

Розділ 1. ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 502.3:504.5

О.Г. Шевченко¹, к. геогр. н., М.І. Кульбіда², к. геогр. н., С.І. Сніжко¹, д. геогр. н.,
Л.С. Щербуха², Н.О. Данілова¹, асп.

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² Український гідрометеорологічний центр

РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЄВА ФОРМАЛЬДЕГІДОМ

В статті описані основні джерела надходження формальдегіду в атмосферне повітря великих міст. Розглянуто часову динаміку середньорічних концентрацій формальдегіду в атмосфері м. Києва, проаналізовано рівень забруднення повітря цією домішкою в різних частинах міста, встановлено повторюваність випадків перевищення формальдегідом максимально-разової та середньодобової гранично допустимих концентрацій.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, формальдегід, перевищення гранично допустимої концентрації, динаміка рівня забруднення.

Вступ. Високі концентрації формальдегіду в повітрі великих міст останнім часом стають серйозною проблемою. Ще в 1992 р. Каліфорнійське природоохоронне агентство (Cal/EPA) ідентифікувало формальдегід як токсичну забруднювальну речовину. В 1987 р. та повторно в 1995 р. Міжнародне агентство дослідження раку виявило, що формальдегід має канцерогенний вплив на людей та тварин. В 1987 р. Агентство із захисту навколишнього середовища США (U.S. EPA) на основі серії дослідів на щурах з виявленням раку носоглотки класифікувало формальдегід як ймовірний канцероген для людини та розрахувало для нього так званий потенційний фактор канцерогенності, який використовується в розрахунках ризиків впливу навколишнього середовища на організм людини.

В Україні та країнах СНД в якості гігієнічного нормативу для формальдегіду, як і для інших атмосферних забруднювальних речовин, використовують величини середньої добової гранично допустимої концентрації (ГДКс.д.) та максимально разової гранично допустимої концентрації (ГДКм.р.).

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я у повітрі міст середній вміст формальдегіду коливається в межах від 1 до 20 мкг/м³, проте, у випадку інтенсивного автомобільного руху або несприятливих метеорологічних умов для розсіювання цієї домішки (приземні інверсії, високі температури повітря) її вміст може досягати 100 мкг/м³ (0,1 мг/м³) [18]. В [16] зазначається, що в районі м.Сан-Франциско концентрації формальдегіду коливаються від 1,23 до 105 мкг/м³, хоча найчастіше спостерігаються концентрації в діапазоні від 4 до 43 мкг/м³.

Для більшості міст Білорусії у формування індексу забруднення атмосфери основний внесок здійснює саме формальдегід (його частка становить від 51 до 90 %) [3]. В столиці Білорусії – м. Мінськ в 2012 р. лише в 0,15 % проб вміст формальдегіду перевищував ГДКм.р. Проте на всіх станціях контролю забруднення повітря фіксувалися незначні перевищення ГДКм.р. (в 1,1–1,2 раза), найвищі концентрації складали 1,5 – 3,4 ГДКм.р. [5]. Варто відзначити, що в 2010 р. Міністерство охорони здоров'я Білорусії розробило та ввело нові нормативи гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі [6], згідно цих нормативів ГДКс.д. у чотири рази вища, ніж

відповідний український норматив і становить $0,012 \text{ мг/м}^3$, в той час як ГДКм.р. навіть дещо нижче (приблизно на 15 %) і становить $0,030 \text{ мг/м}^3$.

За даними [1] за десять років (1996–2005 рр.) кількість російських міст, в яких середньорічна концентрація формальдегіду перевищує ГДКс.д. зросла з 94 до 120; у Москві це перевищення дуже значне і за даними Московського ЦГМС-Р в 2012 р. сягнуло величини 5,3 ГДК [12].

В Україні в 2010 р. у 86 % від кількості міст, де проводились спостереження за вмістом формальдегіду, спостерігалось перевищення ГДК за середньорічними концентраціями, в окремих містах середньорічні концентрації сягали 5 ГДК і вище (Лисичанськ, Маріуполь, Рубіжне, Северодонецьк, Дніпродзержинськ і Одеса) [15], в Києві середньорічна концентрація становила 2,7 ГДК. Враховуючи те, що формальдегід є алергеном та канцерогеном, може спричинити до виникнення онкологічних захворювань та здійснює на організм людини загальнотоксичну дію, дослідження його вмісту у повітрі (особливо густозаселених районів), основних джерел надходження та фотохімічних реакцій за його участю набувають особливої актуальності, адже, знання цих особливостей дадуть змогу наблизитися до вирішення проблеми прогнозування та зниження концентрацій цієї домішки у повітрі.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню якості атмосферного повітря міст України останнім часом приділяється немало уваги [8–9, 14]. Більшість робіт присвячені комплексній оцінці рівня забруднення окремих міст чи регіонів, в яких серед інших домішок також розглядається вміст формальдегіду у повітрі. Проте окремі роботи українських вчених сфокусовані на дослідженні лише цієї домішки. Наприклад, в [4] ретельно розглянуто одне з основних джерел надходження формальдегіду в атмосферне повітря – автомобільний транспорт; Беляєва І.В., Орлова С.А., Боробова Н.А. [2] здійснили детальне дослідження забруднення атмосферного повітря м. Донецька формальдегідом. Для Києва, в якому протягом останніх років спостерігається підвищення концентрацій цієї домішки, аналогічні дослідження не проводилися.

Матеріали та методи досліджень. Для виконання даної роботи було використано матеріали строкових спостережень Державної гідрометеорологічної служби України за вмістом формальдегіду на 10 стаціонарних постах м. Києва за період 2008–2012 рр. Дослідження багаторічної динаміки забруднення атмосферного повітря міста формальдегідом здійснено за даними ЦГО (використана інформація про середньорічні концентрації за період з 1998 по 2012 рр.). З метою вивчення основних джерел надходження формальдегіду нами було проаналізовано вітчизняну та зарубіжну наукову літературу, присвячену даній проблемі.

Виклад основного матеріалу. *Джерела надходження формальдегіду в атмосферне повітря.* Формальдегід належить до атмосферних забруднювальних речовин, що надходять в повітря від значної кількості різноманітних джерел. Какарека С.В. та Мальчихина А.В. [7] виділяють такі групи джерел надходження формальдегіду в атмосферне повітря:

1. *Підприємства, що використовують формальдегід у своїй діяльності.* Формальдегід використовується при виробництві деревної продукції; ізоляційних матеріалів з карбомідоформальдегідних матеріалів; мінеральної вати та скловати; паперової продукції; лаків та фарб; текстилю; продуктів для чистки та догляду; дезінфікуючих засобів та консервантів; косметики. В металургії формальдегід використовується в якості антикорозійної речовини для металу, в ливарному виробництві він входить до складу в'язучих речовин для виробництва стрижнів. Крім того, джерелами забруднення повітря формальдегідом є плавильні агрегати, печі термічної обробки та сушки для форм і ковшів. В сільському господарстві формальдегід використовується як фумігант для профілактики плісняви та гнилі в

зерні. Пари формальдегіду застосовують в птахівництві для дезінфекції інкубаційних яєць та обладнання. В харчовій промисловості формальдегід використовується для зберігання сухих продуктів, риби та деяких масел і жирів, дезінфекції контейнерів [6].

2. *Стаціонарне спалювання палива та відходів.* Формальдегід утворюється завдяки фотохімічному окисленню вуглеводнів чи інших попередників, що вивільняються в процесі горіння як проміжний продукт. Зі збільшенням температури горіння реакційної суміші викиди формальдегіду збільшуються [7].

3. *Пересувні джерела.* Джерелом викидів формальдегіду від автотранспорту є вихлопні гази, в складі яких міститься більше цієї домішки порівняно з викидами стаціонарних установок, що спалюють паливо. Це спричинено тим, що в двигунах внутрішнього згорання тривалість горіння обмежена частками секунди, а холодні стінки камери перешкоджають повному згоранню пального, що призводить до викидів продуктів неповного згорання.

В [4] зазначається, що обсяги надходження формальдегіду в атмосферне повітря від різних автомобілів значною мірою визначаються типом пального – найбільша кількість цієї забруднювальної речовини надходить в повітря від автомобілів, що працюють на метані (табл. 1). Утворення формальдегіду з природного газу активно відбувається за високого тиску та високих температур. Саме такі умови спостерігаються при спалюванні природного газу у циліндрі двигуна, крім того, ще додається вплив стінок металу циліндра, в якому відбувається процес. Згідно ланцюгової теорії Семенова-Гіншельвуда [4], металеві стінки сприяють обриву ланцюгів при протіканні окислення природного газу і замість утворення кінцевих продуктів окислення утворюється проміжний продукт – формальдегід.

Таблиця 1 – Вміст окремих забруднювальних речовин (мг/м^3) у вихлопних газах автомобілів, що використовують різне паливо (за [4])

Речовина	Тип палива		
	Газ метан	Бензин А-80	Бензин А-95
Формальдегід	0,177	0,057	0,074
Оксид азоту	0,242	0,102	0,058
Діоксин азоту	0,180	0,051	0,077
Сірчистий газ	0,008	0,147	0,008
Оксид вуглецю	10,0	60	12,0

Саме зі зростанням частки автомобільного транспорту, який працює на природному газі, і може бути пов'язано підвищення концентрацій формальдегіду у повітрі міст України [4], що спостерігається протягом останніх 5–7 років.

4. *Матеріали, що містять формальдегід* (відбувається його випаровування).

5. *Міські пожежі, звалища побутових та промислових відходів.*

6. *Природні джерела.*

За традиційною класифікацією, що використовується для всіх джерел забруднювальних домішок атмосфери, джерела формальдегіду можна розподілити на дві основні групи – природні та антропогенні. Крім того, в кожній з цих груп виділяють первинні та вторинні джерела [13].

До *первинних природних* джерел належать лісові пожежі та виділення тваринами (хоча в [20] відзначається, що оскільки на сьогоднішній день тваринництво та насадження/знищення лісів перебувають під сильним впливом людини, то ці джерела можна зарахувати до природних лише умовно), також до цієї групи джерел належать виділення рослинами та вулканічні гази. Значно більша частка формальдегіду в природі

формується з *вторинних джерел* – при фотоокисленні різноманітних органічних сполук біологічного походження. Одним з основних попередників формальдегіду у фоновій атмосфері є метан (при фотоокисленні метану в атмосфері формальдегід утворюється як проміжний продукт).

Серед *антропогенних первинних джерел* надходження формальдегіду в атмосферне повітря основними є стаціонарні установки для спалювання викопного палива (серед яких провідна роль належить теплоелектростанціям), сміттєспалювальні заводи, а також двигуни внутрішнього згорання. Помітним є внесок споруд біологічної очистки стічних вод, підприємств нафтохімії, вугільної промисловості, виробництва пластмас, деревообробки [13].

Органічні сполуки практично усіх класів фотоокислюючись в атмосфері, утворюють формальдегід (або інші карбонільні сполуки). Відповідно цей процес є важливим *вторинним антропогенним джерелом* утворення формальдегіду у великих містах та промислових регіонах. Основними антропогенними джерелами викидів вуглеводнів, крім вихлопних газів автомобілів, є випаровування бензину, природного та зрідженого газу, нафтопереробка, лакофарбова промисловість, виробництво поліетилену.

В [13] зазначається, що оскільки формальдегід належить до реакційно здатних сумішей, то його вміст в атмосфері формується як результат динамічної рівноваги між джерелами та стоками. Тривалість перебування в атмосфері визначається процесами фоторозкладу та взаємодією з реакційно здатними частинками. Тривалість перебування формальдегіду значною мірою визначається інтенсивністю сонячної радіації (яка залежить від географічної широти місцевості і висоти Сонця над горизонтом) і може суттєво відрізнятись в різні сезони та частини доби.

Утворення формальдегіду в реакційній суміші за умов близьких до атмосферних зафіксовано в процесах фотохімічного окислення метану, етану, ізопрену, етилену, 1-бутену, пропілену, ізопрену, толуолу, алкенів C₅-C₈, метанолу, диметилсульфіду, стиrolу, окремих ацетиленових вуглеводнів [13]. За наявності в повітрі оксидів азоту утворення формальдегіду з органічних домішок відбувається за участі атомів кисню та озону, що утворюються в результаті фотолізу NO₂. Ці процеси відбуваються в безвітряну ясну сонячну погоду – за метеорологічних умов, що сприяють накопиченню домішок та подальшим їх трансформаціям.

Отже, у великих містах надходження формальдегіду в атмосферне повітря формується за рахунок первинних джерел (тобто – безпосередньо із джерел викидів) та вторинних (утворення цієї забруднювальної домішки з прекурсорів за сприятливих умов внаслідок фотохімічних реакцій в атмосфері).

Джерела забруднення атмосферного повітря м. Київ. 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 87,3 % і 12,7 % на стаціонарні. У структурі викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності переважають викиди, спричинені виробництвом та розподілом електроенергії, газу та води, їх частка в 2011 р. становила близько 83 %. 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 "Житло теплоенерго" та філіал заводу з термічної переробки побутових відходів "Енергія". Основні стаціонарні джерела характеризуються досить нерівномірним територіальним розміщенням.

Викиди від пересувних джерел у Києві майже повністю формуються за рахунок викидів від автомобільного транспорту. Виділяють кілька типових елементів міської

інфраструктури, в яких розташовані місця інтенсивних викидів в атмосферне повітря від автотранспорту: міська автомагістраль, міське перехрестя та вуличний каньйон (автомагістраль, що обмежена з обох боків високими будівлями – чим менша ширина каньйону, тим вищими можуть бути концентрації). До локального забруднення менших масштабів призводять викиди, що здійснюються на автостоянках та в глухих подвір'ях і подвір'ях-колодязях.

Отже, 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. Саксаганського, Бесарабська пл., Набережне шосе, бульв. Тараса Шевченка, просп. та пл. Перемоги, Червонозоряний просп., бульв. Івана Лепсе, просп. Комарова, Московська пл. На окремих з них інтенсивність руху понад 3000 автомобілів за годину, на Хрещатику майже 5,5 тис. автомобілів [10].

Динаміка вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі Києва. З метою встановлення основних тенденцій вмісту формальдегіду в повітрі Києва були проаналізовані часові ряди середньорічних концентрацій по місту за період 1998–2012 рр. (рис. 1).

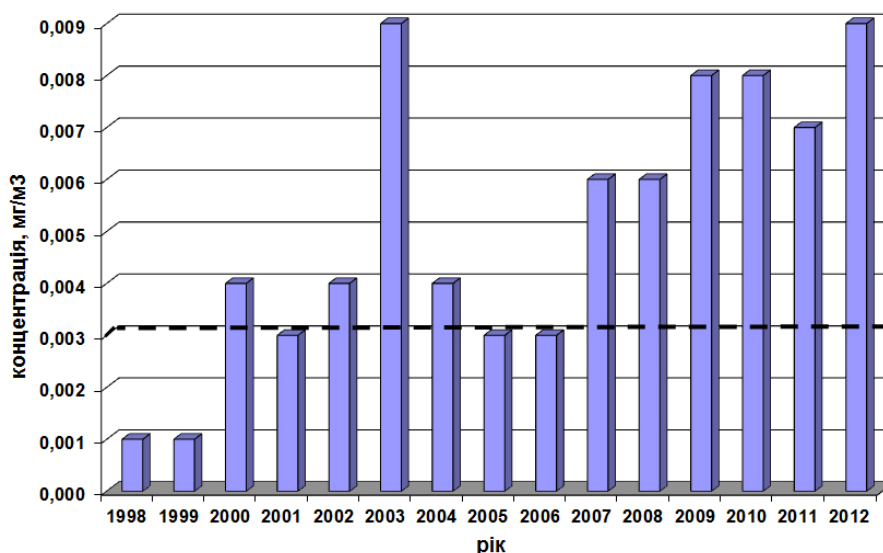


Рис.1. – Динаміка середньорічних концентрацій формальдегіду в повітрі м. Києва за 1998–2012 рр.

До 2008 р. в динаміці концентрацій формальдегіду складно встановити односпрямовану тенденцію. Проте, починаючи з 2008 р. зафіксовано поступове зростання рівня забруднення цієї домішкою в Києві. Найвищі середньорічні концентрації за період 1998–2012 р. спостерігалися в 2003 та 2012 рр. і становили 0,009 мг/м³. Варто відзначити, що середньодобова гранично допустима концентрація для формальдегіду становить 0,003 мг/м³, отже, починаючи з 2007 р. в Києві середньорічна концентрація формальдегіду постійно перевищує даний санітарно-гігієнічний норматив в два та більше рази.

Попередній аналіз вихідних даних та результати досліджень для інших міст [1] показали, що концентрації формальдегіду в зимовий період є невисокими і не створюють потенційної загрози для населення міст (що спричинено переважанням похмурої погоди у помірних широтах та незначним надходженням сонячної радіації і, відповідно, слабкою інтенсивністю перебігу фотохімічних реакцій, які здійснюють

значний внесок у надходження формальдегіду в атмосферу міст). В Римі в літній період формальдегід, що утворився шляхом фотохімічних реакцій в атмосфері міста, становить приблизно 80–90 %, а в зимовий період його частка знижується до 35 % [19]. В [2] зазначається, що в Донецьку найвищі концентрації формальдегіду відмічаються в травні–вересні, а в 2009 р. середньомісячні концентрації квітня та травня і вересня та жовтня відрізнялися майже в 2 рази. Дані ЦГО [15] також свідчать про підвищення середньомісячного вмісту формальдегіду у повітрі міст України з квітня по вересень. Саме тому нами для здійснення даного дослідження було обрано частину року з травня по вересень включно (як період, найбільш сприятливий для фотохімічного утворення формальдегіду в атмосфері).

В Києві спостереження за вмістом формальдегіду в атмосферному повітрі проводяться на 12 постах спостереження за забрудненням (ПСЗ) (табл. 2), розташованих в різних районах міста. Будь-який пост працює за програмою, що розроблена спеціально для нього (з урахуванням місця розташування, близькості до джерел викидів, інших чинників). На постах м. Києва спостереження виконуються за повною (01, 07, 13 та 19 години) або скороченою програмою (7 та 19 години) протягом всього року, крім неділь та святкових днів. Спостереження за вмістом формальдегіду проводяться за повною програмою на всіх постах, окрім ПСЗ № 21 (скорочена програма). Концентрації формальдегіду на ПСЗ № 5 почали вимірювати лише з 2012, на ПСЗ № 20 – з 2011 р., Оскільки ряди даних на цих постах налічують лише 1–2 роки, тобто є значно коротшими від інших та не відповідають вимогам щодо тривалості періоду осереднення даних моніторингу атмосфери для оцінки рівня забруднення [11], нами в цьому дослідженні дані цих двох ПСЗ не використовуються.

Таблиця 2 – Розташування постів спостережень за забрудненням в м. Києві, на яких вимірюють концентрації формальдегіду

№ ПСЗ	Місце розташування
ПСЗ № 1	вул. Стражеска (на перетині з бульв. Івана Лепсе, Борщагівка)
ПСЗ № 2	вул. Довженка, 8 (поблизу ст.м. Шулявська)
ПСЗ № 3	вул. Попудренка, 50 (неподалік від ст.м. Чернігівська)
ПСЗ № 5	просп. Науки, 37
ПСЗ № 6	пл. Перемоги
ПСЗ № 7	пл. Бесарабська
ПСЗ № 8	бульв. Лесі Українки, 29
ПСЗ № 9	вул. Каунаська, 10а (район Ленінградської пл.)
ПСЗ № 11	просп. Перемоги, 98/2 (перетин просп. Перемоги та вул. акад. Туполєва, біля ст.м. Святошин)
ПСЗ № 17	просп. Оболонський, 14
ПСЗ № 20	пл. Московська
ПСЗ № 21	вул. Скляренка, 5 (Куренівка)

Всі пости, дані яких були використані для даного дослідження, розташовані поблизу насичених автомобільних доріг, серед них немає жодного ПСЗ, розташованого в межах паркових зон, тому, відповідно, концентрації формальдегіду на різних постах не будуть відрізнятися суттєво як, наприклад, для двоокису азоту (усереднені концентрації на різних ПСЗ відрізняються більш ніж у 3 рази [14]). Слід зазначити, що

дані ПСЗ № 5 (який розташований в межах зеленої зони на певній відстані від доріг та інших джерел викидів), коли тривалість періоду спостережень задовольнятиме вимоги до усереднення даних, будуть дуже корисними для об'єктивної оцінки рівня забруднення повітря частин міста, що не перебувають під прямим впливом джерел.

Усереднення концентрацій для обраних ПСЗ за період досліджень показало, що найвищий вміст формальдегіду спостерігається на Бесарабській площі (ПСЗ № 7), хоча в 2009 р. вміст формальдегіду найвищим був на площі Перемоги (ПСЗ № 6) (табл. 3). Різниця між найвищою та найнижчою концентрацією по місту, як і варто було очікувати, незначна (від 1,2 раза в 2009 та 2010 рр. до 1,7 раза в 2008 р.). Найнижчі концентрації відмічаються на Борщагівці (ПСЗ № 1), а в окремі роки також на бульварі Лесі Українки (ПСЗ № 8).

Таблиця 3 – Середня концентрації за травень-вересень 2008–2012 р. на різних ПСЗ Києва

Рік/ПСЗ	1	2	3	6	7	8	9	11	17	21
2008	0,006	0,009	0,007	0,010	0,011	0,008	0,008	0,010	0,008	0,007
2009	0,011	0,013	0,012	0,014	0,013	0,012	0,012	0,013	0,013	0,012
2010	0,011	0,012	0,011	0,012	0,014	0,011	0,011	0,012	0,012	0,013
2011	0,009	0,011	0,011	0,010	0,012	0,009	0,010	0,011	0,010	0,010
2012	0,012	0,014	0,012	0,014	0,017	0,012	0,013	0,014	0,013	0,015
Середнє	0,010	0,012	0,011	0,012	0,013	0,010	0,011	0,012	0,011	0,011

В середньому концентрації формальдегіду є однаковими в літні місяці і дещо нижчими в травні та вересні (на 24 % та 36 % відповідно) (табл. 4). Проте, якщо проаналізувати середньомісячні концентрації окремого року, то максимуми спостерігаються і в червні (2011 р.), і у липні (2008, 2012 рр.), і у серпні (2009, 2010 рр.). Оскільки обсяги викидів від автотранспорту не зазнають різких змін протягом літніх місяців, то зростання концентрацій формальдегіду в окремі місяці спричинено перш за все погодними чинниками (переважанням синоптичної ситуації, що була сприятливою для перебігу фотохімічних реакцій та формування формальдегіду чи несприятливою). Наприклад, в 2010 р. найвища середньомісячна концентрація формальдегіду спостерігалася у серпні – за даними [21] з 31 липня по 17 серпня 2010 р. в Києві спостерігалася найпотужніша за столітній період хвиля тепла, що характеризувалася високими температурами повітря та малохмарною погодою зі слабкими вітрами – саме такі умови є оптимальними для накопичення домішок-попередників та утворення формальдегіду в результаті фотохімічних реакцій у забрудненій міській атмосфері.

Таблиця 4 – Концентрації формальдегіду у повітрі м. Києва в різні місяці

Місяць/Рік	2008	2009	2010	2011	2012	Середнє
Травень	0,009	0,009	0,009	0,010	0,012	0,010
Червень	0,009	0,015	0,012	0,017	0,011	0,013
Липень	0,010	0,010	0,013	0,012	0,018	0,013
Серпень	0,009	0,016	0,017	0,007	0,015	0,013
Вересень	0,007	0,012	0,008	0,005	0,010	0,008

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. До того ж, різні домішки за однакових концентрацій в повітрі, будуть спричинювати різний ступінь негативного впливу на довкілля та людей. 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 середньодобовими 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, формальдегід – це токсична речовина II класу небезпеки, ГДК с.д. формальдегіду становить $0,003 \text{ мг/м}^3$, а ГДК м.р. – $0,035 \text{ мг/м}^3$.

Аналіз повторюваності випадків перевищення ГДК м.р. формальдегідом у місті Київ за останні п'ять років показав, що в 2008–2009 рр. не спостерігалось жодного випадку перевищення даного нормативу. В 2010 р. випадки перевищення ГДК м.р. спостерігалися лише в літні місяці – в червні–липні лише на ПСЗ № 2, 7, 9 та 17 і характеризувалися повторюваністю 1–3 %, в серпні перевищення були зафіксовані на всіх ПСЗ міста, на яких проводяться спостереження за вмістом формальдегіду в повітрі, їх повторюваність становила 2–7 % (як вже зазначалося вище, підвищений вміст даної забруднювальної речовини в повітрі в серпні можна пояснити дуже потужною хвилею тепла [21]). В 2011 р. перевищення ГДК м.р. спостерігалися в Києві в червні та липні майже на всіх постах з повторюваністю 1–4,8 %, 1–5,8 % відповідно, в інші місяці перевищення не спостерігалися. В 2012 р., на відміну від інших досліджуваних років, ГДК м.р. було перевищено не лише в літні місяці, а також в травні та вересні на окремих ПСЗ міста (повторюваність перевищення 1–7,1 % та 1 % відповідно). Крім того, в липні та серпні 2012 р. перевищення були зафіксовані на всіх постах (повторюваність 5,8–11,1 % та 1–12,5 %). Отже, аналіз перевищення ГДК м.р. показав, що разові виміряні концентрації в травні–вересні 2012 р. були найвищими порівняно з аналогічним періодом за попередні роки.

Розрахунок середньодобових концентрацій та нормування їх на ГДК с.д. показав, що в Києві в окремі роки влітку концентрації формальдегіду щодня перевищують даний гігієнічний норматив майже на всіх постах – 2010 та 2012 р. (табл. 5). Найнижча повторюваність випадків перевищення ГДК с.д. протягом досліджуваного періоду спостерігалася у 2011 р. – 100-відсоткова повторюваність зафіксована лише на окремих ПСЗ і не в усі місяці.

Нормування концентрацій формальдегіду 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 3 ГДК с.д. та 5 ГДК с.д. Передусім варто відмітити, що за травень–вересень 2008–2012 рр. спостерігалось усього чотири випадки, коли протягом місяця на посту не було зафіксовано перевищення 3 ГДК с.д. (червень 2008 р. ПСЗ № 1, вересень 2011 р. ПСЗ № 2, 8, 9). Значно частіше спостерігалася повторюваність випадків перевищення 3 ГДК с.д., що дорівнювала 100 %. Наприклад, у липні 2012 р. вона була зафіксована на усіх постах, за винятком № 6 та 21, де становила 96,2 % та 92,3 % відповідно; в червні 2009 р. на ПСЗ № 2, 3, 7 та 9, а також ще кілька випадків на різних ПСЗ у різні місяці.

Найнижча кількість випадків перевищення 5 ГДК с.д. спостерігалася у 2008 р. – на більшості постів концентрації, що перевищують даний показник не були зафіксовані взагалі, проте, на посту № 7 такі випадки спостерігалися у всі місяці і їх повторюваність варіювалася від 7,7 % у вересні до 21,7 % у червні, на деяких інших ПСЗ варіювалася від 3,7 % до 8,7 %. В серпні 2009 р., серпні 2010 р., червні 2011 р. та липні 2012 р. на всіх ПСЗ повторюваність випадків перевищення 5 ГДК с.д. була вищою або близькою до 50 % (окремі випадки – понад 80 %).

Таблиця 5 – Повторюваність випадків перевищення ГДК с.д. на постах спостереження за забрудненням міста Києва

Рік	Місяць	ПСЗ									
		1	2	3	6	7	8	9	11	17	21
2008	5	95,8	100,0	91,7	100,0	100,0	91,7	95,0	100,0	95,8	95,8
	6	100,0	100,0	95,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	7	-*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-
	8	100,0	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,0	100,0	100,0	92,0
	9	65,4	96,2	76,9	-	96,2	88,5	96,2	100,0	96,2	84,6
2009	5	69,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,7	100,0
	6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	7	85,2	85,2	85,2	85,2	-	85,2	86,7	88,9	100,0	92,6
	8	100,0	100,0	100,0	100,0	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	9	96,2	96,2	96,2	96,2	100,0	96,2	92,9	96,2	96,2	96,2
2010	5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,5	100,0	100,0	100,0	90,9
	6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,2	100,0	100,0	100,0	-
2011	5	87,0	100,0	78,3	100,0	-	-	-	-	-	-
	6	91,7	100,0	91,7	100,0	100,0	95,7	91,7	100,0	95,8	100,0
	7	61,5	88,5	64,7	92,3	92,3	80,8	65,4	96,2	88,5	92,3
	8	76,9	84,6	-	84,6	96,2	73,1	80,8	100,0	84,6	88,5
	9	88,5	88,5	-	88,5	100,0	88,5	84,6	96,2	84,6	88,5
2012	5	100,0	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	-	-	-	-	-	-	-
	7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	8	100,0	100,0	100,0	96,2	100,0	96,2	100,0	100,0	100,0	100,0
	9	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Якщо у віконці таблиці немає цифри – 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.

Висновки. Вміст формальдегіду в атмосферному повітрі Києва переважно визначається двома основними джерелами – викидами від автотранспорту та утворенням внаслідок фотохімічних реакцій за сприятливих умов з прекурсорів. Динаміка вмісту цієї забруднювальної речовини в повітрі міста є позитивною, поступове зростання концентрацій призвело до того, що в 2010 р. середньорічна концентрація перевищувала ГДК с.д. майже у 3 рази. В Києві в окремі роки влітку

концентрації формальдегіду щодня перевищують середньодобову гранично допустиму концентрацію майже на всіх постах. В окремі місяці спостерігалися випадки стовідсоткової повторюваності перевищення 3 ГДК с.д. і 22-відсоткової – перевищення 5 ГДК с.д. на деяких ПСЗ, що свідчить про формування екстремально високих концентрацій даної домішки в повітрі міста і серйозної загрози здоров'ю населення. По території міста найвищий вміст формальдегіду спостерігається в районі Бесарабської площі, хоча значних амплітуд між концентраціями на різних постах не зафіксовано.

Перелік використаних джерел

1. *Безуглая Э.Ю., Воробьева А.И., Ивлева Т.П., Махоткина Е.Л.* Потепление как возможная причина повышения химической активности атмосферного воздуха городов // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2008. – Вып. 557. – С. 159–184.
2. *Беляева И.В., Орлова С.А., Боробова Н.А.* Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха города Донецка формальдегидом // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Сборник трудов международной научно-практической конференции. Донецк, 26–28 мая 2010 г. – С.78–82.
3. *Галай Е.И.* Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Витебска формальдегидом // Материалы VII международной конференции «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы». Белоруссия, Минск, 10–11 апреля 2009 г. – С. 146–148.
4. *Гомонай В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С.* Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України // Екологічний вісник. – 2007. – №1 (41). – С. 10–12.
5. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. 2012 год. Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosfernogo-vozduha.-2012-god/g.-minsk.html> – назва з екрану.
6. *Какарека С.В., Аиурко Ю.Г.* Анализ и оценка источников выбросов формальдегида в атмосферный воздух на территории Беларуси // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 75–82.
7. *Какарека С. В., Мальчихина А. В.* Оценка источников и уровней поступления формальдегида в атмосферный воздух (на примере г. Гомеля) // Природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 07–115.
8. *Кіптенко Є.М., Козленко Т.В.* Вплив метеорологічних умов забруднення повітря у промислових містах України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – № 13. – С. 208–216.
9. *Лоева І.Д., Грудєв П.Х., Демчишина Н.М.* Оцінка антропогенного навантаження на повітряний басейн м. Одеси // Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – 2004. – Вып. 48. – С. 279–286.
10. *Обухан К.І., Пригода Ю.Г.* Гігієнічна оцінка забруднень повітря на вулицях м. Києва залежно від інтенсивності автотранспортного руху // Гігієна населених місць. – 2003. – Вып.42. – С.39–43.
11. *Руководство по контролю* загрязнения атмосферы / отв.ред. М.Е. Берлянд, Г.И. Сидоренко. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 448 с.
12. *Росгидромет центральное управление* по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Состояние загрязнения окружающей среды за 2012 год.

- [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://ecomos.ru/kadr22/sostojaniezagrosgod.asp> – назва з екрану.
13. Скубневская Г.И., Дульцева Г.Г. Загрязнение атмосферы формальдегидом.– Новосибирск, 1994.–70 с.
 14. Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. – К. : Обрії, 2011. – 297 с.
 15. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними державної системи спостережень гідрометслужби за 2010 рік. – К.:ЦГО, 2011. – 68 с.
 16. *Final report on the identification of formaldehyde as a toxic air contaminant.* Staffs of the Air Resources Board and the Office of Environmental Health Hazard Assessment. – San Francisco, 1992. – 46 p.
 17. *Graedel T.E.* Carbonyl compounds in the atmosphere // *Chemical compounds in the atmosphere.* – L.: Academic Press, 1978. – 158 p.
 18. *Environmental Health Criteria for Formaldehyde.* – 1989. – Vol. 89. World Health Organization, Geneva, Switzerland. – 168 p.
 19. *Possanzini M., Di Palo V., Cecinato A.* Sources and photodecomposition of formaldehyde and acetaldehyde in Rome ambient air // *Atmospheric Environment.* – 2002. – Vol.36. – Issue 19. – P. 3195–3201.
 20. *Seinfeld J.H.* Atmospheric chemistry and physics of air pollution. – N.Y.: John Willey, 1986. – 738 p.
 21. *Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H.* Long-term analysis of heat waves in Ukraine // *International Journal of Climatology.* – 2013. – DOI: 10.1002/joc.3792.

**Уровень загрязнения атмосферного воздуха города Киева формальдегидом
Шевченко О.Г., Кульбида М.И., Снежко С.И., Щербуха Л.С., Данилова Н.О.**

В статье описаны основные источники поступления формальдегида в атмосферный воздух больших городов. Рассмотрена временная динамика среднегодовых концентраций формальдегида в атмосфере г. Киева, проанализирован уровень загрязнения данной примесью в разных частях города, установлена повторяемость случаев превышения формальдегидом максимально-разовой и среднесуточной предельно-допустимых концентраций.

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

Formaldehyde concentrations in ambient air in Kyiv city.

O. Shevchenko, M. Kulbida, S. Snizhko, L. Shcherbukha, N. Danilova

In the article main formaldehyde emissions sources in a big cities was analysed. Shown the temporal dynamics of average annual concentrations of formaldehyde in Kiev city, analyzed concentration of this pollutant in different part of the city and frequency of cases of maximum allowable concentration exceeding.

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