

**ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ
РЕЧОВИН В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ МІСТ**

У статті розглянуто стан атмосферного повітря в місті Дніпропетровську. Виконано аналіз даних стаціонарних постів спостереження за концентрацією пилу, діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, формальдегіду, аміаку та сірководню в приземних шарах атмосфери. Встановлено наявність статистично значущого зв'язку між такими забруднюючими речовинами як діоксид азоту, сірководень, двоокис сірки.

Ключові слова: забруднення атмосфери, моніторинг, статистичний аналіз даних, екологічна безпека.

В статье рассмотрено состояние атмосферного воздуха в городе Днепропетровске. Выполнен анализ данных стационарных постов наблюдения за концентрацией пыли, диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, формальдегида, аммиака и сероводорода в приземных слоях атмосферы. Установлено наличие статистически значимой связи между такими загрязняющими веществами как диоксид азота, сероводород, двуокись серы.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, мониторинг, статистический анализ данных, экологическая безопасность.

The article considers the state of air quality in the Dnepropetrovsk city. The analysis of data of fixed monitoring stations the concentration of dust, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, formaldehyde, ammonia and hydrogen sulfide in the surface layers of the atmosphere. The presence of a statistically significant association between such pollutants as nitrogen dioxide, hydrogen sulfide, sulfur dioxide.

Keywords: air pollution, monitoring, statistical analysis, environmental safety.

Вступ. Дніпропетровська область відноситься до одного з промислових регіонів України, які зазнають найбільше антропогенне навантаження. Так, наприклад, найбільші викиди від стаціонарних джерел у 2012 році спостерігались у Донецькій області 1514,8 тис. т, що склало 34,9% від загального обсягу по країні, Дніпропетровській – 962,0 тис. т (22,2%) та Луганській області – 447,6 тис. т та дорівнює 10,3 % (рис. 1) [4]. В свою чергу викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря в м. Дніпропетровську складає – 2,6% від загальної кількості по країні. Найбільша кількість підприємств, що здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, зосереджено у Донецькій та Луганській областях, відповідно дорівнює 992 та 562 одиниць. Дніпропетровська область займає третє місце та має 435 підприємств. Перерахована кількість викидів в середньому на одне підприємство найвища в Дніпропетровській області – 2 184,765 тонн.

У 2013 році середній вміст двоокису сірки і сірководню були нижче середньодобової гранично допустимої концентрації (ГДК), однак вміст пилу, двоокису азоту, формальдегіду та фенолу значно перевищували санітарно-гігієнічні нормативи. Зміна середнього рівня забруднення атмосферного повітря з 2008 по 2012 рік має тенденцію до збільшення особливо для оксиду вуглецю, аміаку, формальдегіду та фенолу.

Актуальним на даний час є питання ефективного контролю, прогнозування змін стану атмосферного повітря та вжиття заходів щодо дотримання вимог екологічної безпеки. Дієвим інструментом для вирішення вказаних проблем являє собою екологічний моніторинг.

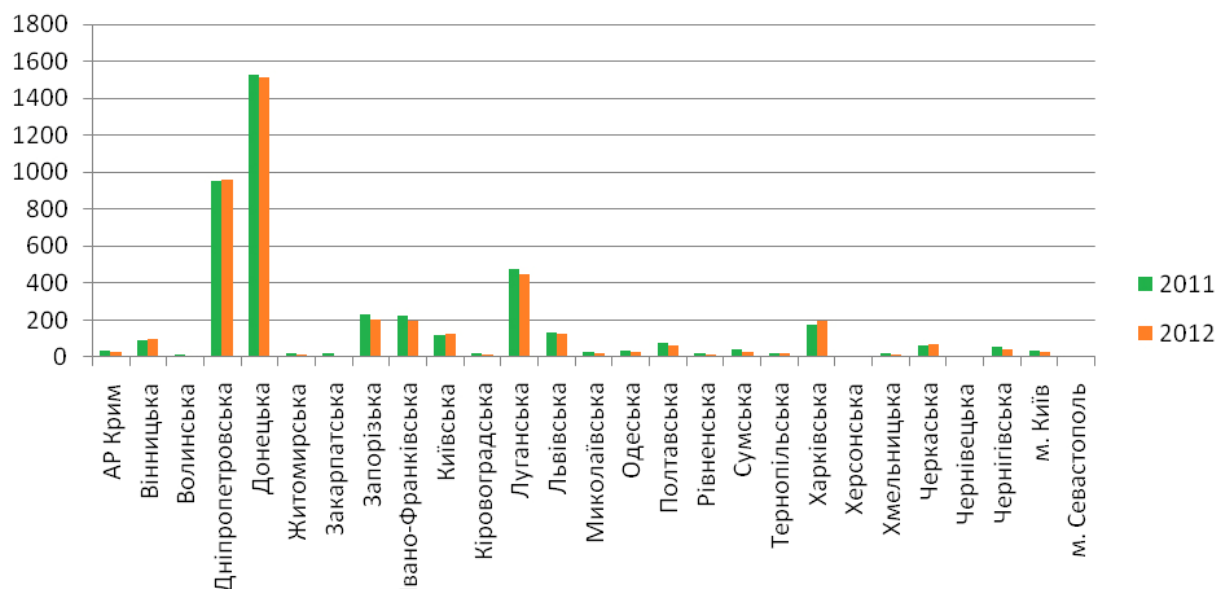


Рис.1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за регіонами за період 2011-2012 рр. (тис. т)

Аналіз попередніх досліджень. Оцінку стану забруднення атмосферного повітря в містах України здійснюється у 53 містах на 163 стаціонарних та двох маршрутних постах системи моніторингу гідрометеорологічних організацій, у повітрі визначається вміст 31 забруднювальної речовини [4]. Програма обов'язкового моніторингу якості атмосферного повітря включає сім забруднюючих речовин [5]: пил, двоокис азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), оксид вуглецю, формальдегід (H₂CO), свинець і бенз (а) пірен. У місті Дніпропетровськ спостереження за забрудненням атмосферного повітря проводяться на 6 стаціонарних постах.

Більш детально система моніторингу в Україні, її особливості та структура, були розглянуті в роботах С. І. Сніжко, О. Г. Шевченко [6]. Наукові праці Е. Ю. Безуглої [4, 5] присвячені вивченню характеристик системи моніторингу на територіях пострадянських країн та особливостям поширення забруднюючих речовин у просторі та часу.

Мета роботи. Аналіз результатів спостережень за станом атмосферного повітря із стаціонарних постів спостереження м. Дніпропетровська методами математичної статистики.

Матеріал і результати досліджень. Для аналізу, контролю та прогнозу забруднення атмосфери необхідні достовірні дані про якісні та кількісні показники викидів, концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, а також дані метеорологічних умов, які дозволяють не тільки прогнозувати розсіювання забруднюючих речовин на великих територіях протягом тривалих проміжків часу, але й виявляти його особливості.

Для статистичного аналізу забруднення атмосферного повітря використовувалися дані міської Лабораторії по спостереженню за забрудненнями атмосфери (ЛСЗА) на 6 стаціонарних постах, розташованих в різних частинах міста за період 2008-2013 рр.

Була використана класична методика кореляційного аналізу, яка полягає в оцінці ступеню залежності між показниками, а також для визначення зв'язку, який між ними існує.

Коефіцієнт кореляції (r) розраховувався за допомогою програми «Microsoft Office Excel 2007» з використанням формули:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \cdot \delta_x \delta_y} \quad (1)$$

Після обчислення коефіцієнта кореляції між двома змінними зазвичай має сенс перевірити його на значимість. Навіть якщо між змінними відсутня кореляція, на вибірці кінцевого розміру майже завжди буде розраховуватися ненульовий коефіцієнт кореляції. Для перевірки значимості коефіцієнта кореляції застосовують статистичний критерій t , який має назву критерій Стьюдента.

Критерій Стьюдента розраховувався за формулою:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

Розраховану величину критерію t порівнюють з теоретичною (табличною) величиною. Якщо розраховане за даною формулою значення трозр перевищує табличне значення трозр. $\geq t_{\text{табл.}}$ при $f = N-2$ ступенях свободи, то коефіцієнт кореляції суттєво відрізняється від нуля, і зв'язок вважається встановленим. Звичайно приймають надійне оцінювання 0,95 і 0,99. Необхідно брати до уваги, що високий коефіцієнт кореляції (наприклад 0,6) не свідчить про наявність причинної взаємозалежності пари рядів, що досліджуються [7].

Для подальшого аналізу забруднення атмосферного повітря були побудовані за розрахованими парними коефіцієнтами кореляції матриці, з урахуванням значущості коефіцієнтів (табл. 1).

Таблиця 1

**Значення лінійної кореляції забруднювачів атмосферного повітря
м. Дніпропетровська за 2008-2013 рр.**

	Пил	SO ₂	CO	NO ₂	фенол	аміак	H ₂ S	формальдегід
Пил	1,000							
SO ₂	0,251	1,000						
CO	0,050	0,368	1,000					
NO ₂	-0,127	0,292	0,554*	1,000				
фенол	0,234	0,127	0,374	0,395	1,000			
аміак	-0,023	0,039	0,181	0,313	0,536	1,000		
H ₂ S	-0,063	0,668	0,515	0,666	0,372	0,283	1,000	
формальдегід	0,049	-0,155	-0,075	0,003	0,353	0,542	-0,096	1,000

*Примітка – жирним шрифтом позначено значущі коефіцієнти кореляції

Спостерігається значна пряма залежність пар речовин: двоокис сірки-сірководень, оксид вуглецю – двоокис азоту, оксид вуглецю - сірководень, діоксид азоту - сірководень, фенол-аміак, аміак-формальдегід. Менше значення кореляції, тобто слабкий зв'язок, але при цьому значущий, спостерігається у наступних пар: двоокис сірки - оксид вуглецю, двоокис сірки - діоксид азоту, оксид вуглецю - фенол, двоокис азоту - фенол, двоокис азоту –аміак, фенол - сірководень, фенол –формальдегід, аміак - сірководень. Дана залежність свідчить про загальну природу утворення вище перерахованих пар забруднювачів.

Розглянемо пару з найбільш суттєвим взаємозв'язком:

Діоксид азоту – сірководень ($r = 0,67$):

Оксиди азоту і особливо діоксид азоту є головними складовими забруднення атмосферного повітря міст. Значна кількість оксидів азоту виробляється тепловими електростанціями, металургійними підприємствами, та автотранспортом, в результаті згоряння органічного палива при високих температурах і потім в атмосфері трансформуються в NO₂ [1]. Діоксид азоту є вторинною домішкою, яка утворюється в результаті фотохімічних реакцій, що відбуваються в атмосфері. Частина оксидів азоту з викидів переходить в діоксид, решта зберігаються тривалий час у вигляді оксидів азоту і

теж надходять в атмосферу. Викиди оксидів азоту зазвичай оцінюються в перерахунку на NO_2 [2].

Сірководень надходить в атмосферу окремо або разом з іншими сполуками сірки. Основними джерелами викиду для м. Дніпропетровська є коксохімічна промисловість.

Двоокис сірки-сірководень:

Кореляційний зв'язок ($r = 0,66$) між цими речовинами може пояснюватися тим, що в атмосфері сірка при взаємодії з іншими забруднювачами піддається повільному окисленню до сірчаного ангідриду [3], а при взаємодії з воднем утворює сірководень.

Розглянемо динаміку просторового розподілу концентрацій забруднення зазначених речовин (рис. 2, 3).

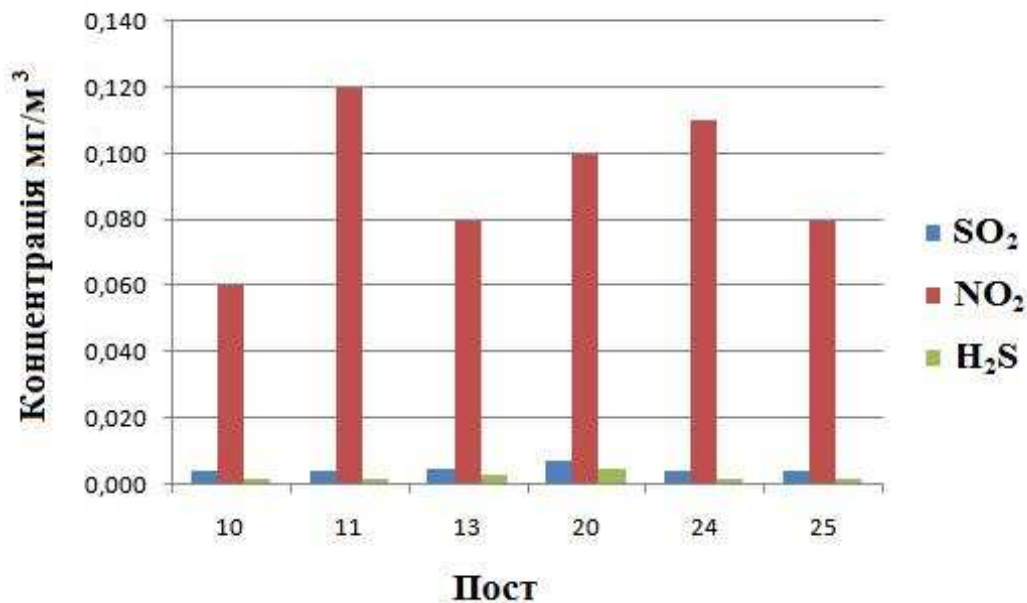


Рис. 2. Просторовий розподіл концентрацій діоксиду азоту, сірководню, двоокису сірки у 2008 році

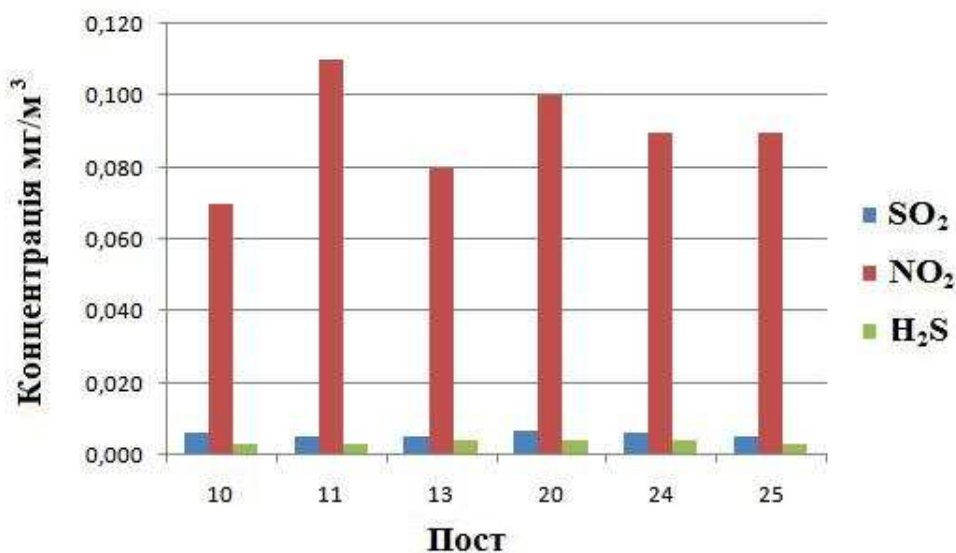


Рис. 3. Просторовий розподіл концентрацій діоксиду азоту, сірководню, двоокису сірки у 2012 році

Аналіз концентрації за різні роки діоксиду азоту, сірководню, двоокису сірки можна прослідкувати взаємозв'язок між цими забруднюючими речовинами, не тільки по місту за рік, а і по середньорічній концентрації по окремих постах спостереження.

Для більш детального вивчення взаємозв'язків між забруднюючими речовинами були побудовані кореляційні матриці середньомісячних концентрацій для кожної пари забруднюючої речовини в період з 2008 по 2013 рік, окремо по постах №№11, 13, 20, 24, 25 (№10 парк ім. Шевченко, № 11пл. Островського, №13 вул. Філософська, №20 пр. Петровського, № 24 вул. Б. Хмельницького, № 25 пр. Героїв).

Пост № 10 знаходиться у парковій зоні, у якій атомферне повітря не зазнає прямого впливу антропогенних факторів. Кореляційний зв'язок двоокис сірки-сірководень дуже слабкий (максимальне значення 0,61 у 2012 році).

Пост № 11 розташований на транспортній розв'язці, тут спостерігаються високі значення коефіцієнта кореляції двоокис сірки-сірководень (до 0,98 у 2012 році).

Пост № 20 знаходиться під впливом коксохімічного виробництва. Кореляційний зв'язок двоокис сірки-сірководень дуже сильний (0,89 у 2012 році).

Також кореляційний зв'язок двоокис сірки-сірководень спостерігається і на інших постах, що може свідчити про проблему забруднення сполуками сірки, яка є актуальною для м. Дніпропетровська, в результаті діяльності коксохімічної промисловості та автотранспорту. Виключенням є пост №25, не зважаючи на близьке розташування до транспортної мережі, можливо це пов'язано з метеорологічними умовами.

Висновки. Виконана обробка даних по викидах забруднюючих речовин в атмосферу м. Дніпропетровська в період 2008-2013 рр. Зроблений кореляційний аналіз концентрації пилу, діоксиду азоту, сірководню, двоокису сірки, фенолу, формальдегіду. Встановлено наявність статистично значущого зв'язку між такими забруднюючими речовинами як діоксид азоту, сірководню, двоокис сірки.

Отримані результати можуть бути використані при розробці заходів щодо поліпшення системи моніторингу атмосферного повітря у м. Дніпропетровськ.

Література

1. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнений атмосферы в городах / Э.Ю. Безуглая – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
2. Безуглая Э.Ю. Климатические условия рассеивания примесей на территории СССР / Э.Ю. Безуглая, Л.И. Елекоева, Е.А. Разбегаева. // Труды ГГО имени А.И. Воейкова. – 1979. – Вып. 436. – С. 79–87.
3. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. – Л.: Химия, 1985. – 702 с.
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2013. – 414 с.
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. N 391 (391-98-п) "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" // Офіційний вісник України, 1998. N 13. Ст. 495, зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 16 травня 2001 р. N 528 (528-2001-п).
6. Сніжко С. І. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста / С. І. Сніжко, О. Г. Шевченко. – Київ: Видавництво географічної літератури НВП "Обрії", 2011 . – 296 с.
7. Шерстюк Н. П. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із курсу «Основи геохімії» / Н. П. Шерстюк, Н. Ф. Дуднік. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2009. – 20 с.

*Поступила в редакцію 13 листопада 2014 р.
Рекомендував до друку д.т.н. Я.О. Адаменко*