

PACS: 92.60.Sz Air quality and air pollution

**ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЄВА ДВООКИСОМ АЗОТУ****О.Г. Шевченко**, к. геогр. н., **С.І. Сніжко**, д. геогр. н., **Н.О. Данілова***Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Україна, 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64/13, tempo2007@meta.ua*

В статті описані основні джерела надходження двоокису азоту в атмосферне повітря великих міст. Розглянуто часову динаміку середньорічних концентрацій двоокису азоту в атмосфері м. Києва, проаналізовано рівень забруднення повітря цією домішкою в різних частинах міста, встановлено повтворюваність випадків перевищення двоокисом азоту максимально-разової та середньодобової гранично допустимих концентрацій. Найвищі концентрації двоокису азоту спостерігалися в центральній частині міста в деякі місяці теплого періоду. Частота випадків перевищення ГДК в повітрі зазвичай досягала 50%, а в теплий сезон 2012 р. концентрація NO<sub>2</sub> в повітрі була дуже високою і перевищувала ГДК в 100% випадків на всіх станціях моніторингу. Дослідження показали, що в теплий сезон року в повітрі м. Києва регулярно спостерігаються підвищені концентрації двоокису азоту, які є прекурсорами фотохімічного смогу, що при сприятливих метеорологічних умовах може призвести до формування цього негативного феномену в атмосфері міста.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, двоокис азоту, перевищення гранично допустимої концентрації, динаміка рівня забруднення.

**1. ВСТУП**

Забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій останнім часом викликає все більше занепокоєння, адже, з одного боку у великих містах його постійного негативного впливу зазнає величезна кількість людей, з іншого боку – в структурі основних забруднювачів міст зростає частка пересувних джерел, зниження викидів від яких у міському середовищі пов'язано з низкою труднощів. Проблема перевищення нормативів вмісту двоокису азоту в атмосферному повітрі характерна для багатьох великих міст світу. Як свідчать дані моніторингу Гідрометслужби, в останні роки більш ніж у половині міст України, у яких здійснюється моніторинг двоокису азоту в повітрі, середньорічні концентрації даного забруднювача перевищують ГДК. Особлива небезпека високого вмісту цієї речовини у повітрі пов'язана з тим, що вона може здійснювати не лише безпосередній негативний вплив на здоров'я людини, а також за сприятливих умов брати участь у фотохімічних реакціях та призводити до формування смогу. Саме тому в усьому світі активно досліджують джерела надходження двоокису азоту в повітря, особливості його просторово-часового розподілу у великих містах, перебіг фотохімічних перетворень за його участю [1, 4, 6–8, 10, 13–16, 18–21] та намагаються знайти шляхи вирішення цієї серйозної проблеми.

**2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Вивченню якості атмосферного повітря міст України останнім часом приділяється все більше уваги [3, 5, 10]. Більшість робіт присвячені комплексній оцінці

рівня забруднення окремих міст або регіонів, в яких серед інших домішок також розглядається вміст двоокису азоту в атмосферному повітрі. Проте, окремі роботи українських вчених сфокусовані на дослідженні лише цієї домішки. Наприклад, в [6] запропоновано методику прогнозу забруднення повітря міста двоокисом азоту, а Маренко А.Н. з колегами [7–8] досліджували сполуки азоту в приземному шарі повітря біля автомагістралей Києва. І хоча останні дослідження проводилися якраз у столиці, проте їх результати відображають особливості зміни концентрацій та перебіг фотохімічних перетворень сполук азоту лише у безпосередній близькості до автомобільних шляхів. В наших попередніх дослідженнях, що були присвячені забрудненню атмосферного повітря м. Києва [10], також розглядалися деякі особливості просторово-часового розподілу концентрацій двоокису азоту в атмосферному повітрі міста в 2003–2006 рр., проте для вивчення двоокису азоту, як прекурсорі фотохімічного смогу та встановлення ймовірності виникнення цього явища в атмосфері м. Києва необхідно використовувати інформацію про сучасний стан забруднення повітря міста даною домішкою та особливості її просторово-часового розподілу в повітрі міста в останні роки, а результати таких досліджень на сьогоднішній день відсутні.

**2.1 Матеріали та методи досліджень**

Для виконання даної роботи було використано матеріали строкових спостережень Державної гідрометеорологічної служби України за вмістом двоокису азоту на 14 із 16 постів спостереження за забруднен-

ням (ПСЗ) м. Києва за період 2008–2012 рр. Дані ПСЗ № 10 (вул. Межигірська, 56/60 (Поділ, поблизу ст.м. Тараса Шевченка)) та ПСЗ № 20 (Московська площа) не використовувалися нами через відсутність вимірювань протягом більшої частини обраного для досліджень періоду. Багаторічна динаміка забруднення атмосферного повітря міста двоокисом азоту аналізувалася за даними ЦГО – використана інформація про середньорічні концентрації за період з 1985 по 2012 рр.

З метою вивчення основних джерел надходження двоокису азоту нами було проаналізовано вітчизняну та зарубіжну наукову літературу, присвячену даній проблемі.

### 3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

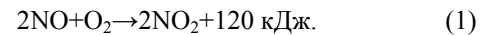
*Джерела надходження двоокису азоту в атмосферне повітря.* Діоксид азоту за класифікацією забруднювальних речовин належить до групи основних – це речовини, що входять до складу викидів більшості стаціонарних джерел шкідливих домішок. Діоксид азоту є одним з пріоритетних забруднювачів повітря великих міст, належить до речовин третього класу небезпеки\*. Тривалість його максимального перебування в атмосфері становить близько 3 діб. Його характерне рудувато-коричневе забарвлення можна часто побачити над трубами підприємств, за що його називають «лисячий хвіст».

Усі джерела надходження двоокису азоту в атмосферне повітря за різними ознаками можна поділити на кілька груп. Перш за все, виділяють антропогенні та природні джерела. Природними джерелами цього забруднювача є лісові, торфові та вугільні пожежі, вулканічна діяльність, мікроорганізми, незначна кількість цього газу надходить в атмосферне повітря також від розрядів блискавок. Якщо стосовно надходження двоокису азоту в планетарному масштабі, можна знайти різні дані про внесок кожного виду з цих джерел, то суттєве переважання антропогенних джерел у великих містах на сьогодні не викликає жодних сумнівів.

Усі антропогенні джерела надходження даної домішки в повітря можуть бути розподілені на стаціонарні та пересувні. Крім того, двоокис азоту може не лише надходити в атмосферу безпосередньо від джерел викидів, він також може утворюватися в самій атмосфері з речовин-попередників. Одним із основних джерел безпосереднього надходження  $\text{NO}_2$  в атмосферу є спалювання органічного палива за температур, що не перевищують  $600^\circ\text{C}$  (за вищих температур відбувається руйнування двоокису азоту). Це

може відбуватися в двигунах внутрішнього згорання, при спалюванні органічного палива на ТЕС та в різноманітних промислових процесах. Ці ж процеси є також і джерелами надходження речовин-попередників – сполук азоту, основним серед яких є оксид азоту. Надходження в атмосферне повітря оксиду чи двоокису азоту залежатиме, перш за все, від температури в камері згорання, а концентрація оксидів азоту у викидах – ще й від вмісту в ній вільного кисню.

Двоокис азоту ( $\text{NO}_2$ ) та оксид азоту ( $\text{NO}$ ) в атмосферній хімії прийнято називати оксидами азоту ( $\text{NO}_x$ ). Джерелами оксидів азоту, що утворюються в процесі горіння, є молекулярний азот повітря, що використовується в якості окиснювача при горінні та азотовмісні компоненти пального. Моноксид азоту  $\text{NO}$  в середньому становить близько 95–99 % від загальних викидів  $\text{NO}_x$ , в той час на токсичніший  $\text{NO}_2$  припадає не більше 1–5 %. Після викидів в атмосферу моноксид азоту легко реагує з киснем повітря з утворенням  $\text{NO}_2$

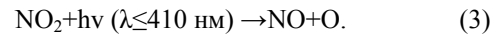


Цей процес є зворотним, проте за нормальних умов хімічна рівновага зміщена в сторону діоксиду.

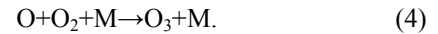
Також можливе перетворення за участю неметалічних вуглеводнів (NMHC)



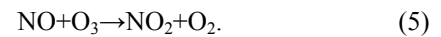
На концентрацію  $\text{NO}_x$  в повітрі великих міст суттєво впливають їх перетворення за участю озону. Під дією сонячної радіації та підвищених температур повітря відбувається фотоліз  $\text{NO}_2$



Атомарний кисень  $\text{O}$ , що утворився взаємодіє з молекулярним  $\text{O}_2$  – в результаті чого утворюється озон



Далі молекула озону може бути зруйнована в результаті взаємодії з  $\text{NO}$



Реакції (3) – (5), власне, описують формування фотохімічного смогу за участі одного з видів з його прекурсорів – сполук азоту. Як видно з (3) – (5) – це замкнений цикл, що може досягнути стаціонарного стану за сталих концентрацій реагентів та відповідних умов. Відповідно для зміни концентрацій однієї зі складових необхідним є додаткове джерело іншої. Крім рекомбінації атомарного кисню  $\text{O}$  з молекулярним  $\text{O}_2$ , джерелом озону в тропосфері можуть бути цикли окислення метану ( $\text{CH}_4$ ) та монооксиду

\* клас небезпеки змінено згідно постанови Головного державного санітарного лікаря України від 4.06.2010 р. № 18.

вуглецю CO, а також надходження його в атмосферу безпосередньо від джерел забруднення [12]. Оскільки, швидкість реакцій (4) та (5) залежить від температури, а перебіг реакції (3) перебуває у прямій залежності від сонячної радіації, то для їх перебігу в атмосфері необхідні відповідні метеорологічні умови – достатня кількість сонячної радіації з довжиною хвиль менше 410 нм, температура повітря вище 18°C (оптимально 25–35°C), а також – низька відносна вологість повітря та штиль або слабкий вітер (до 2 м/с).

Зв'язки між оксидами азоту можуть бути виражені через коефіцієнт трансформації (КТ) оксиду азоту в діоксид азоту:

$$KT=[NO_2]/[NO_x].$$

Розрахунок значень КТ в реальних умовах при концентраціях оксидів азоту підтвердив положення про те, що повної трансформації оксиду азоту в діоксид фактично не спостерігається, тому в розрахунках розсіювання оксидів азоту в атмосферному повітрі слід враховувати частковий ступінь трансформації оксиду азоту в діоксид. За даними [1] однією з причин підвищеного вмісту двоокису азоту в літній період є значно вищий ніж взимку ступінь трансформації оксидів азоту, що, наприклад, для міста Стерлітамак, становить 86 %.

Стосовно первинних джерел надходження двоокису азоту, то крім тих, про які вже згадувалося вище, до них ще належать підприємства хімічної промисловості, виробництво мінеральних добрив, вибухових речовин, нітратної кислоти, бактеріальний розклад силосу та ін., а у великих урбанізованих містах де переважають викиди від автомобільного транспорту – дизельні автомобілі – викиди NO<sub>2</sub> в результаті їхньої експлуатації значно вищі, порівняно з бензиновими автомобілями. Була проведена ціла низка досліджень з метою з'ясування надходження первинного двоокису азоту від пересувних джерел у міському середовищі у різних європейських країнах [14–16, 19–21] і в результаті було встановлено, що зростання частки двоокису азоту у співвідношенні NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> від пересувних джерел переважно зумовлене зростанням використання дизельних сажевих фільтрів (diesel particulate filters) та каталізаторів окислення (oxidation catalysts), а також зростанням кількості дизельних автомобілів у загальному автопарку міст. Деякі дослідження свідчать, що для бензинових автомобілів частка первинних викидів NO<sub>2</sub> становить близько 5 %, в той час як для автомобілів з дизельними двигунами, що не оснащені новітніми установками для очищення вихлопних газів цей показник дорівнює 10–13 % [16, 18, 20]. Дані [19] є ще менш оптимістичними – згідно цього дослідження надходження первинного двоокису азоту від бензинових

легкових автомобілів – знаходиться в межах 7 %, в той час як для таких же дизельних автомобілів з каталізаторами окислення – в межах 30–60 %.

Не зважаючи на введення більш жорстких нормативів вмісту оксидів азоту в атмосферному повітрі європейських міст у 2008 р., і навіть деяке зниження концентрацій цих забруднювачів, для багатьох великих міст високі концентрації NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі все ще лишаються серйозною проблемою. За даними [13] у великих містах концентрації двоокису азоту можуть досягати дуже високих значень. На рис.1 представлено дані про концентрацію двоокису азоту у стовпі повітря, що отримані за допомогою газоаналізатора SCIAMACHY, встановленого на борту супутника ENVISAT [13]. На карті чітко видно підвищений вміст забруднювача над великими містами (в тому числі, над Києвом), над потужними вугільними басейнами, де високий вміст двоокису азоту може бути спричинений спалюванням супутніх газів на місті видобутку сировини та над промисловими агломераціями (наприклад, над Запорізькою та Дніпропетровською), де суттєвим є внесок промислових джерел [13].

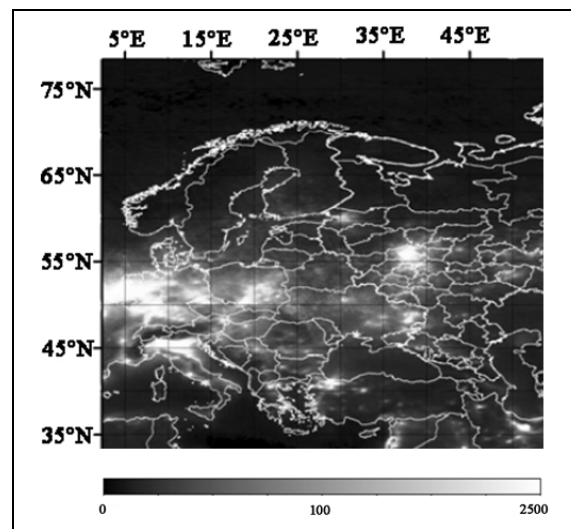


Рис. 1 – Середній вміст діоксиду азоту в стовпі атмосфери в 2007 р. (Вміст в 10<sup>13</sup> молекул/см<sup>2</sup>) [13].

Дані World Atlas of Atmospheric Pollution [22], що отримані в результаті безпосередніх вимірювань у найбільших містах світу протягом кількох останніх років, також свідчать про екстремально високі концентрації двоокису азоту на окремих урбанізованих територіях – Мехіко, Братислава, Пекін, Москва, Санкт-Петербург, Ліма, Лос-Анджелес, Гвадалахара, Мадрид, Рим, Шанхай, Сеул (табл. 1). За даними WHO/UNEP [23] в окремих з цих міст і раніше спостерігався підвищений рівень забруднення двоокисом азоту. Наприклад, у Лос-Анджелесі, Мехіко, Москві у 1992 р. забруднення повітря двоокисом азоту оцінювалося від «помірного до сильного» і регулярно

Таблиця 1 - Рівень забруднення атмосферного повітря великих міст світу двоокисом азоту в 2000-х рр.(підготовано за даними [22])

Середньорічні концентрації NO <sub>2</sub> (мкг/м <sup>3</sup> )	М і с т а
< 20,0	Буенос-Айрес, Мельбурн
20,1 – 40,0	Ванкувер, Оттава, Монреаль, Рейк'явік, Осло, Берлін, Прага, Йоганнесбург, Мумбай, Делі, Калькутта, Бангкок
40,1 – 60,0	Чикаго, Нью-Йорк, Сантьяго, Сан-Паоло, Лондон, Париж, Афіни, Токіо
60,1 – 80,0	Лос-Анджелес, Гвадалахара, Мадрид, Рим, Шанхай, Сеул
> 80,0	Мехіко, Братислава, Пекін, Моква, Санкт-Петербург, Ліма

спостерігалися перевищення нормативу Всесвітньої організації охорони здоров'я 200 мкг/м<sup>3</sup> для значення усередненого за 1 годину [9].

Як вже згадувалося вище, кілька років тому на території Європи вступили в дію жорсткіші нормативи якості повітря – Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe [17]. В більшості європейських країн (навіть тих, в яких активно запроваджуються природоохоронні технології) в окремих населених пунктах до цього часу періодично фіксуються перевищення цих нормативів. За даними Німецького Федерального Агентства з довкілля [24] в 2011 р. приблизно на 57 % станцій спостереження за забрудненням, що розташовані у містах під безпосереднім впливом автомобільного транспорту, було зафіксовано перевищення середньорічного нормативу по двоокису азоту. Проте, в деяких країнах, ситуація з забрудненням повітря двоокисом азоту, є дещо кращою. Наприклад, в Білорусі за період 1999–2010 рр. середньорічні концентрації двоокису азоту у всіх містах є нижчими 40 мкг/м<sup>3</sup> (що є нормативом ВООЗ для такого часового усереднення). Виключення становить лише Могилів, в якому найвища за цей період середньорічна концентрація даного забруднювача становила 61,4 мкг/м<sup>3</sup> [4]. Хоча, незважаючи на дотримання середньорічних нормативів, максимальні концентрації інколи можуть бути дуже високими, наприклад, за даними [2] максимальні концентрації двоокису азоту в центральній частині Мінська у години пік інколи сягають навіть до 6 ГДК м.р. (яке у цій країні дорівнює 250 мкг/м<sup>3</sup>).

*Джерела забруднення атмосферного повітря м. Києва.* Антропогенне забруднення атмосферного повітря м. Києва в основному формується за рахунок пересувних джерел. В структурі забруднення атмосферного повітря м. Києва в 2012 р. на пересувні джерела припадало 85,5 % і 14,5 % на стаціонарні. За даними Держкомстату в повітряний басейн Києва в 2012 р. надійшло 32,2 тис. т. сполук азоту, з яких 0,19 тис. т – оксид азоту. Переважна більшість сполук азоту (66,8 %) надійшла від пересувних джерел (пе-

реважно від автомобільного транспорту). Забруднення атмосфери міста автотранспортом має територіальну прив'язку до міських автомагістралей, перехресть та вуличних каньйонів і характеризується інтенсивністю руху на них. Найбільш завантаженими в м. Києві можна назвати: на Лівому березі – просп. Бажана, Броварський просп., просп. генерала Ватутіна, Харківське шосе, Ленінградську пл.; у Правобережній частині міста це вул. Хрещатик, вул. Сакаганського, Бесарабська пл., Набережне шосе, бульв. Тараса Шевченка, просп. та пл. Перемоги, Червонозоряний просп., бульв. Івана Лепсе, просп. Комарова, Московська пл. Варто відмітити, що за даними Державного комітету статистики України [11] у м. Києві за період 2000–2011 рр. кількість автомобільного транспорту суттєво зросла. Наприклад, кількість вантажних автомобілів збільшилася удвічі (з 29,2 тис. у 2000 р. до 60,4 тис. у 2011 р.), пасажирських автобусів – більш ніж у три рази (з 5,3 тис. до 17,2 тис.), легкових автомобілів – також майже вдвічі (з 394,4 тис до 743,2 тис). В той же час кількість громадського електротранспорту (що не призводить до забруднення повітря міста) за цей же період помітно знизилася: тролейбусних машин з 583 одиниці у 2000 р. до 490 у 2013 р., трамвайних вагонів – з 582 до 403 одиниць [11].

У структурі викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності протягом останніх кількох років близько 80 % припадає на викиди від підприємств, що займаються виробництвом та розподілом електроенергії, газу та води. Підприємств, що займаються такою діяльністю, в Києві 12. Найбільшими з них є Дарницька ТЕЦ (ЗАТ "Укр-Кан-Пауер"), Акціонерні енергогенеруючі компанії "Київенерго" ТЕЦ-5, ТЕЦ-6, "Теплові мережі", філіал "Житлоплоенерго" та філіал заводу з термічної переробки побутових відходів "Енергія".

Отже, джерела забруднення атмосферного повітря м. Києва двоокисом азоту розосереджені по території усього міста.

Динаміка вмісту двоокису азоту в атмосферному повітрі Києва. З метою встановлення основних тенденцій вмісту двоокису азоту в повітрі Києва, нами були проаналізовані часові ряди середньорічних концентрацій по місту за період 1985–2012 рр. (рис. 2).

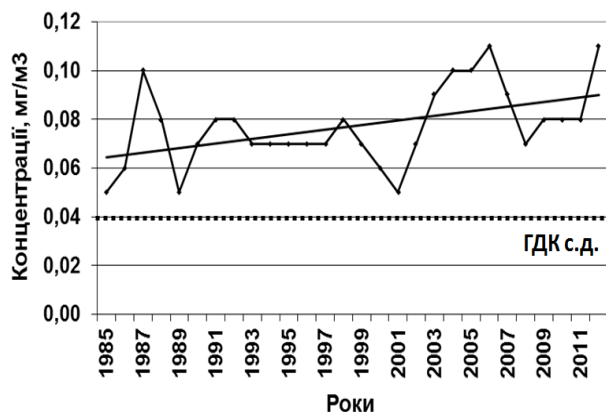


Рис. 2 – Динаміка середньорічних концентрацій двоокису азоту в повітрі м. Києва за 1985–2012 рр.

Аналізуючи динаміку зміни середньорічних концентрацій двоокису азоту, на фоні незначних коливань концентрацій чітко простежується тенденція до їх зростання. За досліджувані 27 років найнижчі концентрації були зафіксовані на рівні 0,05 мг/м³ у 1985,

1987 та 2001 рр. Найвищі концентрації – 0,111 мг/м³ спостерігалися в 2006 та 2012 рр. Варто відмітити, що рівень забруднення повітря міста даним поллютантом за весь період спостережень перевищує ГДК с.д., а в окремі роки цей норматив перевищується більш ніж у 2 рази.

Наші попередні дослідження [10] вмісту двоокису азоту в атмосферному повітрі м. Києва дали змогу встановити, що рівень забруднення атмосферного повітря даною домішкою не є однаковим протягом року і суттєво відрізняється в теплий та холодний періоди (табл. 2). Концентрації двоокису азоту характеризуються вищими значеннями в теплий період – більш ніж на 15 % по відношенню до холодного. З 16-ти постів на двох спостерігаються вищі середні концентрації в холодний період – на ПСЗ № 5 (просп. Науки) та № 15 (Гідропарк). Слід зазначити, що ПСЗ № 5, № 13 та № 15 розташовані в зеленій зоні міста, де структура викидів і умови розсіювання домішок суттєво відрізняються від цих же характеристик на інших постах. Очевидно, саме з цим і пов'язано те, що на даних ПСЗ усереднені концентрації в холодний період є вищими від концентрацій теплового періоду. В той же час на постах, що розташовані поблизу навантажених автошляхів (ПСЗ № 6, 7, 8 та 10) перевищення рівня концентрацій теплового періоду над холодним становить 20–30 %.

Таблиця 2 - Вміст двоокису азоту в теплий та холодний період в атмосферному повітрі м. Києва (усереднення за 2003–2006 рр.)

ПСЗ	Конц. хол. періоду	Конц. тепл. періоду	Перевищення, %
1	0,1050	0,1203	+12,7 %
2	0,1189	0,1368	+13,1 %
3	0,111	0,1217	+8,8 %
4	0,0995	0,1198	+16,9 %
5	0,0511	0,0487	- 4,7 %
6	0,1017	0,1272	+20,0 %
7	0,1097	0,1572	+30,2 %
8	0,1054	0,1344	+21,6 %
9	0,0943	0,1141	+17,4 %
10	0,1004	0,1307	+23,2 %
11	0,1047	0,1303	+19,6 %
13	0,0516	0,0519	+0,6 %
15	0,0698	0,063	- 9,7 %
17	0,1138	0,1332	+14,6 %
20	0,1078	0,1276	+15,5 %
21	0,1176	0,1247	+5,7 %
сер. по місту	0,0976	0,1151	+15,2 %

Оскільки, двоокис азоту є прекурсором тропосферного озону, його високі концентрації в повітрі міст у теплий період сприяють формуванню фотохімічного смогу, а попередні дослідження дали змогу встановити вищі концентрації цього забруднювача у повітрі Києва у теплий період, то на нашу думку доцільним є здійснити детальний аналіз просторово-часових закономірностей розподілу даної домішки у місті в сучасний період як перший етап дослідження особливостей формування фотохімічного смогу у повітрі Києва.

Аналіз усереднених концентрацій по постах спостереження за теплий період (в даному дослідженні під «теплим періодом» ми розуміємо період з травня по вересень включно, оскільки саме в цей період для в Києві можуть спостерігатися сприятливі метеорологічні умови для формування фотохімічного смогу) дав змогу встановити, що найвищі по місту концентрації спостерігаються в районі Бесарабської площі (ПСЗ №7) та площі Перемоги (ПСЗ №6) – тобто в центральній частині міста, де зосереджена значна кількість автотранспорту, часто спостерігаються дорожні затори, а щільна висотна забудова перешкоджає розсіянню домішок (табл. 3). Найнижчі концентрації відмічаються на ПСЗ №5 (проспект Науки) та в районі Виставкового центру (ПСЗ №13). Різниця між

найвищими та найнижчими концентраціями по місту, як і варто було очікувати, досить суттєві – більш ніж у 3 рази за весь період в цілому, а в 2008 р. – більш ніж у 5 разів. Отримані результати просторового розподілу концентрацій двоокису азоту по території міста Києва в 2008–2012 рр. цілком співпадають з результатами, отриманими раніше (з періодом усереднення 2002–2006 рр.), що є цілком очікуваним, адже, структура викидів за цей період у місті практично не змінилася.

В результаті аналізу концентрацій двоокису азоту за обрані роки по місяцях (табл. 4), було встановлено, максимальні середньомісячні концентрації даної домішки за теплий період спостерігалися в травні (2009, 2012 рр.), липні (2011 р.) та серпні (2008, 2010 рр.), що, очевидно, спричинено перш за все погодними чинниками (переважанням синоптичних ситуацій, що були сприятливими для формування та накопичення двоокису азоту в повітрі міста в ці місяці), адже структура викидів забруднювальних речовин та їх обсяги як правило не зазнають різких змін протягом травня–вересня.

Таблиця 3 - Середні концентрації двоокису азоту за травень–вересень 2008–2012 рр. на різних ПСЗ Києва

ПСЗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	21
2008	0,07	0,09	0,08	0,08	0,02	0,09	<b>0,11</b>	0,08	0,07	0,09	0,04	0,04	0,09	0,07
2009	0,09	0,09	0,08	0,11	0,04	0,08	<b>0,13</b>	0,08	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	0,09
2010	0,09	0,10	0,09	<b>0,14</b>	0,04	<b>0,14</b>	<b>0,14</b>	0,10	0,11	0,11	0,08	0,09	0,10	0,12
2011	0,09	0,09	0,09	0,11	0,03	0,11	<b>0,13</b>	0,09	0,08	0,10	0,05	0,06	0,09	0,11
2012	0,13	0,14	0,16	0,15	0,05	<b>0,17</b>	<b>0,21</b>	0,12	0,15	0,16	0,07	0,07	0,15	0,16
середнє	0,09	0,10	0,10	0,12	0,04	0,12	<b>0,14</b>	0,09	0,10	0,11	0,06	0,07	0,10	0,11

Таблиця 4 - Концентрації двоокису азоту у повітрі м. Києва в різні місяці за період 2008–2012 р.

Місяць/рік	2008	2009	2010	2011	2012
Травень	0,067	<b>0,097</b>	0,089	-*	<b>0,155</b>
Червень	0,069	0,081	0,121	0,098	-*
Липень	0,061	0,076	0,106	<b>0,103</b>	0,137
Серпень	<b>0,086</b>	0,078	<b>0,125</b>	0,073	0,119
Вересень	0,076	0,084	0,071	0,074	0,121

\* - вибірка даних за цей місяць містила дуже велику кількість пропусків, тому отримані результати можуть бути не репрезентативними і не наводяться у таблиці

Для представлення інформації про забруднення атмосферного повітря слід обирати таку її форму, щоб вона була максимально компактною і водночас вплив суб'єктивного підходу до її сприйняття був мінімальним. Величини концентрацій не можуть розцінюватись як самостійна інформація, адже, вони характеризують не ступінь небезпечності забруднення атмосферного повітря, а лише кількість тієї чи іншої домішки в одиниці об'єму. Для точнішої характеристики негативного впливу забруднення повітря, виміряні концентрації слід порівнювати з певними нормативами. Найчастіше для цього використовують величину відповідної гранично допустимої концентрації. Усереднені концентрації порівнюють з серед-

ньодобовими гранично допустимими концентраціями (ГДК с.д.), фактично виміряні – з максимально разовими гранично допустимими концентраціями (ГДК м.р.). Відповідно до документів, що регламентують вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць України, для двоокису азоту ГДК с.д. становить 0,04 мг/м<sup>3</sup>, а ГДК м.р. – 0,20 мг/м<sup>3</sup> (табл. 5). Аналіз нормативів якості повітря ЄС та Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) [9] показав, що ГДКс.д., з яким в Україні порівнюються всі усереднені концентрації забруднювальних речовин (від середньодобових і до середньорічних) відповідає нормативу ЄС та ВООЗ для середньорічних значень двоокису азоту. Отже, таким чином, наприклад, у 2011 р. у Києві (див. рис. 2) середньорічна концентрація двоокису азоту перевищувала не лише українську ГДКс.д. у 2,75 рази, але й Європейський норматив якості повітря за цією домішкою та

норматив ВООЗ. Подібними є також і нормативи максимального вмісту двоокису азоту для коротких періодів – вони дорівнюють 0,2 мг/м<sup>3</sup> і згідно вимог ВООЗ, і нормативів ЄС, і українських ГДК м.р. – дещо відрізняється лише період осереднення: у випадку європейських нормативів та ВООЗ він становить 1 год, українська ж ГДКм.р. передбачає порівняння з безпосередньо виміряними неусередненими концентраціями. Але, враховуючи методики відбору проб двоокису азоту на постах спостереження за забрудненням повітря в містах України, коли відбирається 20-хвилинна проба, можна сказати, що таким чином для українського ГДКм.р. період усереднення становить 20 хвилин, для нормативів ВООЗ та ЄС – 1 година. Тобто, українське ГДК м.р. для двоокису є дуже близьким до граничних нормативів для цієї ж домішки в європейських країнах.

Таблиця 5 - Нормативи якості повітря в Україні, країнах Європейського Союзу та Всесвітньої організації охорони здоров'я

	Граничні нормативи для коротких періодів	Граничні нормативи для усереднених концентрацій
ВООЗ	0,2 мг/м <sup>3</sup> (усереднене значення за 1 год)	0,04 мг/м <sup>3</sup> (середньорічне значення)
ЄС	0,2 мг/м <sup>3</sup> (усереднене значення за 1 год, перевищення якого допускається не більш ніж 18 разів за рік)	0,04 мг/м <sup>3</sup> (середньорічне значення)
Україна	0,2 мг/м <sup>3</sup> (ГДК м.р. стосуються випадків відбору проб протягом 20 хвилин й з цими ГДК порівнюються разові концентрації домішок)	0,04 мг/м <sup>3</sup> (ГДКс.д., належать до тривалої дії забруднювальних домішок і з цими ГДК порівнюються середньодобові, середньомісячні та середньорічні концентрації.)

Аналіз повторюваності випадків перевищення ГДК м.р. двоокисом азоту у м. Києві за 2008–2012 рр. (табл. 6) показав, що з певною періодичністю концентрації вище даного нормативу спостерігаються на усіх постах, за виключенням ПСЗ № 5 (проспект Науки), навіть на ПСЗ № 13 (що також розташований поза зоною прямого впливу джерел забруднення, в межах зеленої зони, на території Виставкового центру) в окремі місяці повторюваність перевищення ГДК м.р. сягає 4%. Найвища за місяць повторюваність перевищення ГДК м.р. спостерігається на ПСЗ №7 (Бесарабська площа), ПСЗ № 6 (площа Перемоги), в окремі роки на постах №4 (район ДВРЗ), № 11 (перетин просп. Перемоги та вул. акад. Туполева, біля ст.м. Святошин) та №21 (вул. Скляренка, 5 (Куренівка)). Варто також відмітити, що в 2010 р. на ПСЗ №6 повторюваність випадків перевищення

концентраціями двоокису азоту ГДК м.р. сягала 50%, а в 2012 р. на ПСЗ № 6, 7, 11 та 21 повторюваність була в межах 58,3–65,4%.

Розрахунок середньодобових концентрацій та нормування їх на ГДК с.д. показав, що в Києві в 2010–2012 рр. в травні–вересні майже на всіх постах концентрації двоокису азоту щодня, або майже щодня перевищують даний гігієнічний норматив (повторюваність випадків перевищення 90–100%) (табл. 7). Виключення становить лише пост № 5 (проспект Науки), де повторюваність перевищень значно нижча, а в окремі роки – взагалі рівна 0% (вересень 2010 р.), а в окремі місяці також пости №13 (Виставковий Центр) та 15 (Гідропарк), №3 (вул. Попудренка).

**Таблиця 6** - Повторюваність випадків перевищення ГДК м.р. на ПСЗ м. Києва (для кожного поста зазначена найвища та найнижча повторюваність за місяць з травня по вересень), %

ПСЗ / Рік	2008	2009	2010	2011	2012
1	0,0–4,0	1,0–6,5	1,0–13,3	0,0–4,8	5,0–17,3
2	0,0–7,7	0,0–4,2	0,0–16,0	0,0–11,5	12,0–24,0
3	0,0–8,0	0,0–2,0	0,0–9,3	0,0–8,3	9,6– <b>47,9</b>
4	0,0–7,7	0,0– <b>22,9</b>	0,0–16,7	0,0–14,8	5,3–41,7
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0–6,5	0,0–4,2	2,3– <b>50,0</b>	0,0– <b>20,8</b>	12,0– <b>62,5</b>
7	0,0– <b>24,0</b>	10,9–13,5	1,9– <b>40,0</b>	0,0– <b>22,9</b>	25,0– <b>65,4</b>
8	0,0–3,9	0,0–4,4	0,0–12,3	0,0–7,7	0,0–13,5
9	0,0–4,0	0,0–7,9	0,0–18,0	0,0–3,9	9,6–31,3
11	1,0–6,5	0,0–10,4	0,0–24,0	0,0–9,6	6,7– <b>58,3</b>
13	0,0	0,0–1,9	0,0–4,0	0,0	0,0–1,9
15	0,0–1,0	0,0	0,0–2,7	0,0	0,0
17	0,0–11,5	0,0–8,7	1,9–14,0	0,0–7,7	12,5–36,5
21	0,0–4,0	0,0–14,6	3,7–9,1	0,0–16,7	7,7– <b>58,3</b>

**Таблиця 7** - Повторюваність випадків перевищення ГДК с.д. на постах спостереження за забрудненням міста Києва

Рік	ПСЗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	21
2008	5	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	0,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	87,5	<b>100,0</b>	95,8	20,8	57,1	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	6	91,7	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,7	4,4	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,7	95,0	<b>100,0</b>	34,8	34,8	91,3	-
	7	-	<b>100,0</b>	85,2	74,1	0,0	96,3	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	81,5	<b>100,0</b>	37,0	33,3	-	-
	8	96,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	92,0	0,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	68,0	64,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	9	84,6	84,6	84,6	96,2	11,5	-	96,2	92,3	65,4	96,2	65,4	69,2	96,2	76,9
2009	5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	13,0	-	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	21,7	46,2	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	6	95,8	<b>100,0</b>	79,2	87,5	29,2	91,7	-	77,8	70,8	91,7	70,8	87,5	47,4	91,7
	7	<b>100,0</b>	51,0	85,2	96,3	96,3	92,6	-	96,3	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	96,3	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	92,6
	8	<b>100,0</b>	96,0	92,0	96,0	68,0	80,0	-	80,0	84,0	96,0	84,0	<b>100,0</b>	96,0	88,0
	9	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	92,3	<b>100,0</b>	73,1	96,2	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	96,2	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
2010	5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,5	<b>100,0</b>	22,7	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	6	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	56,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	96,0	<b>100,0</b>	-
	7	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	55,6	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	96,3	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	-	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	8	96,0	<b>100,0</b>	76,0	-	56,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	84,0	77,8	96,0	-
	9	92,3	<b>100,0</b>	61,5	<b>100,0</b>	0,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,2	92,3	84,6	92,3
2011	5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	17,4	<b>100,0</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,8	<b>100,0</b>	50,0	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	95,8	<b>100,0</b>	79,2	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	7	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	38,5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	96,2	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	80,8	92,9	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	8	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	-	<b>100,0</b>	11,5	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	84,6	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	9	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	-	<b>100,0</b>	7,7	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	-	-	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>



Продовження табл. 7

Рік	ПСЗ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	21	
2012	5	100,0	100,0	100,0	100,0	41,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
	6	100,0	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	7	100,0	100,0	100,0	100,0	69,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	73,1	100,0	100,0
	8	100,0	100,0	100,0	100,0	46,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,2	100,0	100,0	100,0
	9	100,0	100,0	100,0	96,0	76,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,0	96,0	100,0	100,0	

\*Якщо значення відсутнє – це означає, що на даному ПСЗ в цей місяць не проводилися спостереження, або кількість пропусків даних була значною і тому повторюваність перевищення ГДК не розраховувалася.

Таблиця 8 - Повторюваність випадків перевищення 5 ГДК с.д. на ПСЗ м. Києва у 2012 р.

ПСЗ/ Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	21
5	8,3	8,3	33,3	45,8	0,0	66,7	75,0	4,2	29,2	62,5	0,0	0,0	33,3	66,7
6	0,0	8,3	41,7	29,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	15,4	15,4	23,1	0,0	0,0	19,2	53,9	11,5	11,5	30,8	0,0	0,0	15,4	19,2
8	3,9	7,7	11,5	5,3	0,0	11,5	23,1	3,9	3,9	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0
9	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	64,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	8,0

Нормування концентрацій двоокису азоту на ГДК с.д. показало, що досить часто вони не просто перевищують цей норматив, а перевищують його у кілька разів, тому нами була також розрахована повторюваність випадків перевищення 5 ГДК с.д. Найнижча кількість випадків перевищення 5 ГДК с.д. спостерігалася у 2008 р. – такі концентрації були зафіксовані лише на двох ПСЗ – № 7 (Бесарабська площа) та №2 (вул. Довженка, поблизу ст.м. Шулявська) – 12,0 % та 7,7 % відповідно. Протягом 2009–2011 рр. практично на усіх постах (за виключенням ПСЗ № 5, 13 та 15) в окремі місяці спостерігалися концентрації на рівні 5 ГДК с.д., крім того повторюваність таких випадків також суттєво зросла – на ПСЗ № 6 та 7 (що розташовані в центрі міста) в серпні 2010 р. вона становила 48 та 40 % відповідно, в червні 2011 р. – 25 % на цих же постах. В 2012 р. середньорічна концентрація двоокису азоту сягнула 0,11 мг/м<sup>3</sup>, що перевищує ГДК с.д. у 2,75 рази, відповідно і середньодобові концентрації також були значно вищими від цього нормативу – в теплий період на окремих ПСЗ повторюваність перевищення 5 ГДК с.д. становила понад 50 % (ПСЗ № 6, 7, 11 та 21) (табл. 8).

#### 4. ВИСНОВКИ

Отже, вміст двоокису азоту в атмосферному повітрі м. Києва переважно визначається його надходженням від джерел викидів, серед яких основними є двигуни внутрішнього згорання і спалювання органічного палива на ТЕС, та перебігом фотохімічних реакцій за його участю. Незважаючи на постійне

перевищення середньорічними концентраціями двоокису азоту ГДК с.д., на фоні незначних коливань концентрацій домішки за період 1985–2012 рр. чітко простежується тенденція до подальшого зростання її вмісту в повітрі Києва. Найвищі концентрації двоокису азоту спостерігаються в центральній частині міста – на постах, розташованих в районі Бесарабської площі та площі Перемоги – в окремі місяці теплого періоду року повторюваність випадків перевищення ГДК м.р. на цих ПСЗ перевищує 50 %. Повторюваність перевищення ГДК с.д. середньодобовими концентраціями двоокису азоту в повітрі міста в останні роки була дуже високою, а в теплий період 2012 р. майже на усіх постах міста (за виключенням тих, що розташовані в межах зелених зон) сягнула 100 %.

Таким чином, у теплий період року в повітрі м. Києва регулярно спостерігаються аномально високі концентрації двоокису азоту, що є прекурсором фотохімічного смогу, і за сприятливих метеорологічних умов, буде призводити до формування цього негативного явища в атмосфері міста.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бикбулатов И.Х. Анализ содержания оксидов азота в воздушном бассейне г. Стерлитамак РБ / И.Х. Бикбулатов, Л.Р. Асфандиярова, А.А. Панченко // Актуальные проблемы науки и техники. Сборник трудов III научной конференции молодых ученых. – Уфа: Нефтегазовое дело, 2011. – С. 46–47.
2. Глазачева Г.И. Состояние атмосферного воздуха г. Минска и прилегающего района / Г.И. Глазачева, Т.А. Курлович, И.А. Зальгина // Новости науки и технологий. – 2011. – № 1 (18). – С. 3–10.
3. Кіптенко Є.М. Вплив метеорологічних умов забруднення

- повітря у промислових містах України / Є.М. Кіптенко, Т.В. Козленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – № 13. – С. 208–216.
4. Круковская О.Ю. Анализ динамики содержания диоксида азота в атмосферном воздухе в Беларуси / О.Ю. Круковская // Мониторинг окружающей среды: сб. материалов II международной науч.-практ. конф. Брест, 25–27 сентября 2013 г.: в 2 ч. Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина. – Брест: БрГУ, 2013. – С. 180–182.
  5. Лоева І.Д. Оцінка антропогенного навантаження на повітряний басейн м. Одеси / І.Д. Лоева, П.Х. Грудєв, Н.М. Демчишина // Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – 2004. – Вып. 48. – С. 279–286.
  6. Лоева І.Д. Прогноз поля забруднення воздушного бассейна города двоокисью азота / І.Д. Лоева, Салим Рубайя Санд // Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – 1995. – Вып. 32. – С. 107–113.
  7. Маренко А.Н. Окислы азота в приземном слое воздуха на автомагистралях Киева / А.Н. Маренко, А.Н. Гриценко // Труды УкрНИИ Госкомгидромета. – 1986. – Вып. 216. – С. 46–53.
  8. Маренко А.Н. Исследование смогообразующих примесей в атмосфере вблизи автомагистралей / А.Н. Маренко, А.Н. Гриценко, В.С. Титов и др. // Труды УкрНИИ Госкомгидромета. – 1987. – Вып. 224. – С. 49–54.
  9. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. Глобальные обновленные данные 2005 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_rus.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_rus.pdf)
  10. Сніжко С.І. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста / С.І. Сніжко, О.Г. Шевченко – К.: Обрії, 2011. – 297 с.
  11. Статистичний щорічник міста Києва за 2013 рік [статистичний довідник]. – К.: ТОВ «Август Трейд», 2012. – 344 с.
  12. Суркова Г.В. Химия атмосферы / Г.В. Суркова. – М.: Изд-во Московского университета, 2002. – 210 с.
  13. Тронин А.А. Диоксид азота в воздушном бассейне России по спутниковым данным / А.А. Тронин, С.Г. Крицук, И.Ш. Латыпов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т.2. – № 6. – С. 217–223.
  14. Carslaw D.C. Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, pp. 4793–4802.
  15. Carslaw D.C., Beevers S.D. Investigating the potential importance of primary NO<sub>2</sub> emissions in a street canyon. *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, pp. 3585–3594.
  16. Carslaw D.C., Beevers S.D. Development of an urban inventory for road transport emissions of NO<sub>2</sub> and comparison with estimates derived from ambient measurements. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, pp. 2049–2059.
  17. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, L 152/1 – L 152/44.
  18. Grice S., Stedman J., Kent A., Hobson M., Norris J., Abbott J., Cooke S. Recent trends and projections of primary NO<sub>2</sub> emissions in Europe. *Atmospheric Environment*, 2009, vol. 43 (13), pp. 2154–2167.
  19. Hopfner U., Lambrecht U. Emissions and air quality in urban areas of Germany. An actual survey. *Proceedings of the 14th International Conference on Transport and Air Pollution. Graz, Austria, 1–3 June 2005*.
  20. Jenkin M.E. Analysis of sources and partitioning of oxidant in the UK Part 2: contributions of nitrogen dioxide emissions and background ozone at a kerbside location in London. *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, pp. 5131–5138.
  21. Kessler C., Niederau A., Scholz W. Estimation of NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> relations of traffic emissions in Baden-Wurttemberg from 1995 to 2005. *2nd Conference on Environment & Transport, including 15th Conference on Transport and Air Pollution. Reims, France, 12–14 June 2006*. Proceedings no. 107, vol. 2. France: Inrets, Arceuil, pp. 101–105.
  22. *The World Atlas of Atmospheric Pollution*. Anthem Press, 2008. 345 p. (Ed.: Sokhi R.S.)
  23. *The Quality of Air in World Megacities (based on WHO/UNEP data, 1992)*. Available at: <http://www.air-quality.org.uk/11.php>
  24. Umwelt Bundes Amt. *How good is air quality in Germany? Press Release No. 06/2012*. Available at: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien-e/4211.html>

## REFERENCES

1. Bikbulatov I.H., Asfandijarova L.R., Panchenko A.A. *Aktual'nye problemy nauki i tehniki. Sbornik trudov III nauchnoj konferencii molodyh uchenyh* [Actual problems of science and technology. Proc. III Conference of Young Scientists]. Ufa: «Neftegazovoye delo», 2011, pp. 46–47.
2. Glazacheva G.I., Kurlovich T.A., Zalygina I.A. *Novosti nauki i tehnologii - Science and Technology News*, 2011, no.1 (18), pp. 3–10. (In Russian)
3. Kiptenko Ye.M., Kozlenko T.V. *Hidrolohiya, hidrokimiya i hidroekolohiya - Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2007, no.13, pp. 208–216. (In Ukrainian)
4. Krukovskaja O.Ju. *Monitoring okruzhayushchey sredy: sb. materialov II mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Brest, 25–27 sentyabrya 2013 g.: v 2 ch. Brest. gos. un-t imeni A.S. Pushkina* [Environmental Monitoring: Material collec. the III International scientific-practical. conf. Brest, 25–27 September 2013 : in 2 parts. The A.S. Pushkin Brest State University]. Bepc: BSU, 2013, pp. 180–182. (In Russian)
5. Loyeva I.D., Hrudyyev P.Kh., Demchyshyna N.M. *Meteorologiya, klimatologiya y gidrologiya - Meteorology, climatology and hydrology*, 2004, vol. 48, pp. 279–286. (In Ukrainian)
6. Loeva I.D. Salim Rubajja Sand. *Meteorologiya, klimatologiya y gidrologiya - Meteorology, climatology and hydrology*, 1995, vol. 32, pp. 107–113. (In Russian)
7. Marenko A.N. Gricenko A.N. *Trudy UkrNII Goskomgidrometa - Proc. USRI SCHM*, 1986, vol. 216, pp. 46–53. (In Russian)
8. Marenko A.N. Gricenko A.N., Titov V.S. et al. *Trudy UkrNII Goskomgidrometa - Proc. USRI SCHM*, 1987, vol. 224, pp. 49–54. (In Russian)
9. *Rekomendacii VOZ po kachestvu vozduha, kasajushhiesja tver-dyh chastic, ozona, dnuokisi azota i dnuokisi sery. Global'nye obnovlennye dannye 2005 god* [The WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005]. Available at: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_rus.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_rus.pdf)
10. Snizhko S.I., Shevchenko O.H. *Urbometeorologichni aspekty zabrudnennya atmosfernoho povitrya velykoho mista* [Urbo Meteorological aspects of air pollution of the big city]. Kyiv: Obriyi, 2011. 297 p.
11. *Statystychnyy shchorichnyk mista Kyyeva za 2013 rik* [Statistical Yearbook of Kyiv for 2013]. Kyiv: LLC «Avhust Treyd», 2012. 344 p.
12. Surkova G.V. *Himija atmosfery* [Chemistry atmosphere]. Moskva: The Moskow University Publ., 2002, 210 p.
13. Tronin A.A., Kricuk S.G., Latypov I.Sh. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa - Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 2009, vol. 2, no.6, pp. 217–223. (In Russian)
14. Carslaw D.C. Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/No<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions. *Atmospheric Environment*, 2005, vol. 39, pp. 4793–4802.
15. Carslaw D.C., Beevers S.D. Investigating the potential importance

- of primary NO<sub>2</sub> emissions in a street canyon. *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, pp. 3585–3594.
16. Carslaw D.C., Beevers S.D. Development of an urban inventory for road transport emissions of NO<sub>2</sub> and comparison with estimates derived from ambient measurements. *Atmospheric Environment*, 2005, Vol. 39, pp. 2049–2059.
  17. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal of the European Union*, L 152/1 – L 152/44.
  18. Grice S., Stedman J., Kent A., Hobson M., Norris J., Abbott J., Cooke S. Recent trends and projections of primary NO<sub>2</sub> emissions in Europe. *Atmospheric Environment*, 2009, vol. 43 (13), pp. 2154–2167.
  19. Hopfner U., Lambrecht U. Emissions and air quality in urban areas of Germany. An actual survey. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Transport and Air Pollution. Graz, Austria, 1–3 June 2005*.
  20. Jenkin M.E. Analysis of sources and partitioning of oxidant in the UK Part 2: contributions of nitrogen dioxide emissions and background ozone at a kerbside location in London. *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, pp. 5131–5138.
  21. Kessler C., Niederau A., Scholz W. Estimation of NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> relations of traffic emissions in Baden-Wurttemberg from 1995 to 2005. *2<sup>nd</sup> Conference on Environment & Transport, including 15<sup>th</sup> Conference on Transport and Air Pollution. Reims, France, 12–14 June 2006*. Proceedings no. 107, vol. 2. France: Inrets, Arceuil, pp. 101–105.
  22. *The World Atlas of Atmospheric Pollution*. Anthem Press, 2008. 345 p. (Ed.: Sokhi R.S.)
  23. *The Quality of Air in World Megacities (based on WHO/UNEP data, 1992)*. Available at: <http://www.air-quality.org.uk/11.php>
  24. Umwelt Bundes Amt. *How good is air quality in Germany? Press Release No. 06/2012*. Available at: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien-e/4211.html>

## AIR POLLUTION BY NITROGEN DIOXIDE IN KIEV CITY

O. Shevchenko, Cand. Sci. (Geogr.), S. Snizhko, Dr. Sci. (Geogr.), N. Danilova

*Taras Shevchenko National University of Kyiv;*

*64/13, Volodymyrska Street, City of Kyiv, Ukraine, 01601, tempo2007@meta.ua*

In the article main nitrogen dioxide emissions sources in a big cities was analysed. Shown the temporal dynamics of average annual concentrations of nitrogen dioxide in Kiev city for time period 1985 – 2012, analyzed concentration of this pollutant in different part of the city and frequency of cases of maximum allowable concentration (MAC) exceeding. The highest concentrations of nitrogen dioxide observed in the central part of the city in some months the warm season. The frequency of cases exceeding of MAC in the air usually exceeds 50% and in the warm season 2012 average concentration of NO<sub>2</sub> in the air has been very high and frequency of exceeding of MAC reached 100% in almost all monitoring stations.

Studies show that in the warm season in the air of Kyiv regularly observed abnormally high concentrations of nitrogen dioxide, which is a precursor of photochemical smog, and under favorable meteorological conditions will result in the formation of this negative phenomenon in the atmosphere of the city.

**Keywords:** air pollution, nitrogen dioxide, exceeding of maximum allowable concentration, air pollution level dynamics.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КИЕВА ДВУОКИСЬЮ АЗОТА

О.Г. Шевченко, к. геогр. н., С.И. Снежко, д. геогр. н. Н.А. Данилова

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка,*

*Украина, 01601, город Киев, ул. Владимирская, 64/13, tempo2007@meta.ua*

В статье описаны основные источники поступления двуокиси азота в атмосферный воздух больших городов. Рассмотрена временная динамика среднегодовых концентраций двуокиси азота в атмосфере г. Киева, проанализирован уровень загрязнения данной примесью в разных частях города, установлена повторяемость случаев превышения двуокисью азота максимально-разовой и среднесуточной предельно-допустимых концентраций (ПДК). Наивысшие концентрации двуокиси азота наблюдались в центральной части города в некоторые месяцы теплого периода. Частота случаев превышения ПДК в воздухе обычно достигала 50%, а в теплый сезон 2012 г. концентрация NO<sub>2</sub> в воздухе была очень высокой и превышала ПДК в 100% случаев на всех станциях мониторинга. Исследования показали, что в теплый сезон года в воздухе г.Киева регулярно наблюдаются повышенные концентрации двуокиси азота, которые являются прекурсорами фотохимического смога, что при благоприятных метеорологических условиях может привести к формированию этого негативного феномена в атмосфере города.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, двуокись азота, превышение предельно-допустимой концентрации, динамика уровня загрязнения.

*Дата першого подання:* 07.10.2015

*Дата надходження остаточної версії:* 23.11.2015

*Дата публікації статті:* 26.11.2015