

ЕКОЛОГІЯ

УДК 614.71:504.06

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2024-4-6>

Каріна БЕЛОКОНЬ

кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М.Потебні, доцент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки за сумісництвом, Запорізький національний університет, вул. Університетська, 66, м. Запоріжжя, Україна, 69011

ORCID: 0000-0003-2000-4052

Scopus-Author ID: 56196099400

Ірина ПИРОГОВА

заступник директора Департаменту захисту довкілля Запорізької обласної державної адміністрації, Запорізька обласна державна адміністрація, пр. Соборний, 164, м. Запоріжжя, Україна, 69107

ORCID: 0009-0007-3335-3063

Мирослав МАЛЬОВАНИЙ

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79000

ORCID: 0000-0002-3868-1070

Scopus-Author ID: 55866662500

Євгенія ТАРАБАН

здобувачка ступеня доктора філософії другого року навчання за спеціальністю 101 «Екологія» кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М.Потебні, асистент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Запорізький національний університет, вул. Університетська 66, м. Запоріжжя, Україна, 69011

ORCID: 0009-0005-5019-9796

Бібліографічний опис статті: Белоконь, К., Пірогова, І., Мальований, М., Тарабан, Є. (2024). Оцінка якості атмосферного повітря міста Запоріжжя. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 39–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2024-4-6>

ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Стаття присвячена висвітленню результатів дослідження стану атмосферного повітря у м. Запоріжжі шляхом вимірювань вмісту забруднюючих речовин на стаціонарних постах державної системи моніторингу атмосферного повітря. У атмосфері міста Запоріжжя спостерігаються перевищення концентрацій забруднюючих речовин порівняно з середньодобовими значеннями гранично допустимих концентрацій. Тому метою роботи було оцінити стан атмосферного повітря міста Запоріжжя за період 2016–2024 років, зокрема під час карантину та воєнного стану. У відповідності до мети були поставлені наступні завдання: проаналізувати стан забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя, розрахувати комплексний індекс забруднення атмосфери, визначити внесок кожної із основних забруднюючих речовин до загального рівня забруднення атмосфери.

Проаналізовано результати державної системи моніторингу атмосферного повітря у м. Запоріжжі за такими речовинами: оксид вуглецю (II), пил, формальдегід, фенол, фтористий водень, хлористий водень, діоксид азоту, оксид азоту (II), діоксид сірки. У статті було розраховано комплексний індекс забруднення атмосфери, найбільший рівень якого спостерігається на постах, які розташовані в центрі міста в безпосередній близькості до основного промислового комплексу, та сягають 8-11,2, що відповідає високому рівню забруднення. Розрахунок відношення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин до середньодобових гранично-допустимих концентрацій вказує на їх постійне перевищення для таких речовин, як діоксид азоту, фенол та формальдегід.

Динаміка забруднення відображає спад у період пандемії та війни, а також повернення до попередніх рівнів з 2023 року, коли зросли викиди через відновлення виробництва та транспортних перевезень. Отримані результати свідчать про недостатню кількість постів спостереження, що ускладнює ефективне визначення джерел забруднення та впровадження заходів для покращення якості атмосферного повітря.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднюючі речовини, комплексний індекс забруднення атмосфери, пости спостереження, моніторинг, формальдегід, вимірювання.

Karina BELOKON

Candidate of Technical Science, Associate Professor, Deputy Director for Research of the Engineering Educational and Scientific Institute by name of Yu. M. Potebnya, Part-Time Associate Professor at the Department of Metallurgical Technologies, Ecology and Technogenic Safety, Zaporizhzhia National University, 66 Universytetska str., Zaporizhzhia, Ukraine, 69011

ORCID: 0000-0003-2000-4052

Scopus-Author ID: 56196099400

Iryna PIROHOVA

Deputy Director of the Department of Environmental Protection of the Zaporizhzhia Regional State Administration, Zaporizhzhia Regional State Administration, 164 Soborni ave., Zaporizhzhia, Ukraine, 69107

ORCID: 0009-0007-3335-3063

Myroslav MALOVANYI

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Sustainable Environmental Management of the Lviv Polytechnic National University 12 S. Bandera str., Lviv, Ukraine, 79000

ORCID: 0000-0002-3868-1070

Scopus-Author ID: 55866662500

Yevheniia TARABAN

Postgraduate Student at the Second Year of Study in the Specialty 101 “Ecology” at the Department of Metallurgical Technologies, Ecology and Technogenic Safety, assistant of the Department of Metallurgical Technologies, Ecology and Technogenic Safety, Engineering Educational and Scientific Institute by name of Yu. M. Potebnya, Zaporizhzhia National University, 66 Universytetska str., Zaporizhzhia, Ukraine, 69011

ORCID: 0009-0005-5019-9796

To cite this article: Belokon, K., Pirohova, I., Malovanyy, M., Taraban, Ye. (2024). Otsinka yakosti atmosferneho povitria mista Zaporizhzhia [Assessment of atmospheric air quality in the Zaporizhzhia city]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 39–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2024-4-6>

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN THE ZAPORIZHZHYA CITY

The article is devoted to the results of the study of the state of atmospheric air in the Zaporizhzhia city by measuring the content of pollutants at the stationary posts of the state system of atmospheric air monitoring. In the atmosphere of the Zaporizhzhia city, the concentrations of pollutants exceeds the average daily values of maximum permissible concentrations. Therefore, the aim of the work was to assess the state of atmospheric air in the Zaporizhzhia city for the period 2016–2024, in particular during quarantine and martial law. In accordance with the goal, the following tasks were set: to analyze the state of atmospheric air pollution in the Zaporizhzhia city, to calculate the complex index of atmospheric pollution, to determine the contribution of each of the main pollutants to the overall level of atmospheric pollution.

The results of the state atmospheric air monitoring system in the Zaporizhzhia city were analyzed for the following substances: carbon oxide (II), dust, formaldehyde, phenol, hydrogen fluoride, hydrogen chloride, nitrogen dioxide, nitrogen oxide (II), sulfur dioxide. The article calculated the complex index of atmospheric pollution, the highest level of which is observed at stations located in the city center in close proximity to the main industrial complex and reaches 8–1.2, which corresponds to a high level of pollution. The calculation of the ratio of average annual concentrations of pollutants to average daily maximum permissible concentrations indicates their constant excess for such substances as nitrogen dioxide, phenol and formaldehyde. Pollution dynamics reflect a decline during the pandemic and war, and a return to previous levels from 2023, when emissions increased due to the recovery of production and transportation. The obtained results indicate an insufficient number of observation posts, which

complicates the effective determination of sources of pollution and the implementation of measures to improve the quality of atmospheric air.

Key words: *atmospheric air, pollutants, complex index of atmospheric pollution, observation posts, monitoring, formaldehyde, measurement.*

Актуальність проблеми. Місто Запоріжжя є одним з найбільш урбанізованих, індустріальних та екологічно несприятливих міст України. Населення м. Запоріжжя проживає в умовах постійного забруднення повітря небезпечними забруднюючими речовинами техногенного походження. Криза техногенного навантаження на місто погіршується кліматичними особливостями регіону та існуючою забудовою. Місто Запоріжжя перебуває в кліматичних умовах, для яких характерні несприятливі умови розсіювання шкідливих викидів (температурні інверсії, штилі й тощо), що приводить до накопичування викидів підприємств у житлових районах. Основні підприємства міста Запоріжжя розташовані на промисловому майданчику, який знаходиться практично в центрі міста, забруднення атмосферного повітря над основними районами міста відбувається практично при будь-яких напрямках вітру (ЗМР, 2017). Актуальність наукової роботи полягає в наступному: контроль за станом атмосферного повітря є однією з ключових ланок системи моніторингу довкілля, оскільки надає інформацію про рівень забрудненості компонента, який першочергово впливає на здоров'я великої кількості людей.

У м. Запоріжжі державний моніторинг якості повітря проводиться Запорізьким центром гідрометеорології на п'яти стаціонарних постах спостереження (ЗГМЦ, 2024). Оскільки систему спостережень за забрудненням довкілля було сформовано 25–40 років тому то й стан приладів для вимірювань складу атмосфери, за якою проводяться спостереження, відповідає науково-технічному рівню 70-х років минулого століття. Наявна мережа спостережень ні за своїм складом, ні за переліком параметрів, що вимірюються, ні за технічним оснащенням не відповідає сучасному рівню, зокрема, вимогам Директиви № 2008/50/ЄС стосовно проведення моніторингу якості атмосферного повітря та Директиви № 2004/107/ЄС щодо концентрацій миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю і поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі. Згідно з процесами євроінтеграції, питання вдосконалення та аналізу системи моніторингу

є надзвичайно актуальними та пріоритетними (ЗОЦКПХ, 2024; Eco-City, 2024).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання аналізу стану атмосферного повітря намагаються вирішити у багатьох містах України. У статтях (Пацева, 2024; Кириєнко, 2023; Долженкова, 2024) зазначається про високий рівень забруднення повітряного басейну міст України. У статті (Пацева, 2024) особливу увагу приділено впливу забруднюючих речовин на стан здоров'я населення. Найпоширенішими забруднювачами у Житомирській області є діоксид сірки, оксид вуглецю, оксид азоту та пил (аерозолі). Основними джерелами забруднення визначено автомобільний транспорт, а також, з початком повномасштабного вторгнення, викиди шкідливих речовин унаслідок бойових дій. Крім того через ракетні обстріли виникають масовані пожежі, які створюють додаткове навантаження на якість атмосферного повітря. У висновках статті зазначається, що необхідно посилити важливість питання раціонального та нераціонального використання ресурсів для безпечної життєдіяльності людства в сучасних умовах навколишнього середовища, що дозволить зменшити кількість забруднювальних викидів в атмосферне повітря міста.

У статті (Кириєнко, 2023) обговорено питання організації моніторингу за станом атмосферного повітря у місті Харків. Харків, як і Запоріжжя знаходиться у безпосередній близькості до лінії бойового конфлікту та перебуває під обстрілами. Автори визначили необхідність проведення вдосконалення існуючої системи моніторингу атмосферного повітря, тому що зараз вона лише констатує факти перевищення показників забруднення, але не дозволяє отримати повну картину стану довкілля. Було запропоновано створити автоматизовані пости спостереження, які відповідають вимогам Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря» (Постанова КМУ №827, 2019).

Стаття (Долженкова, 2024) присвячена аналізу впливу військової агресії Росії на екологічну ситуацію в Україні, зокрема на стан атмосферного повітря. Одним із головних джерел забруднення від військових дій на території міст є вибухи, руйнування промислових та цивільних об'єктів, пожежі, які виникають після прильотів ракет. Викиди від цих процесів включають токсичні речовини такі як оксиди азоту, сірки, важкі метали, а також дрібні частки PM_{2,5} та PM₁₀, які мають серйозний вплив на здоров'я людини. Внаслідок таких викидів спостерігається збільшення захворюваності на хронічні обструктивні захворювання легень, бронхіти, серцево-судинні захворювання та рак.

Досліджуючи статті (Белоконь, 2021; Пірогова, 2020), які описують стан атмосферного повітря міста Запоріжжя, можна відзначити, що це техногенно навантажене місто, на території якого розташовані великі промислові підприємства та скупчується значна кількість автотранспорту. У статті (Белоконь, 2021) визначено перелік основних забруднюючих речовин, якими є формальдегід, пил, оксид вуглецю, фенол, оксиди азоту, діоксид сірки. У статті приведені розрахунки комплексного індексу забруднення атмосфери (КІЗА) на постах спостереження Запорізького обласного центру з гідрометеорології за період з 2016 по 2020 роки, які виявилися неоднорідними, так як перелік вимірюваних речовин не є уніфікованим для всіх постів. Найбільший рівень КІЗА спостерігається на постах, що розміщені у зоні впливу основного промислового майданчика. В інших районах міста, де наявний промисловий потенціал, спостереження не ведуться і оцінити рівень якості повітря за даними гідрометслужби неможливо.

Особливу увагу слід приділити розробленню заходів адміністративного реагування під час несприятливих метеоумов та оперативного інформування населення щодо періодів високого рівня забруднення під час них. Автори зазначають про проблему питання організації контролю за підприємствами з виконання заходів щодо скорочення викидів та методики підготовки попереджень під час несприятливих метеорологічних умов (Пірогова, 2020).

Отже, необхідно проводити вдосконалення системи моніторингу стану атмосферного повітря, щоб не лише фіксувати перевищення

забруднюючих речовин, а й забезпечити повну картину екологічної ситуації для розроблення подальших заходів зменшення впливу забруднюючих речовин на здоров'я популяції та довкілля.

Мета дослідження. Метою роботи було оцінити стан атмосферного повітря міста Запоріжжя за період 2016–2024 років, зокрема під час карантину та воєнного стану. У відповідності до мети були поставлені наступні завдання: проаналізувати стан забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя, розрахувати комплексний індекс забруднення атмосфери, визначити внесок кожної із основних забруднюючих речовин до загального рівня забруднення атмосфери.

Матеріалами дослідження виступали результати державної системи моніторингу атмосферного повітря у м. Запоріжжі за такими речовинами: оксид вуглецю (II), пил, формальдегід, фенол, фтористий водень, хлористий водень, діоксид азоту, оксид азоту (II), діоксид сірки на 5 стаціонарних постах за період 2016–2024 роки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Запорізький обласний центр з гідрометеорології здійснює моніторинг забруднення повітря в агломерації «Запоріжжя» на п'яти постах, розташованих у різних районах міста (табл. 1) (ЗОЦГМ, 2024; Белоконь, 2021).

На зазначених постах відбувається безперервний моніторинг за станом якості атмосферного повітря та вимірюються середньодобові концентрації забруднюючих речовин. На основі даних щодо середньодобових концентрацій окремо по постах Запорізького центру гідрометеорології в Запоріжжі за 2016–2024 роки було проаналізовано середньомісячні концентрації в кратності ГДК_{сд} (табл. 2).

На рис. 1 показана динаміка відношення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин до ГДК_{сд} за період з 2016 по 2024 роки, долі ГДК. Найбільші коливання спостерігаються у рівнях діоксиду азоту, пилу та формальдегіду, що вказує на зміну кількості викидів від промисловості та транспорту впродовж останніх років. У 2023 році було зафіксовано різке підвищення концентрацій цих забруднюючих речовин.

Для аналізу розподілу цього показника були проведені розрахунки КІЗА по середньодобовим концентраціям речовин по кожному ПЗС в Запоріжжі за період дослідження 2016–2024 рр.

Таблиця 1

Розташування постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Запоріжжі

№ поста	Місце розташування, район	Перелік речовин, за якими проводяться спостереження	
		основних	специфічних
№ 9	Вул. Рекордна, 2 Дніпровський	Пил загальний (завислі речовини), діоксид азоту, оксид вуглецю, діоксид сірки	Сірководень, фтористий водень, розчинні сульфати, важкі метали
№ 10	Бул. Шевченка, 25, Вознесенівський		Сірководень, фенол
№ 11	Вул. Миру, 1, Вознесенівський		Оксид азоту, сірководень, фенол, формальдегід, важкі метали, бенз(а)пірен
№ 12	Вул. Шкільна, 24 а, Олександрівський		Фенол, хлористий водень, важкі метали, бенз(а)пірен
№ 13	Пров. Черкаський, 13, Дніпровський		Хлористий водень, бенз(а)пірен

Таблиця 2

Відношення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин до ГДК_{сд}, долі ГДК

Рік	Пил	Діоксид азоту	Оксид азоту (II)	Діоксид сірки	Фтористий водень	Оксид вуглецю (II)	Фенол	Формальдегід	Хлористий водень
2016	0,82	2,03	1,01	0,16	0,02	0,37	1,94	1,80	0,23
2017	0,62	2,15	1,10	0,16	0,01	0,37	2,04	1,39	0,21
2018	0,62	1,73	0,87	0,20	0,10	0,32	1,89	1,38	0,20
2019	0,82	1,88	0,88	0,14	0,10	0,37	2,12	1,53	0,24
2020	0,75	1,71	0,85	0,15	0,12	0,38	2,08	1,75	0,18
2021	0,89	1,62	0,82	0,15	0,07	0,43	1,96	1,95	0,19
2022	0,70	1,30	0,68	0,14	0,02	0,36	1,61	1,76	0,17
2023	0,74	1,38	0,69	0,14	0,07	0,37	1,69	1,86	0,18
2024	0,84	1,70	0,85	0,14	0,04	0,16	2,06	2,16	0,23

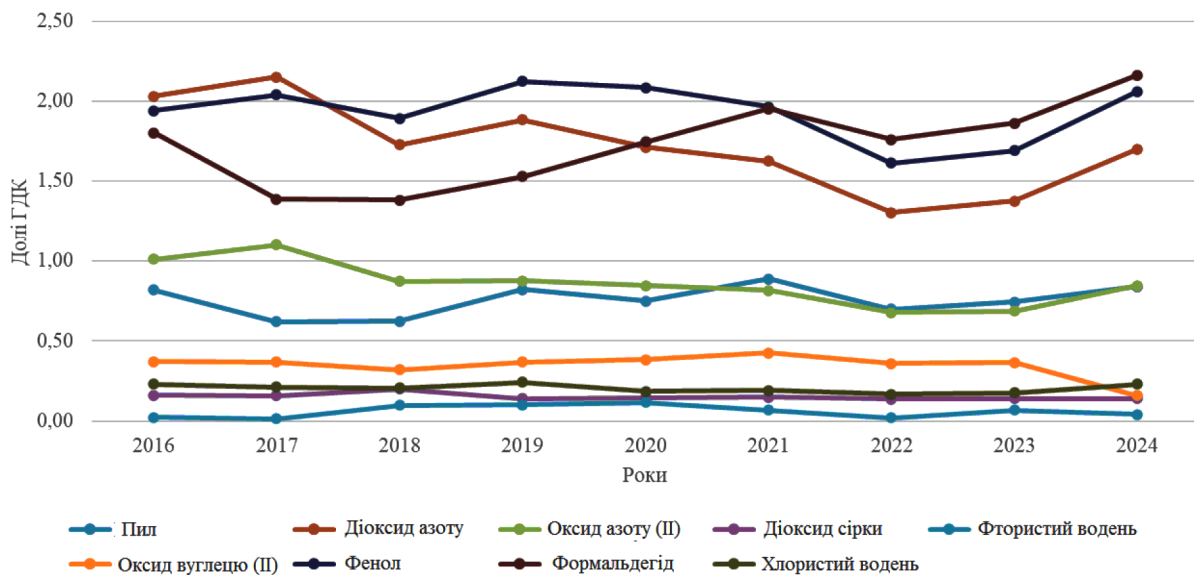


Рис. 1. Динаміка відношення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин до ГДК_{сд} за період з 2016 по 2024 роки, долі ГДК

Розрахунок КІЗА по постам проводився за всіма концентраціями спостережуваних речовин.

Комплексна оцінка здійснена через визначення показників: індекс забруднення атмосфери (ІЗА) і комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА):

$$ІЗА_i = \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right)^{a_i};$$

$$КІЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right)^{a_i},$$

де C_i – середньодобова (річна) концентрація забруднюючої речовини i в атмосферному повітрі, мг/м³;

n – кількість забруднюючих речовин, що враховуються при визначенні індексу (зазвичай 5);

$ГДК_i$ – гранично-допустима концентрація забруднюючої речовини i в атмосферному повітрі, мг/м³;

a_i – коефіцієнт, який залежить від класу небезпеки за токсичністю забруднюючої речовини i , показує рівень небезпеки i -ї забруднюючої речовини в порівнянні з діоксидом сірки (для речовин 1-го класу небезпеки дорівнює 1,5, 2-го класу – 1,3, 3-го класу – 1,0, 4-го – 0,85).

Проведено порівняння рівня забруднення атмосферного повітря за показником КІЗА, який диференціюють наступним чином: при КІЗА < 5 – рівень забруднення є низьким;

при $5 \leq \text{КІЗА} < 8$ – рівень підвищений; при $8 \leq \text{КІЗА} < 13$ – рівень високий; при $\text{КІЗА} \geq 13$ – рівень дуже високий.

У табл. 3 наводяться комплексні індекси забруднення по постах спостереження у період з 2016 по 2024 роки. Найбільш забрудненим є пост № 11, який розташований у безпосередній близькості до основного промислового майданчику міста.

На рис. 2 видно, що для різних постів спостереження спостерігаються варіації в показниках КІЗА, зокрема для постів № 10 та № 11, де значення КІЗА є більшим за минулі роки.

На рис. 3 видно, що для посту спостереження № 11 спостерігається динаміка зростання концентрацій фенолу, діоксиду азоту, а особливо формальдегіду за останні роки дослідження.

Розглянемо детальніше вклад забруднюючих речовин у формування стану якості

Таблиця 3

Комплексний індекс забруднення атмосфери по постах спостереження

	Пост № 9	Пост № 10	Пост № 11	Пост № 12	Пост № 13
2016	3,8	6,9	8,8	5,3	1,6
2017	3,7	6,8	8,0	5,4	1,9
2018	3,2	5,7	7,7	4,6	1,7
2019	3,4	6,2	9,0	5,5	2,0
2020	3,1	6,0	9,3	5,5	1,7
2021	3,4	5,8	10,3	4,8	2,0
2022	2,8	4,4	8,6	3,8	1,9
2023	3,1	4,5	11,2	4,3	1,9
2024	3,2	5,3	11,2	4,3	1,9

Динаміка КІЗА

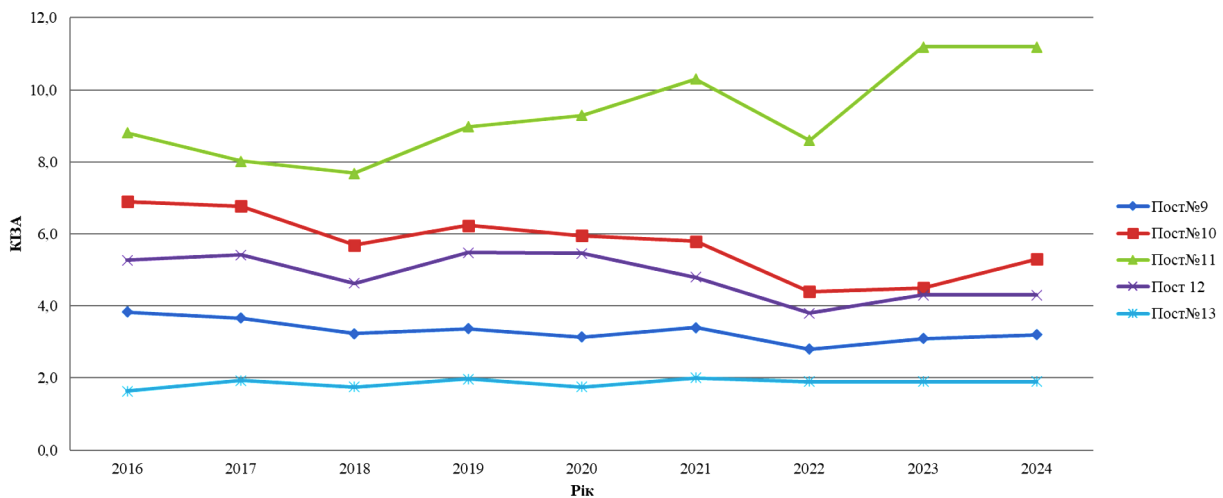


Рис. 2. Динаміка комплексного індексу забруднення атмосфери по постах спостереження

ПСЗ №11, динаміка відношення середньодобової концентрації до ГДК сд, долі ГДК

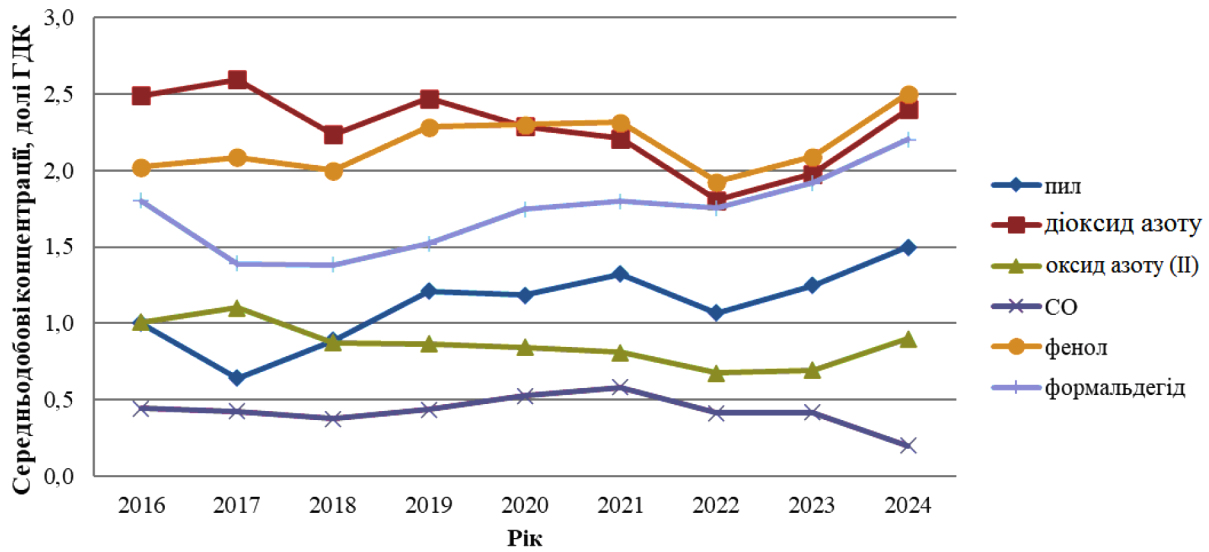


Рис. 3. Динаміка відношення середньодобової концентрації до ГДК_{сд} за період з 2016 по 2024 роки, долі ГДК

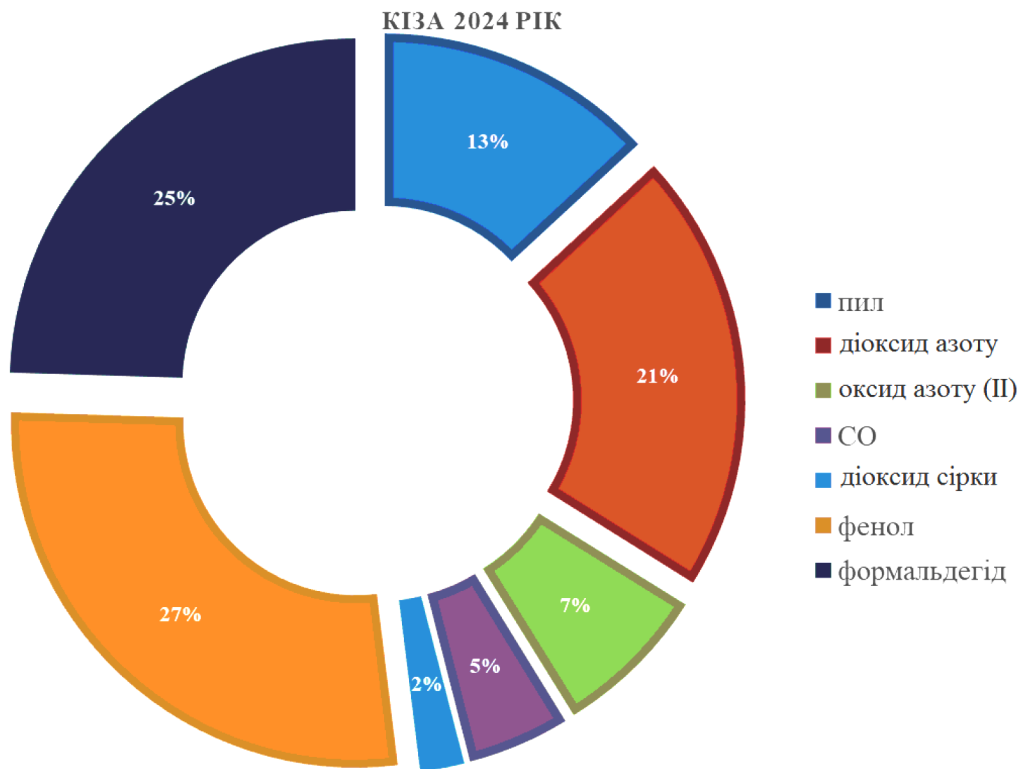


Рис. 4 Вклад забруднюючих речовин у формування стану якості атмосферного повітря для посту № 11 за 2024 рік

атмосферного повітря для посту № 11 за 2024 рік (рис. 4). Найбільший вклад вносять фенол, формальдегід та діоксид азоту.

В атмосферному повітрі міста Запоріжжя фотохімічні реакції утворення та витрати формальдегіду відіграють важливу роль в утворенні фотохімічних смогів, оскільки він є джерелом

вільних радикалів в атмосфері. Підвищені концентрації оксидів азоту, а також органічних домішок в умовах фотохімічного смогу призводять до появи підвищених концентрацій формальдегіду. Це характерно для метеорологічних умов, які сприяють накопиченню домішок і наступних фотохімічних трансформацій,

в ясну безвітряну погоду з великим вмістом забруднюючих речовин (Григор'єв, 2023). Як відомо, формальдегід є генотоксичною речовиною, може викликати соматичні мутації, які можуть передаватися нащадкам, має мутагенну, ембріотоксичну та канцерогенну дії. Тому збільшення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Запоріжжя є суттєвим екологічним ризиком для населення.

Сьогодні доведено існування кореляції між збільшенням автотранспорту й викидами формальдегіду: автомобіль, який працює на природному газі, дає вихлоп, у якому концентрація формальдегіду становить $0,177 \text{ мг/м}^3$, що у 2–3 рази більше, ніж під час використання бензину (Григор'єва, 2018). Як відомо, кількість авто, що використовують газ у якості палива, постійно збільшується.

Розглядаючи кліматично-метеорологічні умови м. Запоріжжя з позицій впливу на розсіювання викидів, зазначимо, що останні, особливо влітку, не характеризуються постійністю вітрів, що сприяло б розбавленню й перенесенню шкідливих домішок. Також потрібно зважати на те, що через фізико-хімічні властивості формальдегіду збільшення вмісту останнього в повітрі відбувається в сонячну погоду та при високих температурах повітря. При цьому транзит багатотонажних вантажівок через місто також активізується у весняно-осінній сезон року. Отже, усі ці фактори сприяють підвищеним рівням формальдегіду й інших поллютантів у повітрі міста (Григор'єва, 2018).

Висновки. Отже, розрахунок відношення середньорічних концентрацій забруднюючих речовин до середньодобових гранично допустимих концентрацій свідчить про постійне перевищення ГДК_{сд} для таких речовин, як діоксид азоту, фенол та формальдегід. Визначення конкретних причин високих концентрацій цих речовин в умовах наявних моніторингових даних є складним через наявність численних джерел забруднення, таких як автотранспорт, промисловість та природні чинники. Динаміка спостереження за концентраціями забруднюючих речовин свідчить про спад забруднення у період несприятливих соціальних подій (пандемія та війна) у 2020–2022 роки та підвищення рівня забруднення до попередніх рівнів,

починаючи з 2023 року, після адаптації до таких подій. У 2020 році на території України діяли карантинні обмеження спричинені пандемією Covid-19, що призвело до зменшення обсягів потужності підприємств та переміщення населення. У 2021 році після послаблення карантинних умов більшість підприємств почали налагоджувати виробництво до звичайного рівня, що призвело до зростання викидів, зокрема автомобільних через необхідність транспортування матеріалів та продукції. Також у цей період люди починають знову подорожувати та більше використовувати власний автотранспорт через проблеми з громадським транспортом. 2023 рік уособлює рік відновлення після початку повномасштабної російської агресії на території України. Та за період початку вторгнення до країни було завезено багато транспорту, який є застарілим та спричиняє забруднення навколишнього середовища.

Розрахунок комплексного індексу забруднення атмосфери свідчить про те, що пост № 11, який знаходиться найближче до промислового майданчику, є найбільш забрудненим. Динаміка показників чітко свідчить про спад забруднення у період початку повномасштабного вторгнення на територію України та подальше його зростання після налагодження виробництва підприємствами. У 2023–2024 роках досягається максимум значення КІЗА, що перевищує період до несприятливих умов та свідчить про додаткові джерела забруднення атмосферного повітря, якими можливо є наслідки після ракетних обстрілів міста.

Розглядаючи детальніше відношення середньодобової концентрації до ГДК_{сд} за період з 2022 по 2024 роки, на посту № 11 спостерігається збільшення перевищень по фенолу, пилю, формальдегіду, оксиду вуглецю (II), діоксиду азоту. Ці речовини є компонентами викидів різних джерел, що знову не надає повної картини причин утворення високих концентрацій на цій території міста.

Отримані результати свідчать про недостатню кількість постів спостереження, що ускладнює зонування міста та точне визначення джерел забруднення, а отже, перешкоджає ефективному впровадженню заходів для зменшення рівня забруднення атмосфери.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стратегія розвитку міста Запоріжжя на період до 2028 року. *Запорізька міська рада – офіційний вебсайт*. URL: https://zp.gov.ua/upload/content/o_1bv115shg1mh9je61iooc13u7ae4.pdf (дата звернення: 06.11.2024).
2. Забруднення повітря у м. Запоріжжя. *Запорізький обласний центр з гідрометеорології*. URL: <https://zapcgm.com.ua/pollution> (дата звернення: 02.11.2024).
3. Місія, візія, цінності. *Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб*. URL: <https://zp.cdc.gov.ua/about/mission/> (дата звернення: 02.11.2024).
4. Eco-City. *Eco-City Громадський моніторинг стану якості повітря*. URL: <https://eco-city.org.ua/> (date of access: 05.11.2024).
5. Пацева І.Г., Кагукіна А.М. Аналіз стану атмосферного повітря міста Житомира. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*. 2024. № 1. С. 77–81. URL: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.10> (дата звернення: 05.12.2024).
6. Організація моніторингу за станом атмосферного повітря у м. Харків / П.Г.Кирієнко та ін. *Екологічна безпека та природокористування*. 2023. Т. 48, № 4. С. 81–90. URL: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.81-90> (дата звернення: 05.12.2024).
7. Долженкова О., Назаренко Д. Оцінка впливу збройної агресії Росії на стан атмосферного повітря в Україні. *Challenges and Issues of Modern Science*, 2024. Т. 3, С. 305–311. URL: <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/230> (дата звернення: 05.12.2024).
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря». URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.
9. Белоконь К., Пірогова І. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2021. Т. 1, № 38. С. 149–158. URL: <https://doi.org/10.31319/2519-2884.38.2021.18> (дата звернення: 05.12.2024).
10. Пірогова І.М., Рильський О.Ф. Проблема регулювання якості повітря м. Запоріжжя при несприятливих метеоумовах. *Молодий вчений*. 2020. Т. 7, № 83. С. 128–132. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-7-83-28> (дата звернення: 05.12.2024).
11. Григор'єв К. Оцінка стану атмосферного повітря у місті Миколаєві. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 4. С. 39–48. URL: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-5> (дата звернення: 05.12.2024).
12. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Суха Н.О. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря в місті Миколаєві. *Екологічні науки*. 2018. Т. 4, № 23. С. 19–23.

REFERENCES:

1. Stratehiia rozvytku mista Zaporizhzhia na period do 2028 roku [Development Strategy of the City of Zaporizhzhia until 2028]. *Zaporizka miska rada – ofitsiyni veb-sait*. Retrieved from: https://zp.gov.ua/upload/content/o_1bv115shg1mh9je61iooc13u7ae4.pdf (data zvernennia: 06.11.2024).
2. Zabrudnennia povitria u m. Zaporizhzhia. *Zaporizkyi oblasnyi tsentr z hidrometeorologii* [Air pollution in the city of Zaporizhzhia]. Retrieved from: <https://zapcgm.com.ua/pollution> (data zvernennia: 02.11.2024).
3. Misiia, viziia, tsinnosti. [Mission, Vision, Values]. *Zaporizkyi oblasnyi tsentr kontroliu ta profilaktyky khvorob*. Retrieved from: <https://zp.cdc.gov.ua/about/mission/> (data zvernennia: 02.11.2024).
4. Eco-City. *Eco-City Hromadskyi monitorynh stanu yakosti povitria*. Retrieved from: <https://eco-city.org.ua/> (data zvernennia: 05.11.2024).
5. Patseva, I., & Kahukina, A. (2024). Analiz stanu atmosfernoho povitria mista Zhytomyra [Analysis of the Atmospheric Air State in the City of Zhytomyr]. *Slobozhanskyi naukovyi visnyk. Serii: Pryrodnychi nauky*, 1, 77–81. Retrieved from: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.10> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].
6. Kyriienko, P., Varlamov, Ye., Kvasov, V., & Lobov, S. (2023). Orhanizatsiia monitorynhu za stanom atmosfernoho povitria u m. Kharkiv [Organization of atmospheric air monitoring in Kharkiv]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 48(4), 81–90. Retrieved from: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.81-90> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].
7. Dolzhenkova, O., & Nazarenko, D. (2024). Otsinka vplyvu zbroinoi ahresii Rosii na stan atmosfernoho povitria v Ukraini [Assessment of the impact of Russia's armed aggression on the state of atmospheric air in Ukraine]. *Challenges and Issues of Modern Science*, 3, 305–311. Retrieved from: <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/230> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].
8. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14 serpnia 2019 roku № 827 “Deiaki pytannia zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu u haluzi okhorony atmosfernoho povitria” [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 14, 2019, No. 827 “Certain Issues of State Air Quality Monitoring in the Field of Atmospheric Protection”]. Retrieved from: <http://zakon4.rada.gov.ua/> [in Ukrainian].

9. Bielokon, K., & Pirohova, I. (2021). Analiz ta otsinka rivnia zabrudnennia atmosferного povitria m. Zaporizhzhia [Analysis and Assessment of the Level of Atmospheric Air Pollution in Zaporizhzhia]. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnogo tekhnichnogo universytetu (tekhnichni nauky)*. 1(38), 149–158. Retrieved from: <https://doi.org/10.31319/2519-2884.38.2021.18> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].

10. Pirohova, I., & Rylskyi, O. (2020). Problema rehuliuвання yakosti povitria m. Zaporizhzhia pry nespriyatlyvykh meteoumovakh. [The Problem of Air Quality Regulation in Zaporizhzhia at Adverse weather conditions]. *Molodyi vchenyi*. 7(83), 128–132. Retrieved from: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-7-83-28> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].

11. Hryhoriev, K. (2023). Otsinka stanu atmosferного povitria u misti Mykolaievi. Problemy khimii ta staloho rozvytku. [Assessment of the State of Atmospheric Air in the Mykolaiv City]. 4, 39–48. Retrieved from: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-5> (data zvernennia: 05.12.2024) [in Ukrainian].

12. Hryhorieva, L. I., Tomilin, Yu. A., & Sukha, N. O. (2018). Kompleksna otsinka zabrudnennia atmosferного povitria v misti Mykolaievi. [Comprehensive Assesment of atmospheric air polution in the Mykolaiv City]. *Ekolohichni nauky*. 4(23), 19–23 [in Ukrainian].