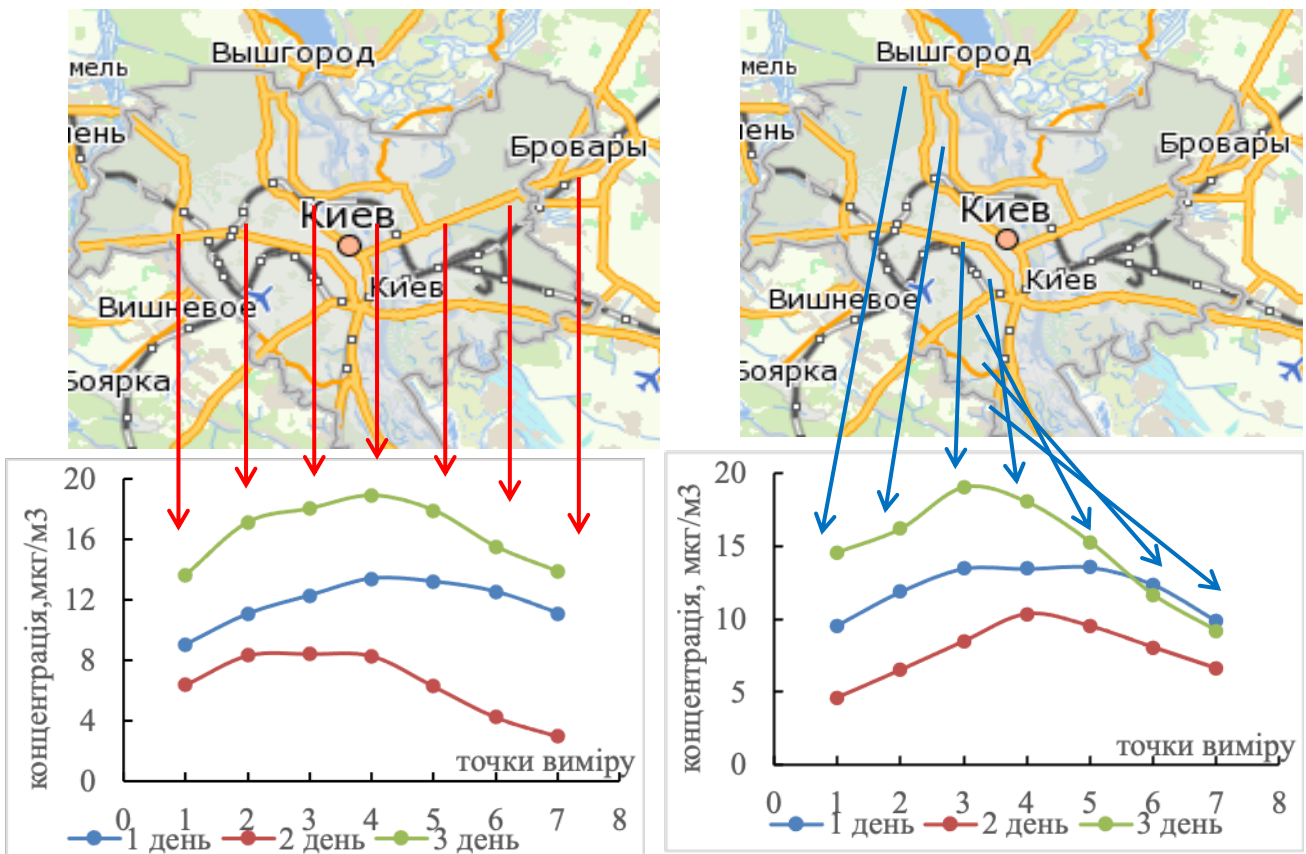


Рис. 2. Концентрації оксидів азоту в повітряному басейні території м. Київ:
а) зі сходу на захід; б) з півночі на південь

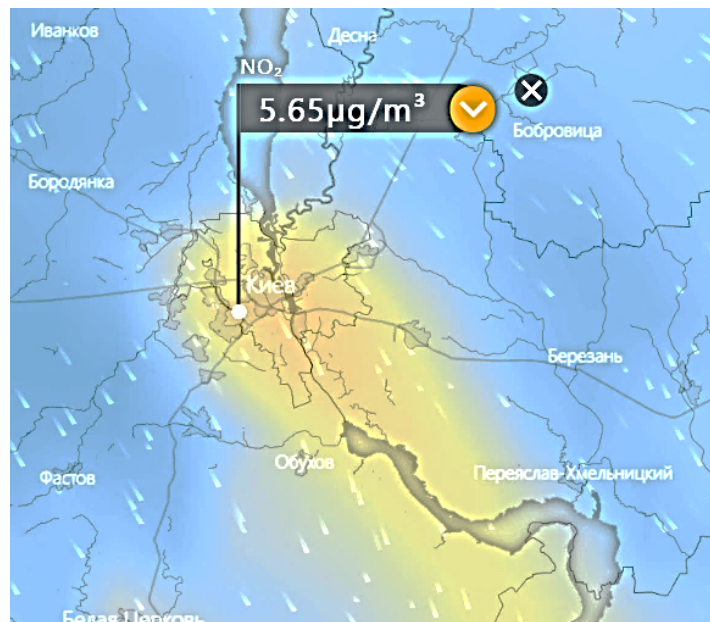


Рис.3. Схема розсіювання плями забруднення оксидами азоту за рахунок вітру

Вимірювання концентрації оксидів азоту в перебігу тих же трьох днів у центрі Києву на території парку імені Тараса Григоровича Шевченка, яке

оточено магістральними дорогами, показало найвищу динаміку змін змісту забруднюючої речовини (рис.4). Тут особливо варто звернути увагу на максимуми концентрацій протягом доби, вони практично збігаються з даними за виникненню «пробок» в ранкові та вечірні години з 8:00 до 9:00 і з 18:00 до 20:00. Зростання концентрації змінюється в два і більше разів. Найнижчі концентрації спостерігаються в нічні та передранкові години.

Гранично-допустимий середньодобовий вміст оксидів азоту в атмосферному повітрі населених місць не повинен перевищувати $0,04 \text{ мг/м}^3$ при одночасному дотриманні вимоги про разовий максимальний вміст оксидів азоту не більше $0,2 \text{ мг/м}^3$ [2]. Як видно з рисунку 3, отримані дані знаходяться в межах норми, але вони відображають загальну забрудненість підстильної поверхні. Якщо зробити виміри безпосередньо біля магістральних доріг, то показники перевищують нормативні у кілька разів.

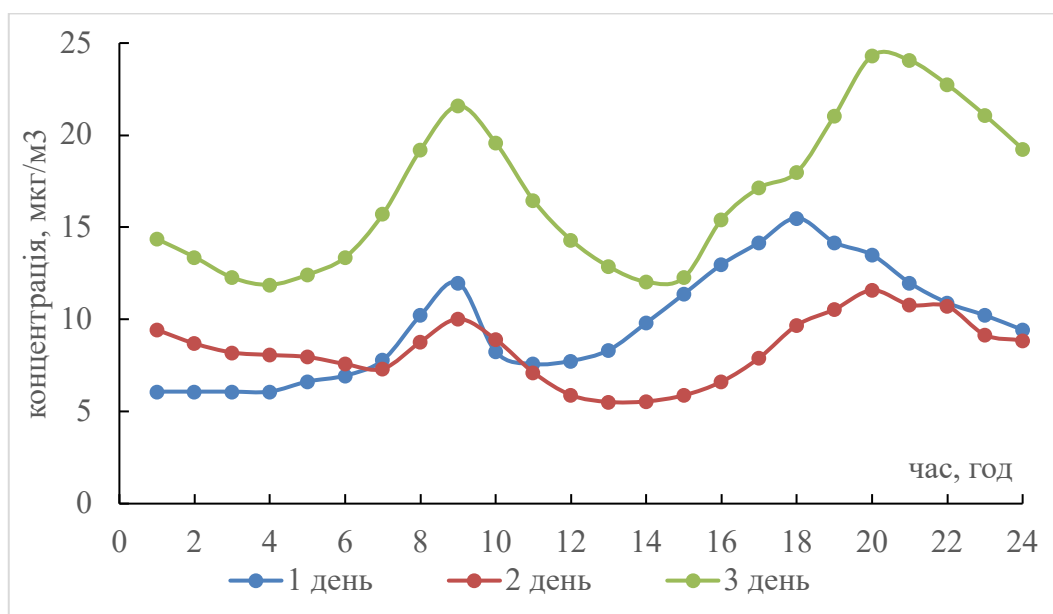


Рис. 4. Зміна концентрації оксидів азоту в повітряному басейні території парку ім. Т.Г. Шевченка м. Київ

Наприклад, потужність емісії q_i , $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ оксидів азоту, а саме, кількість викидів в атмосферу відпрацьованими газами двигунів на території парку ім. Т.Г. Шевченко склала [8]:

$$q_{NO_x} = 0,25 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{с})$$

Для визначення концентрації C_i , $\text{мг}/\text{м}^3$, забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів на різному віддаленні від дороги, використовуючи модель Гаусового розподілу домішок в атмосфері на невеликих висотах [9], за формулою:

$$C_i = \frac{2q_i}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V_B \cdot \sin\varphi} + F_i \quad (1)$$

де σ – стандартне відхилення Гаусового розсіювання у вертикальному напрямку;

V_B – швидкість вітру, що переважає в розрахунковий період, м/с;

φ – кут, що залежить від напрямку вітру до траси дороги (при куті менше 30° $\sin\varphi$ прийняти 0,5);

F_i – фонові концентрації i -ої забруднюючої речовини (в роботі приймаємо рівною нулю), мг/м³.

За результатами розрахунку побудована залежність зміни концентрації оксидів азоту від ширини придорожньої смуги у сонячну та хмарну погоду (рис.5), для порівняння наведено графік середньодобової ГДК. Крива зміни концентрації забруднюючої речовини в сонячну погоду описується рівнянням (1) зі ступенем достовірності $R^2 = 0,9936$:

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

тоді як для хмарної погоди показники значно вище, за рахунок зниження переміщених повітряних потоків:

$$C_x = 7,0662 \cdot l^{-0,963} \quad (3)$$

ступень достовірності $R^2 = 0,9989$.

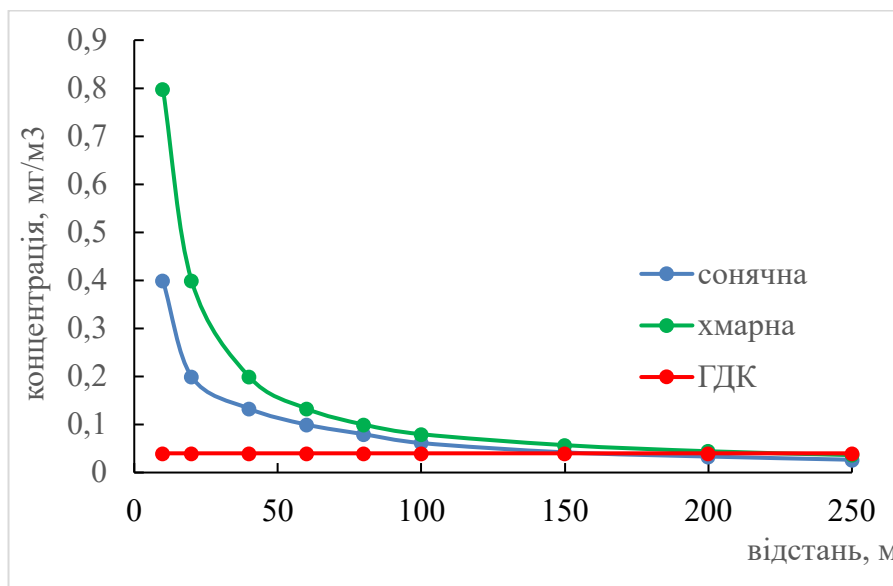


Рис.5. Зміна концентрації оксидів азоту від ширини придорожньої смуги у сонячну та хмарну погоду.

Відстані поширення оксиду азоту від магістралі відповідає понад 150 м при якій досягається $ГДК < 0,04$ мг/м³ для сонячної погоди та понад 250 м при хмарній. Тому, якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто розрахувати величину перевищення нормативу ГДК в повітрі населеного пункту у розрахунковій точці на границі житлової забудови та передбачити захисні заходи.

Отримані результати розрахунку забруднення оксидами азоту поблизу магістральних доріг практично в десять разів відрізняються від даних дистанційного зондування (супутникових) і заміряних на стаціонарних постах, що і говорить про надмірне антропогенне навантаження транспорту на навколишнє середовище, особливо в центрі Києва, та необхідності додаткового контролю в точках близьких до магістральних доріг.

Висновки. На підставі проведеного аналізу даних території м. Києва на забруднення оксидами азоту транспортними потоками на магістральних дорогах визначено, що дані стаціонарних вимірювальних постів спостережень, дистанційного зондування та розрахункові значно відрізняються, тому необхідно додатковий контроль в точках близьких до магістральних доріг. Напрямок та швидкість руху вітру має велике значення при вирішенні питань розміщення магістральних трас в плані міста.

Якщо ширина забруднення придорожньої смуги забруднюючою речовиною перетинає границю житлової забудови, варто передбачити додаткові захисні заходи.

Список джерел

1. Матейчик В.П., Никонович С.О. Розробка методики визначення витрат палива та масових викидів забруднюючих речовин транспортним потоком // Вісник НТУ. 2012. – №25.
2. Гігієнічні регламенти. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>.
3. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97) – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.
4. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
5. Загрязнение воздуха в мир: качество воздуха карте в режиме реального времени. Режим доступу: <https://aqicn.org/map/world/ru/>.
6. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv
7. Tatarchenko Halyna Analysis of urban air pollution / Monographic series «European Science», Science for modern man, Book 4. Part 4. chapter 20.-P 188-195. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-066 Germany
8. 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](https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-256-8-99-104)

9. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України №452 від 13.11.2008.

д.т.н., професор **Татарченко Г.О.**,
Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКСИДАМИ АЗОТА ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ТЕРРИТОРИИ КИЕВА

В статье рассмотрен уровень загрязнения территории города Киева оксидами азота, который в основном образуется транспортными потоками на магистральных дорогах города. По статистике, в среднем один легковой автомобиль выбрасывает в атмосферу за день около одного килограмма различных токсичных и канцерогенных веществ. Для человеческого организма оксиды азота еще более вредные, чем угарный газ. Общий характер влияния изменяется в зависимости от содержания различных оксидов азота: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄. Оксид азота вызывает расслабление гладких мышц сосудов, участвует в защите от патогенов, является нейромедиатором, регулирует программируемую гибель и пролиферацию клеток, играет важную роль в секреторной и репродуктивной системе.

Измерение концентрации оксидов азота в течении трех дней в центре Киева на территории парка имени Тараса Григорьевича Шевченко, который окружен магистральными дорогами, показало самую высокую динамику изменений содержания загрязняющего вещества.

Полученные результаты расчета загрязнения оксидами азота вблизи магистральных дорог практически в десять раз отличаются от данных, дистанционного зондирования (спутниковых) и замеренных на стационарных постах, что и говорит о чрезмерной антропогенной нагрузке транспорта на окружающую среду, особенно в центре Киева, и необходимости дополнительного контроля в точках близких к магистральным дорогам. При решении вопросов размещения магистральных трасс в плане города необходимо учитывать направление и скорость движения ветра. Если ширина загрязнения придорожной полосы загрязняющим веществом пересекает границу жилой застройки, следует рассчитать величину превышения норматива

ПДК в воздухе населенного пункта в расчетной точке на границе жилой застройки и предусмотреть защитные меры.

Ключевые слова: территория; воздушное пространство, город; экология городов; загрязнения.

Doctor of Technical Sciences, Professor **Tatarchenko Halyna**,
Head of the Department of Construction, Urbanism and Spatial Planning
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

ANALYSIS OF POLLUTION WITH NITROGEN OXIDES AIRSPACE TERRITORY KIEV

The article examines the level of pollution of the territory of the city of Kiev with nitrogen oxides, which is mainly formed by traffic flows on the main roads of the city. According to statistics, on average, one passenger car emits about one kilogram of various toxic and carcinogenic substances into the atmosphere per day. For the human body, nitrogen oxides are even more harmful than carbon monoxide. The general nature of the influence varies depending on the content of various nitrogen oxides: NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄. Nitric oxide relaxes vascular smooth muscles, is involved in protection against pathogens, is a neurotransmitter, regulates programmed cell death and proliferation, and plays an important role in the secretory and reproductive system.

Measurement of the concentration of nitrogen oxides for three days in the center of Kiev on the territory of the park named after Taras Grigorievich Shevchenko, which is surrounded by highways, showed the highest dynamics of changes in the content of the pollutant.

The obtained results of calculating the pollution by nitrogen oxides near the main roads are almost ten times different from the data obtained by remote sensing (satellite) and measured at stationary stations, which indicates the excessive anthropogenic load of transport on the environment, especially in the center. Kiev and the need for additional control at points close to the main roads. When deciding on the placement of highways in the city plan, it is necessary to take into account the direction and speed of the wind. if the width of the roadside contamination with a pollutant crosses the border of the residential area, the value of the excess of the MPC standard in the air of the settlement at the calculated point on the border of the residential area should be calculated and protective measures should be provided.

Key words: territory; airspace, city; ecology of cities; pollution.

REFERENCES

1. Matejchik V.P., Nikonovich S.O. Rozrobka metodiki viznachennya vitrat paliva ta masovih vikidiv zabrudnyuyuchih rechovin transportnim potokom // Visnik NTU. 2012. – №25. {in Ukrainian}
2. Gigienichni reglamenti. Granichno dopustimi koncentraciï himichnih i biologichnih rechovin v atmosferному povitri naselenih misc'. Rezhim dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>. {in Ukrainian}
3. Derzhavni sanitarni pravila ohoroni atmosferного povitrya naselenih misc' (vid zabrudnennya himichnimi ta biologichnimi rechovinami) (DSP-201-97) – Rezhim dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>. {in Ukrainian}
4. Derzhavna sluzhba statistiki Ukraïni [Elektronnij resurs] // Rezhim dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. {in Ukrainian}
5. Zagryaznenie vozduha v mir: kachestvo vozduha karte v rezhime real'nogo vremeni. Rezhim dostupu: <https://aqicn.org/map/world/ru/>. {in Russian}
6. Central'na geofizichna observatoriya imeni Borisa Sreznevs'kogo [Elektronnij resurs] // Rezhim dostupu: http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv. {in Ukrainian}
7. Tatarchenko Halyna Analysis of urban air pollution / Monographic series «European Science», Science for modern man, Book 4. Part 4. chapter 20.-P 188-195. DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-066 {in Germany}
8. Tatarchenko G. O., Kravchenko I. V., Pisarenko M. V., Porkuyan S. L. Doslidzhennya zabrudnennya atmosferного povitrya vidprac'ovanimi gazami avtotransportu v mis'komu seredovishchi // Bicnik Skhidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalya. 2019. №№ 8 (256). S. 99-104. DOI: 10.33216/1998-7927-2019-256-8-99-104. {in Ukrainian}
9. Metodika rozrahunku vikidiv zabrudnyuyuchih rechovin ta parnikovih gaziv u povitrya vid transportnih zasobiv. Nakaz Derzhavnogo komitetu statistiki Ukraïni №452 vid 13.11.2008. {in Ukrainian}