

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ В МІСТАХ ДНІПРО ТА КАМ'ЯНСЬКЕ

Бойченко С.Г.,

*д.географ.н., провідний науковий співробітник Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Київ*

Король Б.О.,

*магістр кафедри екології Національного університету
«Києво-Могилянська Академія»*

На території Дніпропетровської області розташовані потужні промислові і енергетичні комплекси та розгалужена транспортна мережа, які є як споживачами сировини, енергії, води та земельних ресурсів, так і масштабними забруднювачами довкілля.

Згідно даних наведених в [9], тільки в атмосферу щорічно із стаціонарних та пересувних джерел поступає в середньому 940 ± 200 тис. т забруднюючих речовин. Значна частка викидів біля 80% (754 ± 180 тис. т) приходить саме на стаціонарні джерела. Проте за період 2010-2022 рр. характерна стійка тенденція до загального зниження викидів забруднень в атмосферу, головним чином, через спад виробництва, та, значно меншою мірою, через застосування нових технологій, а також через часткове руйнування і пошкодження підприємств і інфраструктури російськими агресорами. Так, викиди забруднень з підприємств знизилися на 55-60%, в той час як із пересувних джерел знизилися на 10-15% в 2010-2021 рр. і ще додатково на 10-15% в 2022 році. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферу із стаціонарних та пересувних джерел в Дніпропетровській області в 2010-2021 рр., наведено на рис. 1.

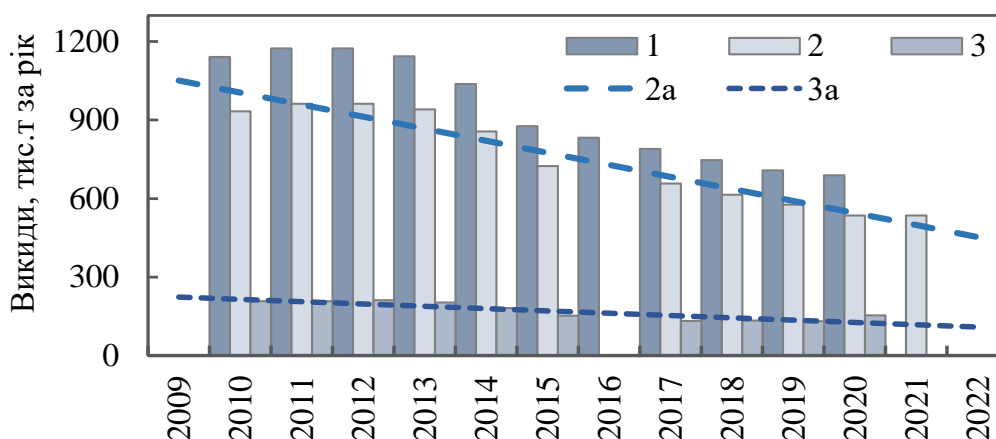


Рис. 1. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферу в Дніпропетровській області в 2010-2021 рр.

(1 – загальні викиди, 2 – зі стаціонарних джерел,
3 – з пересувних джерел, 2а, 3а – тренд, відповідно)

Головними осередками забруднення навколишнього середовища в області є міста Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське та Павлоград, в яких сконцентровані підприємства енергетичної, металургійної і коксохімічної галузей та розгалужена транспортна інфраструктура з інтенсивними пасажирськими та вантажними перевезеннями [7,8,11].

В даній публікації нами представлені результати досліджень щодо оцінки тенденцій у забрудненні атмосфери за остання десятиліття в м. Дніпро та Кам'янське.

Місто Дніпро являється обласним центром з населенням майже 1.15 млн. осіб (за даними на 2021 рік), з розвинутою металургійною, машинобудівною, гірничорудною, паливною та хімічною промисловістю, а також транспортною інфраструктурою [2]. В місті функціонує Дніпровський річковий порт, залізничний вузол Дніпро-головний, Міжнародний аеропорт «Дніпро» та мережа автобусних вокзалів.

Кам'янське – місто обласного підпорядкування, з чисельністю населення біля 239.8 тис. осіб (за даними на 2021 рік) [4]. Промисловий комплекс Кам'янського складається переважно з підприємств металургійної і хімічної, а також машинобудівної, виробництва будівельних матеріалів, електроенергетичної галузей. Місто володіє розвинутою транспортною системою: Кам'янський річковий порт, залізничний вузол Кам'янське–Пасажирський та мережа автобусних терміналів.

Забруднення атмосфери в містах Дніпро та Кам'янське за результатами наземних спостережень. Систематичний нагляд за рівнем забруднення атмосферного повітря в м. Дніпро здійснюється на 6-и, в м. Кам'янське на 4-х стаціонарних постах спостереження Дніпропетровським регіональним центром з гідрометеорології на яких вимірюються 9 показників забруднення: пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, оксид азоту, діоксид азоту, сірководень, фенол, аміак та формальдегід [6,12,13]. Також, міськими радами, громадськими організаціями та органами місцевого самоврядування в рамках проектів SaveDnipro, Luftdaten.info, EcoCity, КП «ЦЕМ» ДОР та AirPol додатково встановлено декілька постів контролю забруднення атмосферного повітря та станції моніторингу.

Рівень забруднення атмосфери в містах оцінюється на основі Індексу забруднення атмосфери (ІЗА), який розраховується за п'ятьма пріоритетними забруднюючими домішками (формальдегід, діоксид азоту, фенол, фтористий водень, оксид вуглецю, аерозолі $PM_{2.5}$ та PM_{10}), які отримані на постах спостережень [1,5]. На основі розрахованих індексів, рівень забруднення атмосфери в містах Дніпро та Кам'янське оцінено як «дуже високий» [7,8]. Як бачимо з табл. 1, значення ІЗА в цих містах майже вдвічі більший, ніж в середньому по території України, а в 2020-2022 роках, значення ІЗА зменшуються, що найімовірніше пов'язано із зниженням виробництва через ковід та війну.

Таблиця 1

Значення індексу забруднення атмосфери (ІЗА) в містах Дніпро, Кам'янське та для України

Місто	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Дніпро	14.0	15.1	17.02	14.6	12.9	11.9
Кам'янське	13.5	12.9	14.7	14.9	14.7	12.8
Україна	7.2	7.6	8.2	7.0	7.1	6.5

Значення індексу за ступенем забруднення атмосфери: низький – менше 5.0; підвищений – 5.0-7.0; високий – 7.0 до 14.0; дуже високий – 14.0 та вище

Динаміка викидів в атмосферу основних забруднюючих речовин (пилу, діоксиду сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) від стаціонарних джерел в містах Дніпро та Кам'янське за період 2009-2021 рр., які були оцінені за даними наведеними в щорічних регіональних доповідях [10], представлені на рис. 2. У складі викинутих забруднюючих речовин домінуючими в місті Дніпро є діоксид сірки та пилові частинки, а в місті Кам'янське найбільші викиди в атмосферу оксиду вуглецю та пилу, що пов'язано з специфікою виробничого процесу.

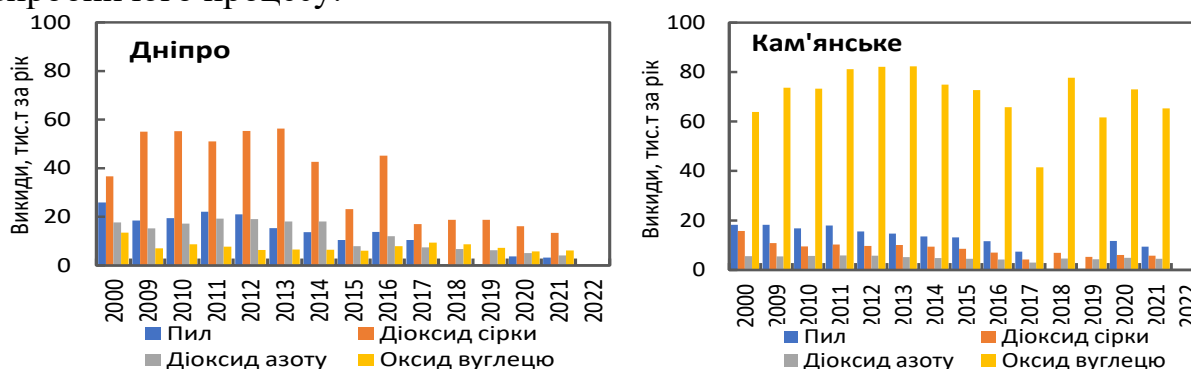


Рис. 2. Динаміка викидів в атмосферу забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в містах Дніпро та Кам'янське за період 2009-2021 рр.

Загальні обсяги викидів в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами в містах Дніпро та Кам'янське в 2009-2021 роках зменшувалися починаючи з 2015-2017 роках і, в особливо, в 2020-2021 рр. в місті Дніпро (див. рис. 3).

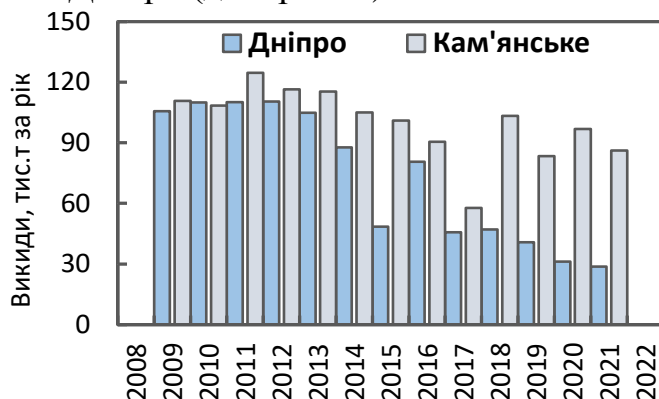


Рис. 3. Обсяги викидів в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами в містах Дніпро та Кам'янське, тис. т за рік

Основними забруднювачами атмосфери в цих містах є підприємства металургійної промисловості та виробників електроенергії (ДТЕК «Придніпровська ТЕС», ПАТ «Дніпровський меткомбінат», ПрАТ «Дніпровський металургійний завод», ПАТ «ІнтерПайт «Нижньодніпровський трубопрокатний завод», ПрАТ «Дніпровський коксохімічний завод», ПАТ «ЮЖКОКС(Кам'янське)» [3]. Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферу з цих підприємств протягом 2012-2022 років наведені в табл. 2. Як бачимо, за цей період найбільшими забруднювачами атмосфери є ДТЕК «Придніпровська ТЕС», ПАТ «Дніпровський меткомбінат». Для підприємств ДТЕК «Придніпровська ТЕС», ПАТ «Дніпровський меткомбінат» тенденції зменшення викидів найбільші – 7.3 та 3.1 тис.т за рік, відповідно.

Таблиця 2

Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферу основними підприємствами міст Дніпро та Кам'янське в 2012-2022 рр.

Рік	Підприємства					
	ДТЕК «Придніпровська ТЕС»	ПАТ «Дніпровський меткомбінат»	ПрАТ «Дніпровський металургійний завод»	ПАТ «ІнтерПайт «Нижньодніпровський трубопрокатний завод»	ПрАТ «Дніпровський коксохімічний завод»	ПАТ «ЮЖКОКС», Кам'янське
2012	88.39	109.35	7.68	3.78	1.24	1.74
2013	82.39	108.68	8.96	1.53	1.26	1.88
2014	66.40	98.81	9.24	1.21	1.36	1.88
2015	32.90	95.21	8.20	0.78	1.33	1.65
2016	60.99	84.90	9.27	0.78	1.28	1.66
2017	24.00	52.50	7.44	1.15	1.34	1.55
2018	26.60	99.01	6.96	0.97	1.32	1.50
2019	24.40	78.09	4.51	0.88	1.23	1.63
2020	19.70	91.91	2.51	0.81	1.24	1.82
2021	15.33	80.30	3.43	0.48	1.24	2.07
2022	19.76		0.83	0.17		
Середнє	41.90± 27.20	89.88± 16.93	6.28± 2.96	1.14± 0.95	1.29± 0.05	1.74± 0.18
Тенденція, тис.т. за рік	-7.30	-3.05	-0.78	-0.21	-0.005	0.005

Забруднення атмосфери над містами Дніпро та Кам'янське за результатами супутникових спостережень. Для оцінки забруднення атмосфери в межах міст Дніпро та Кам'янське нами були використані також дані супутникових спостережень. А саме концентрації в атмосфері формальдегіду, оксиду вуглецю, оксиду азоту, діоксиду сірки та значення аерозольного індексу, які отримані зі супутника Sentinel-5P та проаналізовані за допомогою платформи Google Earth Engine [15]. Оцінка газо-аерозольного забруднення атмосфери над південними та південно-східними регіонами України на основі добових даних супутникових

спостережень усереднені за місяць у межах районів (адміністративно-територіальних одиниць України другого рівня) за період 2019-2022 рр. були опубліковані в [14]. Результати представлені в цій статті були використані в даному дослідженні для Дніпровського та Кам'янського районів.

Динаміка вмісту формальдегіду, оксиду вуглецю, оксиду азоту, діоксиду сірки та значення аерозольного індексу, в стовпі повітря усередненого для Дніпровського та Кам'янського районів Дніпропетровської області за період 2019-2022, отриманих зі супутника Sentinel-5P наведено на рис. 4 (для SO_2 – відсутні дані для листопада і грудня).

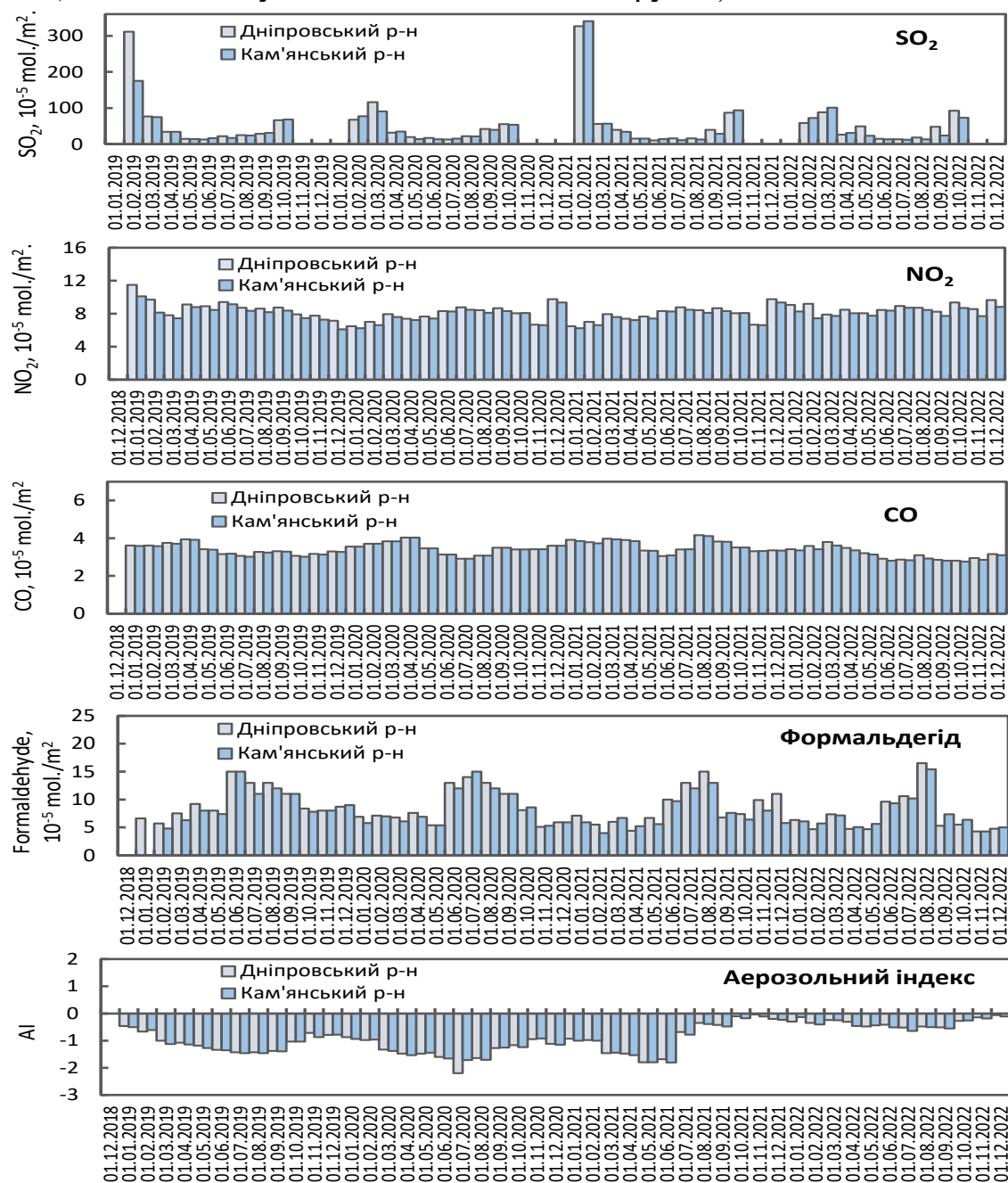


Рис. 4. Динаміка вмісту формальдегіду, оксиду вуглецю, оксиду азоту, діоксиду сірки та значень аерозольного індексу, в стовпі повітря усередненого для Дніпровського та Кам'янського районів за період 2019-2022, отриманих зі супутника Sentinel-5P

Аналіз даних Sentinel-5P над Дніпровським та Кам'янським районом за період 2019-2022 рр., показав, що:

– середньорічний вміст SO_2 в стовпі повітря становить становила 40.9 ± 2.9 та $36.6 \pm 1.3 \text{ Ч}10^{-5}$ моль/ м^2 , відповідно. В 2022 році вміст SO_2 збільшився до 42.2 та $36.3 \text{ Ч}10^{-5}$ моль/ м^2 , відповідно, проте в лютому спостерігається різке його зростання;

– середньорічний вміст NO_2 в стовпі повітря становить становила 8.3 ± 0.5 та $8.0 \pm 0.3 \text{ Ч}10^{-5}$ моль/ м^2 , відповідно. В 2022 році вміст NO_2 збільшився до 3.2 та $3.1 \text{ Ч}10^{-5}$ моль/ м^2 , відповідно, проте в деякі місяці року спостерігається незначне зростання;

– середньорічний вміст CO в стовпі повітря становить становила 3.4 ± 0.2 та $3.4 \pm 0.2 \text{ Ч}10^{-2}$ моль/ м^2 , відповідно. В 2022 році вміст CO збільшився до 8.7 та $8.2 \text{ Ч}10^{-2}$ моль/ м^2 , відповідно, проте в деякі місяці року спостерігається незначне його зростання;

– середньорічний вміст формальдегіду в стовпі повітря становить становила 9.1 ± 1.4 та $8.7 \pm 0.9 \text{ Ч}10^{-2}$ моль/ м^2 , відповідно. В 2022 році вміст формальдегіду збільшився до 7.9 та $8.1 \text{ Ч}10^{-2}$ моль/ м^2 , відповідно, проте спостерігається певне зростання в літні місяці;

– середньорічні значення аерозольного індексу становить становила -0.89 ± 0.42 та -0.92 ± 0.40 відповідно. З серпня 2021 року значення аерозольного індексу збільшилося майже втричі до -0.33 та -0.37 , відповідно.

Військова російська агресія призвела до цілого ряду небезпечних впливів на всі складові навколишнього природного середовища. Основна небезпека для довкілля, пов'язана з ризиком забруднення через пошкодження населених пунктів, підприємств, транспортної інфраструктури, припинення електропостачання, водопостачання, газопостачання, порушень технологічних процесів, в результаті ракетних обстрілів. Наслідки війни також можуть мати довгостроковий вплив на зміну клімату та здатність країни адаптуватися до змін клімату через спричинене зруйнування та втрати ресурсів.

SWOT-аналіз щодо рівня забруднення атмосфери в містах Дніпро та Кам'янське та можливі шляхи покращення екологічної ситуації

За ступенем хімічної небезпеки для людини забруднення атмосферного повітря посідає перше місце. Забруднення атмосферного повітря та накопичення в ньому шкідливих речовин може зумовити зростання показників захворюваності й смертності від хвороб органів дихання, створюватиметься подальше існування ризиків шкідливого впливу на здоров'я населення області [16,17]. Без впровадження заходів щодо зменшення викидів в атмосферу на промислових підприємствах – рівень забруднення атмосферного повітря, ймовірно, матиме тенденцію зростання, що може знизити рівень комфортного проживання населення.

Аналіз стану екологічної ситуації з елементами SWOT-аналізу для міст Дніпро та Кам'янське наведена на наступній схемі.

Таблиця 3

SWOT-аналіз щодо рівня забруднення атмосфери в містах Дніпро та Кам'янське та можливі шляхи покращення екологічної ситуації

Сильні сторони	Слабкі сторони
Наявність у місті екологічної громадської активності	Застарілі технології виробництва, велика кількість викидів забруднень в атмосферу та недостатня їх фільтрація
Наявність науково-навчальної бази з екологічної тематики	Низький рівень управління енергоефективністю
Зменшення металургійного виробництва в містах та часткова відмова від застарілих технологій	Велика площа промислових звалищ, що призводить до вторинного забруднення атмосфери через інтенсифікацію ерозійних процесів.
Присутність суспільно-політичного запиту з питань довкілля	Висока транспортна активність
Наявність міських екологічних програм (електротранспорт, моніторингу повітря тощо) та відповідального департаменту в структурі органу місцевого самоврядування	Відсутність програми боротьби зі шкідливими алергенними, чи провокуючими алергію рослинами)
Пандемія – доповнена реальність Зменшення забруднення через зменшення обсягів виробництва та перевезень в місті	Пандемія – доповнена реальність Зменшення загальної уваги до стану екології та екологічних програм
Війна – сучасна реальність – Зменшення забруднення через зменшення обсягів виробництва та перевезень в місті	Війна – сучасна реальність – Зменшення загальної уваги до стану екології та екологічних програм
Можливості	Загрози
Просування і застосування «екофрендлі» технологій, подальший розвиток електротранспорту	Висока вартість усіх проектів, пов'язаних з екологічною ситуацією, відсутність короткострокового прибутку з інвестицій для більшості з них, відсутність державної підтримки
Боротьба зі шкідливими (алергенними, чи провокуючими алергію), підвищення екологічної обізнаності населення	Проблема хімічного впливу «старих» промислових відходів
Ревіталізація старопромислових територій	Усунення компенсуючих екологічних факторів завдяки глобальній зміні клімату
Збільшення виробництва електричної і теплової енергії з відновлюваних джерел	Техногенні катастрофи
Пандемія – доповнена реальність Зменшення забруднення через зменшення обсягів виробництва та перевезень в масштабі України, світу	Пандемія – доповнена реальність Зменшення контролю за забруднювачами
Війна – сучасна реальність – зменшення забруднення через зменшення обсягів виробництва та перевезень в масштабі України, але збільшення викидів світу, через мілітаризацію	Війна – сучасна реальність – зменшення контролю за забруднювачами, часткове призупинення моніторингу. Наслідки війни також можуть мати довгостроковий вплив на зміну клімату та здатність країни адаптуватися до змін клімату через спричинене зруйнування та втрати ресурсів.

Висновки. Сконцентрована промисловість та розвинута транспортна інфраструктура в містах Дніпро і Кам'янське Дніпропетровської області являються потужними забруднювачами атмосфери. Рівень забруднення атмосфери в містах за Індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА), розрахований за п'ятьма забруднюючими домішками в цих містах оцінено як «дуже високий».

Так, щорічні викидів в атмосферу основних забруднюючих речовин (пилу, діоксиду сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) від стаціонарних джерел за даними наземних спостережень в містах за період 2009-2022 рр. поступово знижуються з 2015-2017 років. У складі викинутих забруднюючих речовин домінуючими в місті Дніпро є діоксид сірки та пилові частинки, а в місті Кам'янське найбільші викиди в атмосферу оксиду вуглецю та пилу.

Аналіз даних супутника Sentinel-5P над Дніпровським та Кам'янським районом за період 2019-2022 рр., показав, що середньорічний вміст SO₂, NO₂, CO, формальдегіду в стовпі повітря істотно не змінювався, крім флуктуацій характерних в окремі місяці, в той час як із серпня 2021 року значення аерозольного індексу збільшилося майже втричі.

Узагальнюючи отримані оцінки щодо забруднення атмосфери в містах Дніпро та Кам'янське нами був проведений SWOT-аналіз щодо сильних і слабких сторін, можливостей і загроз для вирішення екологічної ситуації, що склалися в регіоні.

Література:

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., 2021. Управління якістю атмосферного повітря: від концепції до впровадження: Звіт за результатами досліджень / у редакції М. Сороки. Прага–Київ: Arnika, 52 с., <https://cleanair.org.ua/publication>
2. Дніпро.[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE_\(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE_(%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE)) (accessed on 15 October 2023).
3. Кам'янське.<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%27%D1%8F%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5> (accessed on 15 October 2023).
4. Екологічні паспорти за 2014-2022 роки <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya> (accessed on 15 October 2023).
5. Комплексний індекс ступень забруднення атмосферного повітря. <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia/8-materialy-na-glavnoj/171-stan-zabrudnennya-prirodnogo-seredovishcha-na-teritoriji-ukrajini> (accessed on 15 October 2023).
6. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf (accessed on 15 October 2023).
7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (accessed on 15 October 2023).
8. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2022 році http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/images/%D0%9E%D0%93%D0%9B%D0%AF%D0%94_2022.pdf (accessed on 15 October 2023).

9. Охорона атмосфери http://www.dnprstat.gov.ua/catpub/navkol_sered/2020/Prezent%20Zbirnik_Dovkillaya%202020.pdf (accessed on 15 October 2023).

10. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища Дніпропетровській області за 2013-2022 роки <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya>

11. Стан атмосферного повітря в Дніпропетровській області. Інформаційно-аналітичний огляд за 2020-2022. <https://adm.dp.gov.ua/file-storage/atmosferne-povitrya>(accessed on 15 October 2023).

12. Узагальнена інформація про якість атмосферного повітря в населених пунктах за даними мережі спостережень гідрометеорологічних організацій у 2022 році <https://data.gov.ua/dataset/3eda331d-d4ec-4e7f-b11b-f21fe1f56239>(accessed on 15 October 2023).

13. ЦГО, <http://cgo-sreznovskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia/8-materialy-na-glavnoj/171-stan-zabrudnennya-prirodnogo-seredovishcha-na-teritoriji-ukrajini>. (accessed on 15 October 2023).

14. Boychenko S., Kuchma T., Karamushka V., 2023. Integrating research in ecological and climate change educational process: assessment of atmospheric pollution over Ukraine due to military actions. EGUSPHERE. DOI:10.5194/egusphere-2023-1503

15. Earth Engine Data Catalog <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-5p>. (accessed on 15 October 2023).

16. WHO, 2005: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>, (accessed on 15 October 2023).

17. WHO, 2010: Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. World Health Organization. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138705/>, (accessed on 15 October 2023).