

Розділ 1. ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 502.3:504.5

С.І. Сніжко, д. геогр. н., О.Г. Шевченко, к. геогр. н., Н.О. Данілова
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА СУЧАСНОГО РІВНЯ ТА ТЕНДЕНЦІЙ ЗАБРУДНЕННЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ УКРАЇНИ

В статті досліджено сучасний рівень та основні тенденції забруднення атмосферного повітря міст України формальдегідом. Розроблено класифікації міст України за кратністю перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК), напрямом та інтенсивністю часової зміни концентрацій формальдегіду у повітрі міст.

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

Вступ. Формальдегід є газоподібною забруднювальною речовиною, вміст якої у повітрі регулюється як природними процесами (лісові пожежі, вулканічні гази, виділення рослинами і тваринами), так і антропогенною діяльністю (викиди теплових електростанцій, промислових підприємств, сміттєспалювальних заводів, двигунів внутрішнього згорання), а також процесами фотохімічного окислення інших забруднювальних речовин прекурсорів (метану, етану, ізопрену, етилену, 1-бутену, пропілену, ізопрену, толуолу, алкенів C₅-C₈, метанолу, диметилсульфіду, стиролу, окремих ацетиленових вуглеводнів) [9] у приземному шарі атмосфери. За наявності в повітрі оксидів азоту, що є типовим для великих промислових міст України зі значною кількістю автотранспорту, 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 і формуванню фотохімічного смогу.

Високі концентрації формальдегіду в повітрі великих міст останнім часом стають серйозною проблемою. Навіть такі незначні концентрації формальдегіду у повітрі як 100 част. на мільярд призводять до значного подразнення слизової оболонки очей, носової порожнини, горла. Якщо його концентрація збільшується до 100 част. на мільйон, він стає вкрай небезпечним для людського життя та здоров'я. Агентством із захисту навколишнього середовища США (U.S. EPA) формальдегід класифікується як ймовірний канцероген для людини з мінімальною разовою інгаляційною дозою 1,3·10⁻⁵ мкг/м³. Якщо середня життєва інгаляційна доза формальдегіду досягає чи перевищує 8 мкг/м³, то шанс розвитку раку оцінюється величиною 1/10000 [14].

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 даної домішки (приземні інверсії, високі температури повітря) її вміст може досягати 100 мкг/м³ (0,1 мг/м³) [13].

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 (ГДК с.д.) та максимальної разової гранично допустимої концентрації (ГДК м.р.). Відповідно до документів, що

регламентують вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць України, ГДК с.д. формальдегіду становить $0,003 \text{ мг/м}^3$, а ГДК м.р. – $0,035 \text{ мг/м}^3$.

За даними Центральної геофізичної обсерваторії (ЦГО) в Україні в 2010 р. у 86 % 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) [12], в Києві середньорічна концентрація становила 2,7 ГДК. Аналогічна екологічна проблема існує і в інших містах СНД, зокрема у Москві [1, 8], у Мінську [4, 5].

Враховуючи токсичність та канцерогенність формальдегіду, його постійну присутність у атмосферному повітрі міст, виникає потреба дослідити реальний рівень забруднення атмосферного повітря міст України формальдегідом, встановити тенденції його зміни у часі, виконати диференціацію міст за рівнем забруднення та темпами його зростання. Ці питання є ключовими для проведення поглиблених досліджень забруднення повітря українських міст формальдегідом.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню якості атмосферного повітря міст України останнім часом приділяється немало уваги [6–7, 10]. Більшість робіт присвячена 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 [3] 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. Дослідження забруднення повітря м. Києва формальдегідом виконали співробітники Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Українського гідрометцентру [11]

Матеріали та методи досліджень. Для виконання даної роботи було використано матеріали узагальнень поточного моніторингу забруднення атмосферного повітря, виконані фахівцями ЦГО за період з 1998 по 2012 рр.

Для дослідження застосувалися класичні методи прикладної математичної статистики (оцінка статистичних параметрів розподілу концентрацій, побудова часових трендів за методом найменших квадратів, графічні методи візуалізації рівнів забруднення повітря формальдегідами), які були реалізовані за допомогою доступних програм “MS-Excell” та “Statistica-8.0”.

Аналіз особливостей часової динаміки концентрацій формальдегідів виконувався на основі досліджень їх лінійних трендів для різних міст із залученням додаткових розрахункових показників, зокрема:

- 1) абсолютного приросту концентрації формальдегідів за період досліджень

$$\Delta C_{\text{абс}} = C_{\text{к}} - C_{\text{п}} \quad (1)$$

де $\Delta C_{\text{абс}}$ – абсолютний приріст концентрації, мг/м^3 ;

$C_{\text{к}}$ – осереднене значення концентрації (визначається за встановленим трендом) в кінці періоду спостереження, мг/м^3 ;

$C_{\text{п}}$ – осереднене значення концентрації (визначається за встановленим трендом) на початку періоду спостереження, мг/м^3 ;

- 2) відносного приросту концентрації формальдегіду за період досліджень

$$\Delta C_{\text{від}} = \Delta C_{\text{абс}} / C_{\text{п}} \times 100\% \quad (2)$$

де $\Delta C_{\text{від}}$ – середній відносний приріст, %;

3) швидкості зміни концентрації

$$V_{\Delta C} = \Delta C_{\text{абс}} / \Delta T, \quad (3)$$

де $V_{\Delta C}$ – швидкість зміни, (мг/м³)/рік;

ΔT – період досліджень, роки.

Виклад основного матеріалу. Для встановлення реальних рівнів забруднення атмосферного повітря міст України формальдегідом нами були виконані деякі узагальнення доступних даних мережі моніторингу забруднення повітря в Україні. Використовуючи стандартні статистичні програми, було розраховано, зокрема, середні ($C_{\text{сер}}$), мінімальні ($C_{\text{мін}}$) та максимальні значення ($C_{\text{мах}}$) і коефіцієнти варіації (V , %) середніх річних концентрацій формальдегіду в 43 містах України (табл. 1).

Таблиця 1 – Статистичні характеристики рівня забруднення міст України формальдегідом.

Місто	$C_{\text{сер}}$	$C_{\text{мін}}$	$C_{\text{мах}}$	V , %	Місто	$C_{\text{сер}}$	$C_{\text{мін}}$	$C_{\text{мах}}$	V , %
Одеса	0,018	0,014	0,022	15,3	Макіївка	0,006	0,005	0,008	16,0
Лисичанськ	0,014	0,004	0,019	34,4	Рівне	0,006	0,003	0,013	47,6
Дніпродзержинськ	0,014	0,009	0,020	27,8	Херсон	0,006	0,002	0,010	43,4
Ужгород	0,013	0,009	0,026	36,4	Сімферополь	0,006	0,004	0,007	13,2
Маріуполь	0,013	0,005	0,023	42,4	Чернівці	0,005	0,004	0,009	31,1
Луцьк	0,013	0,007	0,018	27,6	Севастополь	0,005	0,005	0,006	13,9
Красноперекіпськ	0,013	0,007	0,017	28,7	Кременчук	0,005	0,002	0,010	53,9
Северодонецьк	0,012	0,007	0,017	23,5	Київ	0,005	0,001	0,009	53,5
Рубіжне	0,012	0,007	0,017	24,2	Львів	0,005	0,001	0,010	49,5
Армянськ	0,012	0,006	0,016	27,9	Запоріжжя	0,004	0,002	0,007	38,1
Слов'янськ	0,012	0,007	0,021	33,0	Хмельницький	0,004	0,002	0,006	32,8
Миколаїв	0,011	0,010	0,013	9,4	Суми	0,004	0,003	0,004	7,1
Світловодськ	0,010	0,006	0,022	46,1	Кіровоград	0,004	0,003	0,004	14,1
Краматорськ	0,010	0,007	0,015	22,4	Ізмаїл	0,003	0,002	0,008	57,8
Черкаси	0,009	0,006	0,012	23,9	Керч	0,003	0,002	0,005	33,7
Луганськ	0,009	0,006	0,015	33,3	Полтава	0,003	0,002	0,004	21,8
Дзержинськ	0,009	0,004	0,014	32,0	Харків	0,003	0,002	0,004	17,8
Дніпропетровськ	0,009	0,004	0,013	26,2	Алчевськ	0,003	0,001	0,004	34,9
Єнакієве	0,008	0,005	0,012	27,6	Тернопіль	0,002	0,002	0,003	21,3
Горлівка	0,007	0,003	0,012	35,3	Вінниця	0,007	0,004	0,009	20,1
Кривий Ріг	0,007	0,004	0,010	29,4	Ялта	0,007	0,005	0,009	24,6
Донецьк	0,007	0,001	0,013	58,5					

Дані цієї таблиці свідчать, що за період досліджень максимальні з середніх річних концентрацій спостерігалися у таких містах як Ужгород (0,026 мг/м³ – перевищення ГДК майже у 9 разів), Маріуполь – 0,023 мг/м³, Одеса – 0,022 мг/м³, Світловодськ – 0,022 мг/м³, Слов'янськ – 0,021 мг/м³, Дніпродзержинськ – 0,020 мг/м³). Середні річні значення

концентрації були найвищими у Одесі – 0,018 мг/м³, Лисичанську і Дніпродзержинську – 0,014 мг/м³, Ужгороді, Маріуполі, Луцьку, Красноперекіпську – 0,013 мг/м³.

Значна варіація середніх річних концентрацій, наприклад, Донецьк – 58,5%, Київ – 53,5%, свідчить про значну міжрічну мінливість рівнів забруднення повітря формальдегідом, що, очевидно, пов'язано зі зміною співвідношення між внеском первинних і вторинних джерел цієї забруднювальної речовини.

На рис. 1 представлено перевищення ГДК середніми річними (за період з 1998 по 2012 рр.) концентраціями формальдегіду у 43 містах України.

Таким чином, можна констатувати, що лише в 4 містах України (1 % від усіх міст, в яких здійснюється моніторинг формальдегіду в атмосфері), забезпечується допустимий рівень забруднення повітря цією домішкою. В інших містах (99 %) – рівень забруднення стабільно перевищує гранично-допустимий (рис. 1).

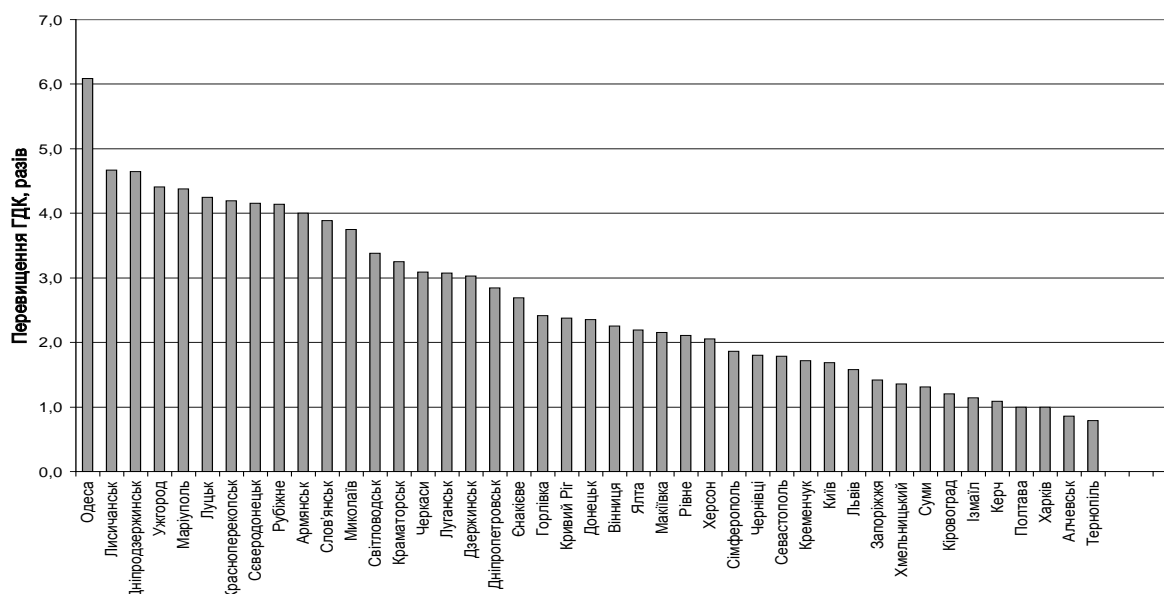


Рис. 1 – Перевищення ГДК середніми річними концентраціями формальдегіду у повітрі міст України.

На основі аналізу розрахункових даних та ранжованого ряду величин перевищення ГДК середніми річними концентраціями формальдегіду (рис.1), усі міста України за рівнем забруднення формальдегідом можна поділити на чотири групи (табл. 2).

Аналіз діапазону зміни середніх концентрацій формальдегіду у повітрі (рис. 2), свідчить, що у переважній більшості міст, в яких здійснюється моніторинг цієї домішки, навіть найнижчі із середніх концентрацій перевищують ГДК. Таких міст налічується 28. Розраховане і показане на рис. 2 пунктирною лінією середнє багаторічне значення концентрації формальдегіду для усієї групи досліджуваних міст, дозволяє встановити, що в Україні певна група міст не тільки характеризується високим рівнем концентрацій формальдегіду, який в рази перевищує ГДК, а й належить до групи міст, де забруднення набагато вище за середній рівень по країні. Це міста, які відповідно до табл. 2 належать до категорії 3–6 ГДК.

Таблиця 2 – Класифікація міст України за рівнем перевищення ГДК середніми річними концентраціями формальдегіду осередненими за багаторічний період (1998–2012 рр.)

Кратність перевищення ГДК			
< 1 ГДК (допустимий рівень забруднення)	1–2 ГДК (підвищений рівень забруднення)	2–3 ГДК (високий рівень забруднення)	3–6 ГДК (екстремально-високий рівень забруднення)
Полтава Харків Алчевськ Тернопіль	Керч ,Ізмаїл, Кіровоград, Суми, Хмельницький, Запоріжжя, Львів, Київ, Кременчук, Севастополь, Чернівці, Сімферополь	Херсон, Рівне, Макіївка, Ялта, Вінниця, Донецьк, Кривий Ріг, Горлівка, Єнакієве, Дніпропетровськ	Держинськ, Луганськ, Черкаси, Краматорськ, Світловодськ, Миколаїв, Слов'янськ, Армянськ, Рубіжне, Севєродонецьк, Красноперекопськ, Луцьк, Маріуполь, Ужгород, Дніпродзержинськ, Лисичанськ, Одеса

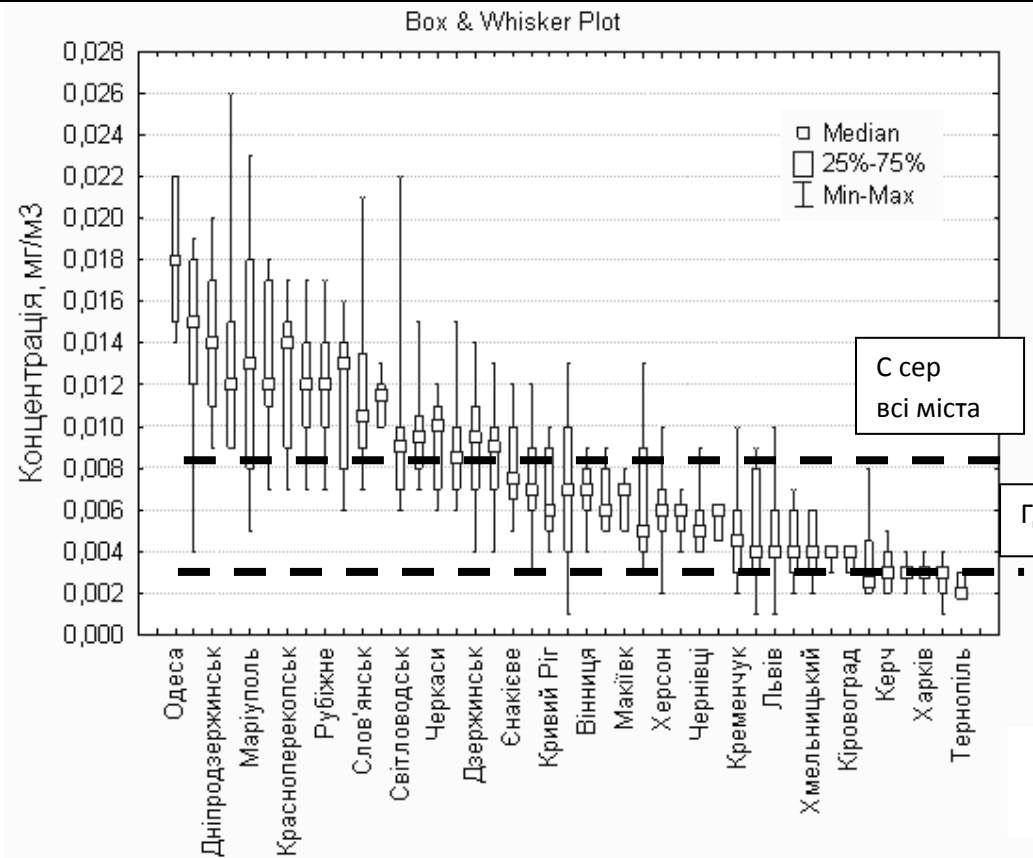


Рис. 2 – Медіанні значення, діапазони коливань середніх річних концентрацій формальдегіду у містах України за багаторічний період та порівняння їх з ГДК (пунктирна лінія) та середньою концентрацією за досліджуваний період по групі міст (пунктирна лінія), що підлягають моніторингу.

З метою встановлення сучасних часових тенденцій забруднення атмосферного повітря формальдегідами нами було досліджено зміну їх середніх річних концентрацій в 43

містах України за період з 1998 по 2012 рр. Для цього було побудовано графіки зміни концентрацій C в межах обраної часової шкали t та розраховані їх часові тренди за методом найменших квадратів (МНК), який дозволяє апроксимувати емпіричну залежність $C = f(t)$ будь-якою теоретичною лінійною чи криволінійною залежністю. МНК базується на положенні, що сума квадратів відхилень емпіричних спостережень y_i від правильно підібраної теоретичної лінії регресії \bar{y}_x повинна бути мінімальною, виходячи із можливості застосування різних апроксимуючих теоретичних функцій, тобто $\Sigma(y_i - \bar{y}_x)^2 = Q_{\min}$.

В якості теоретичної апроксимуючої моделі було використано рівняння лінійної регресії, тому що лінійний тренд має властивість характеризувати собою деякий осереднений динамічний рівень протікання процесу у часі. Його використання для всіх випадків (43 міста) дає змогу достатньо об'єктивно описати середній рівень забруднення атмосферного повітря формальдегідами у будь-який момент часу t , особливо на початку та в кінці досліджуваного періоду.

Приклад побудованих графіків $C = f(t)$ та графічний вигляд часових трендів типу $C = at + b$ (a – коефіцієнт регресії, b – вільний член, t – момент часу (рік)) показано на рис. 3, а числові характеристики усіх розрахованих трендів – в табл. 3.

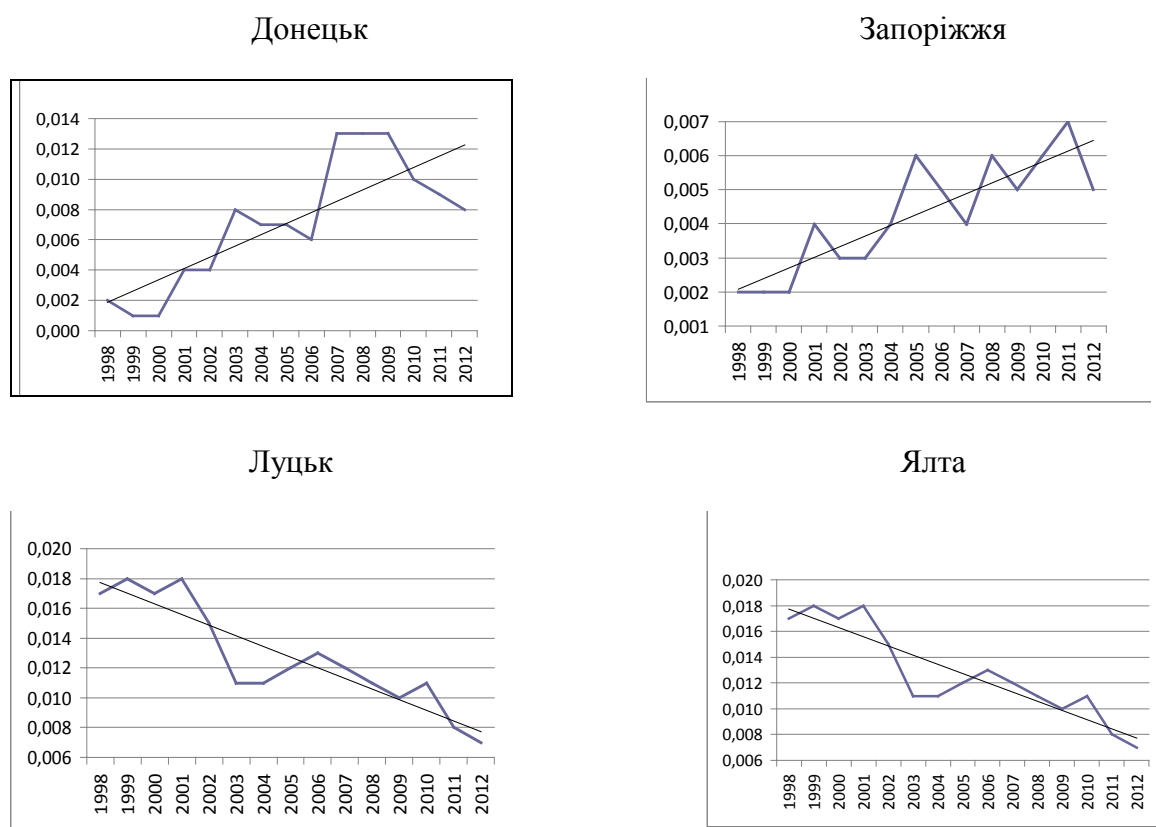


Рис. 3 – Приклади основних тенденцій зміни концентрацій (мг/м³) формальдегіду протягом 1998–2012 рр. у повітрі міст України.

В табл. 3 наведені дані про точність підбору апроксимуючого рівняння (R^2), осереднені за лінійним трендом рівні забруднення повітря формальдегідом на початку (C_n) та у кінці періоду (C_k) спостереження, осереднену абсолютну зміну концентрацій ($\Delta C_{\text{абс}}$) та середнє арифметичне значення за період досліджень ($C_{\text{сер}}$).

Таблиця 3 – Лінійні тренди часової динаміки середніх річних концентрацій формальдегіду у повітрі міст України протягом 1998–2012 рр. та їх розрахункові параметри

Місто	Рівняння тренда	R ²	C _п	C _к	ΔC _{абс}	C _{сер} (1998–2012)
Алчевськ	$y = -0,0002x + 0,0047$	0,78	0,004	0,002	-0,002	0,0026
Армянськ	$y = -0,0005x + 0,0163$	0,40	0,015	0,009	-0,006	0,012
Вінниця	$y = -8 \cdot 10^{-5}x + 0,0075$	0,06	0,007	0,006	-0,001	0,0068
Горлівка	$y = 0,0003x + 0,0042$	0,21	0,006	0,008	0,002	0,0073
Дзержинськ	$y = 0,0003x + 0,006$	0,16	0,008	0,011	0,003	0,0091
Дніпродзержинськ	$y = 0,0003x + 0,0117$	0,08	0,013	0,015	0,002	0,0139
Дніпропетровськ	$y = 0,0004x + 0,0057$	0,51	0,007	0,011	0,004	0,0085
Донецьк	$y = 0,0007x + 0,0012$	0,64	0,002	0,011	0,009	0,0071
Єнакієве	$y = 0,0002x + 0,0065$	0,07	0,0075	0,0085	0,001	0,0081
Запоріжжя	$y = 0,0003x + 0,0018$	0,73	0,002	0,006	0,004	0,0043
Ізмаїл	$y = -0,0005x + 0,008$	0,76	0,005	0,002	-0,003	0,0034
Керч	$y = 0,0002x + 0,0014$	0,86	0,002	0,005	0,003	0,0033
Київ	$y = 0,0005x + 0,0013$	0,60	0,002	0,008	0,006	0,0051
Кіровоград	$y = 7 \cdot 10^{-5}x + 0,0031$	0,36	0,003	0,004	0,001	0,0036
Краматорськ	$y = -5 \cdot 10^{-5}x + 0,0102$	0,01	0,01	0,0095	$-5 \cdot 10^{-4}$	0,0098
Красноперекопськ	$y = -0,0006x + 0,0175$	0,45	0,015	0,009	-0,006	0,0126
Кременчук	$y = -0,0004x + 0,0089$	0,45	0,007	0,003	-0,004	0,0051
Кривий Ріг	$y = 0,0004x + 0,004$	0,69	0,005	0,009	0,004	0,0071
Лисичанськ	$y = 0,0008x + 0,007$	0,58	0,012	0,018	0,006	0,014
Луганськ	$y = -0,0003x + 0,0115$	0,14	0,011	0,008	-0,003	0,0092
Луцьк	$y = -0,0007x + 0,0184$	0,83	0,015	0,009	-0,006	0,0127
Львів	$y = 0,0002x + 0,0033$	0,11	0,004	0,005	0,001	0,0047
Макіївка	$y = -0,0002x + 0,0088$	0,57	0,007	0,006	-0,001	0,0065
Маріуполь	$y = 0,0008x + 0,0068$	0,40	0,005	0,018	0,013	0,0131
Миколаїв	$y = 7 \cdot 10^{-5}x + 0,0106$	0,06	0,011	0,012	0,001	0,0113
Одеса	$y = -0,0005x + 0,0221$	0,59	0,02	0,015	-0,005	0,0183
Полтава	$y = 0,0001x + 0,0022$	0,50	0,0025	0,004	0,0015	0,003
Рівне	$y = -5 \cdot 10^{-5}x + 0,0067$	0,00	0,007	0,006	-0,001	0,0063
Рубіжне	$y = 0,0005x + 0,0085$	0,48	0,009	0,015	0,006	0,0124
Світловодськ	$y = -0,0007x + 0,0155$	0,41	0,015	0,006	-0,009	0,0101
Севастополь	$y = 7 \cdot 10^{-5}x + 0,0046$	0,10	0,005	0,006	0,001	0,0054
Сєверодонецьк	$y = 0,0004x + 0,0092$	0,39	0,01	0,015	0,005	0,0125
Сімферополь	$y = 0,0001x + 0,0048$	0,40	0,005	0,007	0,002	0,0056
Слов'янськ	$y = -0,0002x + 0,0134$	0,03	0,013	0,011	-0,002	0,0117
Суми	$y = -3 \cdot 10^{-5}x + 0,0042$	0,21	0,004	0,0035	$-5 \cdot 10^{-4}$	0,0039

Продовження табл. 3

Місто	Рівняння тренда	R ²	C _п	C _к	ΔC _{абс}	C сер (1998–2012)
Тернопіль	$y = -9 \cdot 10^{-5}x + 0,0025$	0,00	0,002	0,002	0	0,0024
Ужгород	$y = -2 \cdot 10^{-5}x + 0,0134$	0,00	0,0135	0,013	$-5 \cdot 10^{-4}$	0,0132
Харків	$y = -4 \cdot 10^{-5}x + 0,0033$	0,11	0,004	0,003	-0,001	0,003
Херсон	$y = 0,0005x + 0,0019$	0,49	0,003	0,009	0,006	0,0062
Хмельницький	$y = -4 \cdot 10^{-5}x + 0,0044$	0,02	0,005	0,004	-0,001	0,0041
Черкаси	$y = -0,0005x + 0,0129$	0,84	0,012	0,006	-0,006	0,0093
Чернівці	$y = -1 \cdot 10^{-5}x + 0,0062$	0,07	0,006	0,005	-0,001	0,0054
Ялта	$y = -0,0003x + 0,0098$	0,57	0,008	0,005	-0,003	0,0066

З таблиці видно, що часові тенденції розвитку процесів забруднення атмосферного повітря описуються як позитивними трендами (відбувається зростання концентрацій), так і негативними (концентрації зменшуються). Широкий діапазон зміни абсолютних значень коефіцієнтів лінійного тренда свідчить, що виявлені тенденції розвитку характеризуються ще й різним темпом (швидкістю) розвитку процесу у часі.

Слід зауважити, що не у всіх випадках лінійні рівняння з статистичної точки зору правильно відображають часовий розвиток процесу забруднення повітря формальдегідами (низькі значення критерію R²), але переважна більшість підібраних теоретичних моделей задовільно описує емпіричні залежності. Їх використання для встановлення середніх порівняльних рівнів забруднення є цілком прийнятним. Обмеження на використання цих залежностей можуть бути накладені лише у випадку екстраполяції рівнів забруднення, де використання невдало підібраних моделей може спотворити реальний можливий розвиток процесів.

З метою детального аналізу сучасних тенденцій зміни концентрацій формальдегіду у повітрі міст України на основі отриманих лінійних залежностей було виконано ряд розрахунків, які, зокрема, дозволили визначити за рівнянням 2 значення величин відносної зміни концентрацій формальдегіду у повітрі міст України за багаторічний період. Ранжування цих даних та їх графічна обробка дозволили побудувати рис. 4, який дає дуже чітку візуальну диференціацію основних тенденцій забруднення повітря у містах України.

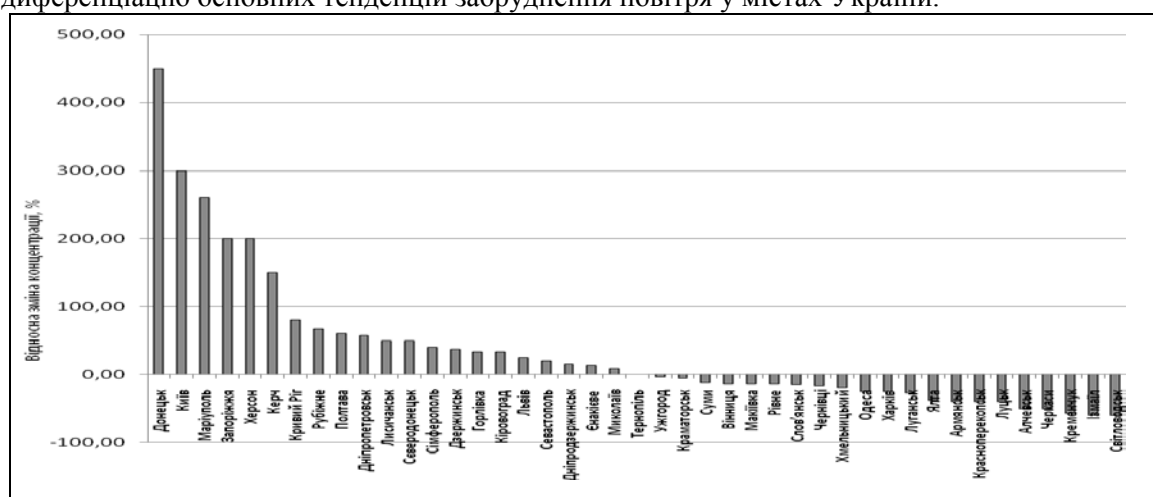


Рис.4 – Ранжовані значення величин відносної зміни концентрацій формальдегіду у повітрі міст України.

Використовуючи рис. 4 можна виділити 3 групи міст з чітко вираженими особливостями часового перебігу процесів забруднення повітря формальдегідами (табл.4).

Таблиця 4 – Групи міст з різними особливостями часового перебігу процесів забруднення повітря формальдегідами

Група 1: збільшення концентрацій		Група 2: без змін	Група 3: зменшення
Підгрупа 1а (збільшення $\geq 100\%$)	Підгрупа 1б (збільшення 10–100 %)		
Донецьк Київ Маріуполь Запоріжжя Херсон Керч	Кривий Ріг Рубіжне Полтава Дніпропетровськ Лисичанськ Северодонецьк Сімферополь Держинськ Горлівка Кіровоград Львів Севастополь Дніпродзержинськ Єнакієве	Миколаїв Тернопіль Ужгород Краматорськ	Суми Вінниця Макіївка Рівне Слов'янськ Чернівці Хмельницький Одеса Харків Луганськ Ялта Армянськ Красноперекіпськ Луцьк Алчевськ Черкаси Кременчук Ізмаїл Світловодськ

Результати узагальнення свідчать про те, що збільшення забруднення повітря формальдегідами спостерігається в 20 містах (46,5 %) із 43 досліджених. Особливе занепокоєння викликають виявлені тенденції до різкого збільшення концентрацій формальдегідів у таких містах як Донецьк (450 %), Київ (300%), Маріуполь (260 %), Запоріжжя (200 %), Херсон (200 %) та Керч (150 %). Очевидно, що це пов'язано зі шкідливими викидами промисловості та транспорту в цих містах.

В 4 містах (9,3 %) зміни рівня забруднення повітря формальдегідом не виявлено. Хоча певні коливання концентрацій цієї забруднювальної речовини з року в рік тут спостерігаються. До цієї групи також були віднесені і ті міста, де спостерігалися статистично не значущі тенденції до зменшення чи збільшення концентрацій.

В 19 (44,2%) містах простежуються статистично значущі тенденції до зниження концентрацій.

Слід мати на увазі, що відносна стабілізація забруднення повітря (міста 2 групи) та зменшення забруднення (міста 3 групи) відбуваються в переважній більшості випадків на фоні високих абсолютних концентрацій формальдегіду, що перевищують ГДК (особливо в теплий період року).

Інтенсивність цих процесів в усіх трьох групах значно відрізняється. На рис. 5 представлено ранжовані значення швидкості зміни рівня забруднення атмосфери

формальдегідами (з урахуванням багаторічних тенденцій) в досліджуваних містах, які були розраховані за формулою (3).

Величини цього показника незначні і коливаються в межах від $-0,0006$ до $0,0008$ мг/м³ на рік. Найбільші додатні значення цього показника характеризують зміну концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі у таких містах як Маріуполь, Донецьк, Херсон, Київ, Лисичанськ, а найбільші від'ємні – у Світловодську, Армянську, Красноперекіпську, Черкасах, Луцьку. Швидкості зміни концентрацій є досить низькими, тому помітного ефекту стосовно покращення екологічної ситуації найближчим часом очікувати не доводиться. Наприклад, при збереженні існуючої тенденції та інтенсивності зниження концентрації формальдегіду у м. Луцьк досягнення рівня ГДК без проведення додаткових природоохоронних заходів можливе лише через 25 років.

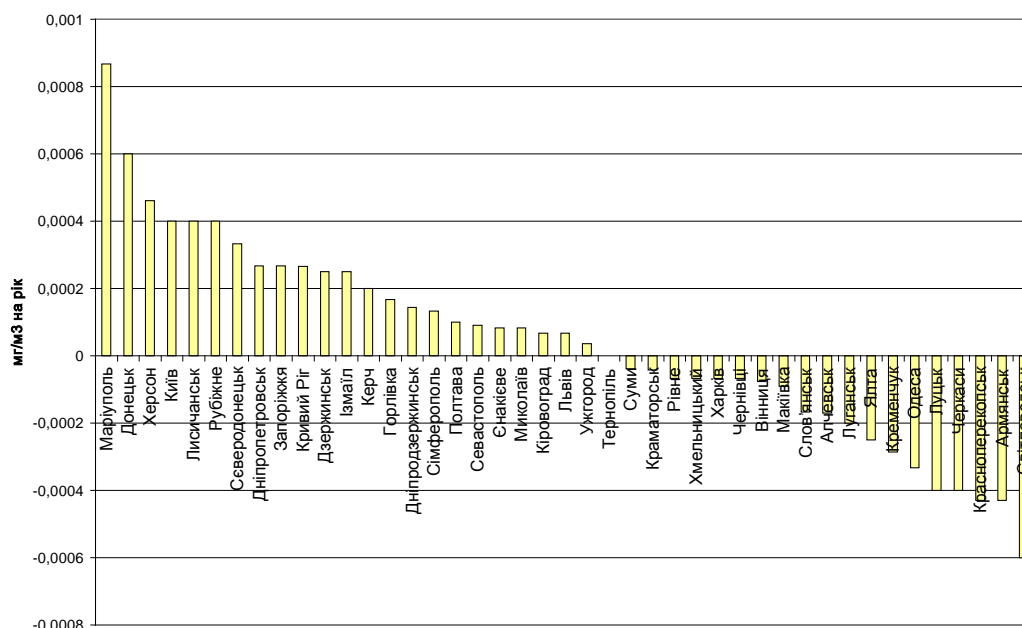


Рис. 5 – Швидкості зміни рівня забруднення атмосфери формальдегідами в досліджуваних містах.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено реальні рівні забруднення атмосферного повітря міст України формальдегідом з урахуванням діючих у державі нормативів. Встановлено 4 групи міст з різним ступенем забруднення повітря даною домішкою. Розрахунки показали, що в 99 % досліджених міст середні концентрації формальдегіду стабільно перевищують гранично-допустимі, а в 33 % міст його вміст у повітрі перевищує ГДК в 3–6 разів.

Дослідження багаторічної динаміки формальдегіду в повітрі показало, що поступове збільшення його концентрацій спостерігається в 20 містах (46,5 %) із 43 досліджених. Найбільш помітне зростання вмісту формальдегіду у повітрі за досліджений період (1998 - 2012 рр.) відбулося у Донецьку (450 %), Києві (300%), Маріуполі (260 %), Запоріжжі (200 %), Херсоні (200 %) та Керчі (150 %). Виконано класифікацію міст за характером та інтенсивністю часових змін вмісту формальдегіду у повітрі.

Виконані узагальнення, ранжування та класифікації можуть бути покладені в основу вибору об'єктів поглибленого дослідження особливостей формування вмісту формальдегіду у містах України.

Список літератури

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 промышленных мегаполисов: Сборник трудов международной научно-практической конференции. Донецк, 26–28 мая 2010 г. – С.78–82.
3. 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.
4. 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.
5. Какарека С.В., Ашурко Ю.Г. Анализ и оценка источников выбросов формальдегида в атмосферный воздух на территории Беларуси // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 75–82.
6. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В. Вплив метеорологічних умов забруднення повітря у промислових містах України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – № 13. – С. 208–216.
7. Лосва 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.
8. ФГБУ «Центральное УГМС». Состояние загрязнения окружающей среды за 2012 год. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://ecomos.ru/kadr22/sostojaniezagrosgod.asp> – назва з екрану.
9. Скубневская Г.И., Дульцева Г.Г. Загрязнение атмосферы формальдегидом. – Новосибирск, 1994. – 70 с.
10. Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. – К.: Обрії, 2011. – 297 с.
11. Шевченко О.Г., Кульбіда М.І., Сніжко С.І., Щербуха Л.С., Данилова Н.О. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – №14 – С.25–34.
12. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними державної системи спостережень гідрометслужби за 2010 рік. – К.:ЦГО, 2011. – 68 с.
13. Environmental Health Criteria for Formaldehyde. – 1989. – Vol. 89. World Health Organization, Geneva, Switzerland. – 168 p.
14. Kerns W.D., Pavkov K.L., Donofrio D.J., Gralla E.J., Swenberg J.A. Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after longterm inhalation exposure. // Cancer Res 43: 4382-4392 (1983).

Оценка современного уровня и тенденций загрязнения формальдегидом атмосферного воздуха городов Украины. Снежко С.И., Шевченко О.Г., Данилова Н.О.

В статье исследован современный уровень и основные тенденции загрязнения атмосферного воздуха городов Украины формальдегидом. Разработаны классификации городов Украины по кратности превышения предельно-допустимых концентраций, направлениям и интенсивности временного изменения концентраций формальдегида в воздухе городов.

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

Assessment of air pollution level of formaldehyde and trends of it changes in the cities of Ukraine.

S. Snizhko, O. Shevchenko, N. Danilova

In the paper was investigated the modern level and the main trends of air pollution level of formaldehyde in Ukraine cities. Were classified Ukrainian cities by the multiplicity exceeding of the maximum permissible concentration (MPC), the direction and intensity of time changes of concentrations of formaldehyde in the air of cities.

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