

М.Н. Жуков, І.Р. Стахів, А.В. Клипа

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЄВА ШКІДЛИВИМИ РЕЧОВИНАМИ ЗА 2001–2010 РР.

Проведено аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря м. Києва за період 2001–2010 рр. Рівень забруднення у місті залишається високим, головним джерелом забруднення є автотранспорт. Уперше відмічено особливість періодичної зміни тривалого зростання забруднення на спадання. Оцінка періоду в межах статистичної похибки не суперечить гіпотезі про зв'язок з циклом сонячної активності. Вперше запропоновано математичну модель такого зв'язку та обчислено оцінки функцій регресії, для яких кореляційне відношення становить 0,8–0,9. Оцінено рівні перевищення гранично допустимої середньорічної концентрації формальдегіду, пилу, оксиду вуглецю та діоксиду азоту.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднювальні речовини, гранично допустима концентрація (ГДК), лінійно-циклічна складова.

Вступ. Згідно з аналізом стану повітряного середовища Києва, незважаючи на скорочення обсягів промислових викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, динаміка рівня забруднення приповерхневого шару атмосфери у місті продовжує залишатися негативною. Зростає частка забруднення атмосфери автотранспортними джерелами. За даними Головного управління статистики за 2000–2010 рр. [2], вона становить у Києві 84 % усього обсягу забруднення. Переважну частину складають діоксиди вуглецю та азоту, сірка, вуглеводні, бенз(а)пірен, діоксини, поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Не викликає сумніву актуальність досліджень, спрямованих на оцінку рівня забруднення атмосферного повітря м. Києва та прогнозування його подальшого стану. Результати дослідження мають скласти наукову основу для завчасного попередження негативних наслідків впливу на здоров'я населення, впровадження превентивних заходів щодо посилення позитивної і мінімізації негативної дії метеорологічних факторів на рівень забруднення атмосфери на стадіях проектування міської забудови та схем розміщення промислових об'єктів і транспортних систем.

Обсяги викидів від автотранспорту мають тенденцію зростання забруднення до критичних рівнів, що ставить проблему на провідне місце серед екологічних проблем м. Києва. Джерела, які могли хоча б частково компенсувати нанесену шкоду, — об'єкти природно-заповідного фонду — також зазнають масштабних втрат [12]. Знищення зелених зон позбавляє місто здатності регенерації повітря.

Метою дослідження є викладення результатів дослідження динаміки вмісту шкідливих домішок в атмосферному повітрі м. Києва за період 2001–2010 рр. та оцінка тенденцій зміни його стану.

Київ має потужний промисловий комплекс різногалузевих підприємств, здебільшого з недосконалою енерго- та ресурсовитратними технологіями і переважно без належного очищення викидів. Із стаціонарних джерел найбільшу частку в забрудненні атмосфери міста вносять підприємства енергетики: Закрите акціонерне товариство (ЗАТ) “Енергогенеруюча компанія «Дартеплоцентрально»”, “Теплоелектроцентрально № 5 Київенерго” (ТЕЦ-5), ТЕЦ-6, теплові мережі “Київенерго”, філія державного комунального підприємства “Київжитлотеплокомуненерго” “Житлотеплоенерго Київенерго” та філія заводу “Енергія Київенерго” [13]. Проте основним джерелом забруднення атмосферного повітря в м. Києві, як і в інших великих містах України, залишається автомобільний транспорт [2].

З кожним роком автотранспорт все більше впливає на погіршення стану довкілля. Поряд із щоденним потоком автотранспортних засобів місцевої реєстрації у забрудненні повітряного басейну значний внесок роблять транзитний автотранспорт, а також автомобілі, що прибувають у столицю з інших міст на довгостроковий період. Негативний вплив громадського пасажирського транспорту на екологію столиці є відносно незначним, істотну частку перевезень здійснюють транспортом з електричними двигунами. Так, питома вага перевезень пасажирів транспортом становить, %: трамваєм — 12,7; тролейбусом — 20,4; автобусом — 24,9; метро — 42 [12]. Подальше скорочення маршрутних таксомоторів у пасажирських перевезеннях столиці сприятиме зниженню негативної тенденції у екологічному стані атмосфери міста.

Підприємством, що виконує найбільш регулярне та систематичне обстеження повітря, є “Центральна геофізична обсерваторія МНС Ук-

раїни” (ЦГО МНС), яка люб’язно надала матеріали, що використані в цій статті. Обсерваторія проводить моніторинг забруднення атмосферного повітря на 16 стаціонарних постах у 8 районах м. Києва. Заміри виконують кожного дня в 7.00 та 19.00 год.

За 2001–2010 рр. відібрано і проаналізовано в загальному підрахунку 132 563 проби [11]. Визначали вміст основних забруднювальних домішок – завислих речовин (пилу), діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту і формальдегіду. Відбір та аналіз проб атмосферного повітря проводили, згідно з вимогами РД52.04.186-89 “Руководство по контролю загрязнення атмосфери” [4–9].

Результати дослідження. Для дослідження багаторічної динаміки викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря міста було використано, в тому числі, дані Головного управління статистики у м. Києві за 2000–2010 рр. щодо викидів від стаціонарних джерел та автотранспорту [10].

Забруднення атмосферного повітря міста автотранспортом характеризується вираженою негативною тенденцією, із стаціонарних джерел головним забруднювачем є промислова діяльність (рис. 1). Згідно з [10], станом на 2010 р. у Києві викиди в атмосферне повітря здійснювали 428 підприємств.

У табл. 1 наведено шкалу для оцінки рівня та ступеня небезпечності забруднення атмосферного повітря, відповідно до “Державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць” (Міністерство охорони здоров’я України) [3], у табл. 2 – перелік забруднювальних ре-

човин, гранично допустиму концентрацію (ГДК) і клас небезпеки. Згідно з класом небезпеки, найшкідливішою складовою забруднення атмосферного повітря Києва є оксид вуглецю (4-й клас).

Дані щодо сумарних викидів забруднення атмосферного повітря м. Києва, які надала Центральна геофізична обсерваторія, відображені на рис. 2. До складу сумарних викидів входять середньорічні концентрації кожної забруднювальної речовини (мг/м³). На рис. 2 видно, що максимальний рівень забруднення спостерігався у 2004 р. (2,44 мг/м³). Починаючи з 2005 р. рівень забруднення поступово зменшувався до 2009 р., а в 2010 р. знову збільшився.

Динаміку забруднення атмосферного повітря ілюструє рис. 3.

Як показала попередня оцінка даних щодо динаміки забруднення окремими складовими, простежується чітко виражена особливість: зміна тривалого періоду зростання на спадання. Цей досить несподіваний і вперше встановлений нами факт суперечить розповсюдженій думці про монотонно зростаючий характер динаміки вмісту забруднювачів і приводить до гіпотези про лінійно-циклічний характер цієї динаміки.

Для опису лінійно-циклічної складової використана функція регресії

$$F_r(x) = F_n(x) + F_c(x) = D_0x + D_1 + D_2 \sin \frac{2\pi(x + D_3)}{D_4}, \quad (1)$$

де D_0 – тангенс кута нахилу прямої; D_1 – висота підняття прямої вздовж осі Оу; D_2 – амплітуда синусоїди; D_3 – зсув по горизонталі синусоїди;

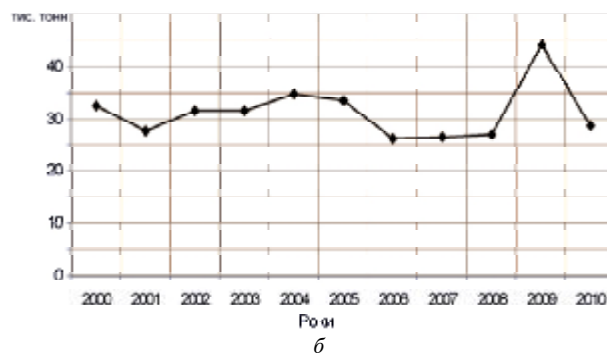
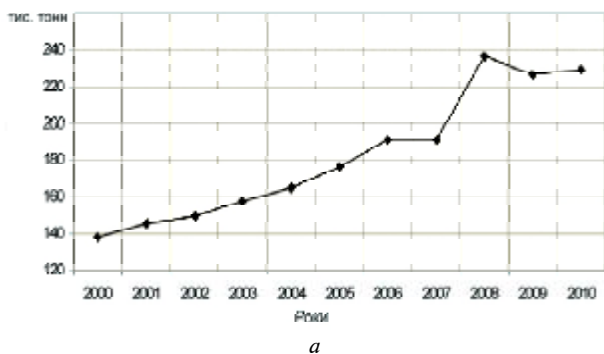


Рис. 1. Динаміка обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря м. Києва від автотранспорту (а) та стаціонарних джерел (б) за 2000–2010 рр.

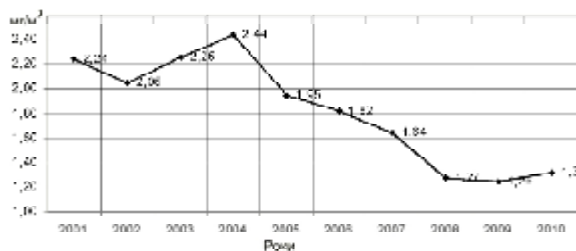


Рис. 2. Динаміка сумарної кількості викидів забруднювальних речовин (мг/м³) в атмосферне повітря м. Києва за 2001–2010 рр. (за даними ЦГО МНС України)

Таблиця 1. Шкала для оцінки рівня та ступеня небезпечності забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДК
Допустимий	1. Безпечний	< 1
Недопустимий	2. Слабко небезпечний	> 1–2
Недопустимий	3. Помірно небезпечний	> 2–4,4
Недопустимий	4. Небезпечний	> 4,4–8
Недопустимий	5. Дуже небезпечний	> 8

Таблиця 2. Значення ГДК забруднювальних речовин атмосферного повітря м. Києва

Речовина	Середньодобова концентрація, мг/м ³	Максимальна разова концентрація, мг/м ³	Клас небезпеки
Формальдегід	0,003	0,035	2
Діоксид азоту	0,04	0,2	2
Завислі частинки (пил)	0,15	0,5	3
Діоксид сірки	0,05	0,5	3
Оксид вуглецю	3,0	5,0	4

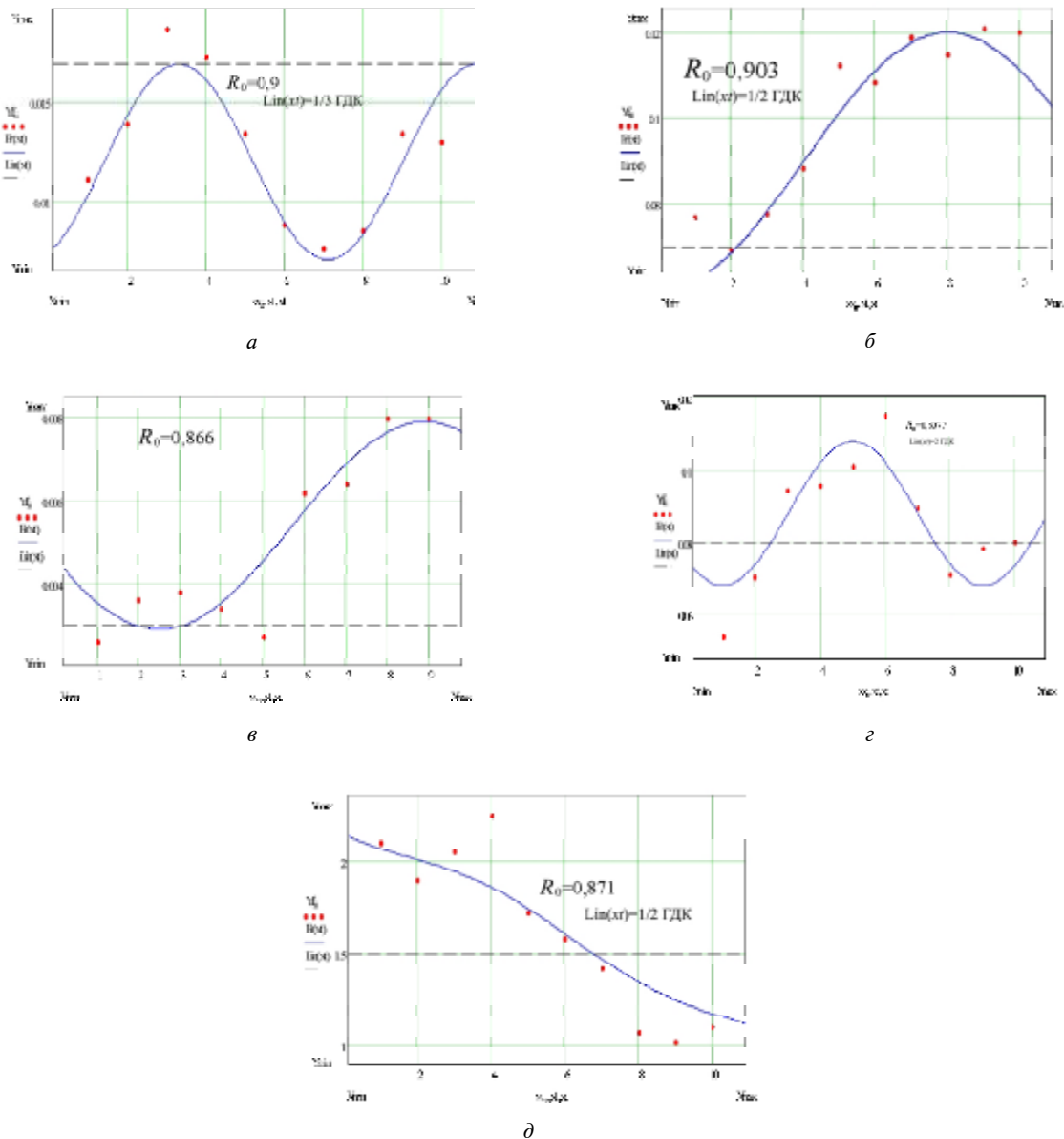


Рис. 3. Оцінка циклічно-лінійної складової динаміки концентрацій забруднювальних за період 2001–2010 рр.: а – діоксиду сірки; б – пилу; в – формальдегіду; г – діоксиду азоту; д – оксиду вуглецю; Y_{f_i} – спостереження; $Fr(xt)$ – циклічно-лінійна складова; $Lim(xt)$ = значення ГДК; R_0 – кореляційне відношення

D_4 – повний період. Функція має лінійну та циклічну складові:

$$F_n(x) = D_0x + D_1, \quad F_u(x) = D_2 \sin \frac{2\pi(x + D_3)}{D_4}.$$

Для оцінки параметрів регресії (1) автори створили програмний модуль мінімізації квадратичного функціонала у варіанті рівноточних спостережень, яким забезпечується знаходження його абсолютного мінімуму у 4-вимірному координатному просторі ($0D_0, 0D_1, 0D_2, 0D_3$). Наведені нижче оцінки автори одержали за допомогою цього модулю. Як видно з графіків (рис. 3), існує великий період можливої циклічності (в межах 10–20 років). Його можна пояснити складною взаємодією факторів техногенного навантаження та природної компенсації, у яких велику роль відіграють, зокрема, природні процеси в атмосфері, пов'язані, ймовірно, із циклами сонячної активності та її метеорологічними наслідками. Оцінки кореляційного відношення у межах 0,8–0,9 свідчать про явно не випадковий та чітко виражений характер цього зв'язку.

Як видно на рис. 3, б, змінення середнього рівня забруднення атмосферного повітря міста пилом має стійку тенденцію до зростання. Найзначнішим є зростання, що розпочалося в 2005 р. і тривало до 2010 р. Мінімальне значення протягом досліджуваного періоду було зафіксовано на рівні $0,07 \text{ мг/м}^3$ в 2007 р. Українською небезпечною є тенденція стійкого перевищення ГДК середньорічними вмістами формальдегіду (рис. 3, в) та діоксиду азоту (рис. 3, г), а також критичне наближення до ГДК середньорічних рівнів вмісту пилу і особливо небезпечної домішки – оксиду вуглецю (рис. 3, б, д).

Перевищення ГДК діоксиду азоту у 2,2; 2,5; 2,7 рази спостерігалось відповідно у 2003, 2005 та 2006 рр. Перевищення ГДК формальдегіду відмічено у 2009 та 2010 рр. у 2,7 рази і у 2003 р. – утричі. За таких середньорічних рівнів з урахуванням статистичного розподілу, згідно з попередніми оцінками, площа столиці, на якій зафіксовано суттєве перевищення ГДК, має сягати значних розмірів. Автори в ході подальших досліджень мають намір розробити технологію стійкої оцінки таких площ. Відповідно, як показано С. Вижвою і М. Жуковим [1], збільшується рівень захворюваності дорослого населення і дітей через екологічні чинники хворобами: органів дихання, легенів, крові, ендокринної системи, алергічного та хронічного риніту, хронічного бронхіту, бронхіальної астми, а також хворобами серцево-судинної системи.

Як видно на рис. 3, а, забруднення атмосферного повітря міста діоксидом сірки за період 2001–2010 рр. відзначалося періодом стрімкого

зниження концентрації з 2006 до 2008 рр. (удвічі) та подальшого її зростання – 2003–2004 рр.

Оксид вуглецю є найнебезпечнішою домішкою. Забруднення атмосферного повітря міста оксидом вуглецю за 2001–2010 рр. характеризується слабкою тенденцією до зниження, яка в межах статистичної похибки може насправді бути тенденцією стабілізації або навіть слабкого підвищення. На фоні загальної тенденції виділено два періоди: з 2001 до 2010 р. – зростання концентрації забруднювальної домішки; з 2005 до 2010 р. – її зниження (рис. 3, д).

Як видно з рис. 3, в, зміна середнього рівня забруднення атмосферного повітря міста формальдегідом також має тенденцію до зростання із вираженою циклічною складовою. Стрімке зниження концентрації забруднювальної домішки зафіксовано з 2001 до 2006 р. (утричі), проте для 2003 р. показник забруднення був найвищий. Період з 2007–2010 рр. характеризується зростанням концентрації формальдегіду.

Висновки. Динаміка забруднення атмосферного повітря м. Києва пилом, діоксидом сірки, оксидом вуглецю, діоксидом азоту і формальдегідом залишається негативною. Зафіксовано виражену особливість: зміну тривалого періоду зростання на спадання, яка суперечить поширеній думці про монотонно зростаючий характер динаміки вмісту забруднювачів і приводить до гіпотези про лінійно-циклічний характер цієї динаміки. Виявлено тенденцію стійкого перевищення ГДК середньорічними вмістами формальдегіду та діоксиду азоту, а також критичне наближення до ГДК середньорічних рівнів вмісту пилу і вуглецю.

За таких середньорічних рівнів з урахуванням статистичного розподілу, згідно з попередніми оцінками, площа столиці, на якій рівень ГДК суттєво перевищений, сягатиме значних розмірів, тому потребує кількісної оцінки в ході моніторингу навколишнього середовища.

1. *Вижва С.А.* Критичний стан повітряного середовища Києва, прогнозні оцінки впливу на 2012 рік / С.А. Вижва, М.Н. Жуков // *Геоінформатика*. – 2008. – № 4. – С. 69–78.
2. *Держкомстат* України. – К.: Гол. управління статистики у м. Києві. 2011. – 789 с.
3. *Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами):* № 201 від 09.07.97. – К.: Мін-во охорони здоров'я України, 1997. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=803>.
4. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы:* РД 52.04. 186-89. – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – 789 с.
5. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы:* РД 52.04. 186-89, методика 5.2.6. – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – С. 181–182.

6. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04. 186-89, методика 5.2.7.2.* – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – С. 196–198.
7. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04. 186-89, методика 6.5.2.* – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – С. 322–324.
8. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04. 186-89, методика 5.2.1.3.* – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – С. 100–104.
9. *Руководящий документ. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04. 186-89, методика 5.3.3.6.* – М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1991. – С. 267–270.
10. *Статистичний щорічник міста Києва за 2010 рік.* – К., 2011. – С. 517–519.
11. *Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними державної системи спостережень гідрометслужби за 2010 р.* – К.: ЦГО, 2011. – Рукопис.
12. *Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О.О. Косовиці.* – К.: Інтерпрес ЛТД, 2010. – Вип. 6 (20). – 112 с.
13. *Екологічний паспорт Києва (2010 р.).* – [Електрон. ресурс] / Мін-во екології та природ. ресурсів України. – Режим доступу: http://menr.gov.ua/ecopasport/Kyiv_ecopasport_2010.doc – Загол. з екрана.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
E-mail: fatix@ukr.net*

Надійшла до редакції 05.09.2012 р.

Н.Н. Жуков, И.Р. Стахив, А.В. Клыпа

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КИЕВА ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ЗА 2001–2010 гг.

Проведен анализ динамики загрязнения атмосферного воздуха г. Киева за период 2001–2010 гг. Уровень загрязнения в городе остается высоким, главным источником загрязнения является автотранспорт. Впервые замечена особенность периодической смены продолжительного роста загрязнения его снижением. Оценка периода в пределах статистической погрешности не противоречит гипотезе о связи с циклом солнечной активности. Впервые предложена математическая модель указанной закономерности и найдены оценки функций регрессии, для которых корреляционное отношение составляет 0,8–0,9. Проведена оценка уровней превышения предельно допустимой среднегодовой концентрации формальдегида, пыли, оксида углерода и диоксида азота.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, предельно допустимая концентрация (ПДК), линейно-циклическая составляющая.

M.N. Zhukov, I.R. Stakhiv, A.V. Klypa

SOME FEATURES OF AIR POLLUTION DYNAMICS OF CONTAMINANTS IN KYIV FROM 2001 TO 2010

The analysis of air pollution dynamics in Kyiv during 2001 and 2010 was conducted. The level of pollution in the city remains high. The main source of pollution is vehicles. For the first time it is seen a decrease of air pollution. The period assessment within the statistical error does not contradict the hypothesis of connection with the solar activity cycle. For the first time a mathematical model of this regularity is proposed and regression functions with the correlation ratio of 0,8–0,9 is estimated. The estimation of annual maximum permissible concentration of formaldehyde, dust, carbon monoxide and nitrogen dioxide was made.

Keywords: air, contaminants, maximum permissible concentration (MPC), linear-cyclical components.