

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота**

**магістра**

на тему СЕЗОННА ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

М. ЗАПОРІЖЖЯ

THE SEASONAL DYNAMICS OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION OF

ZAPORIZHZHIA CITY

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища»

\_\_\_\_\_ Арабаджи М. К.

Керівник \_\_\_\_\_ доцент, доцент, к.с.г. н. Притула Н.М.

Рецензент \_\_\_\_\_ доцент, доцент, к.б.н. Горбань В.В.

Запоріжжя – 2023

# ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,  
д.б.н., проф.

О.Ф. Рильський

«31» \_\_\_\_\_ січня \_\_\_\_\_ 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Арабаджи Михайлу Костянтинівичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Сезонна динаміка забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя The Seasonal Dynamics of Atmospheric Air Pollution of Zaporizhzhia City

керівник роботи Притула Наталія Михайлівна доцент, к.с.г.н

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 р. № 644–с

2. Строк подання студентом роботи «30» листопада 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Визначити теоретичні і практичні аспекти сезонної динаміки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): основні теоретичні відомості, матеріали, методи дослідження та експериментальна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 16 таблиць, 7 рисунків

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., доцент, к.с.г.н.		

7. Дата видачі завдання 15.06.2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	жовтень – грудень 2022	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	січень – лютий 2023	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	квітень – березень 2023	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	травень – червень вересень 2023	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	жовтень 2023	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	грудень 2023	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2023	Виконано

Студент

М.К. Арабаджи

Керівник роботи

Н.М. Притула

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

Н.М. Притула

## РЕФЕРАТ

У роботі 69 сторінка, 16 таблиць, 7 рисунків, було використано 51 літературних джерел.

Об'єктом дослідження є процес забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя.

Предметом дослідження є показники забруднення атмосферного повітря на території міста Запоріжжя.

Методи дослідження: аналіз, оцінка, розрахунок, дослід, порівняння, співставлення.

Метою кваліфікаційної роботи є: проаналізувати сезону динаміку забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя основними домішками та виявити тенденції у негативних змінах

Теоретично та експериментально визначено: що існує залежність між рівнем антропогенного впливу та концентрацією забруднюючих речовин у атмосферному повітрі міста Запоріжжя. Проаналізовано специфіку зміни показників забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя під час воєнного стану. Результати дипломної роботи рекомендується використовувати під час проведення наукових досліджень та в практичній діяльності фахівців з екології. Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – при існуючому обсягу антропогенного навантаження, концентрація забруднюючих речовин у атмосферному повітрі міста Запоріжжя перевищуватиме гранично допустимі концентрації.

АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ВИКИДИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ, ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ, ПОКАЗНИКИ ЗАБРУДНЕННЯ, ПОСТИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, НЕОРГАНІЗОВАНИЙ ВИКИД, МОНІТОРИНГ, ВІДБІР ПРОБ.

## ABSTRACT

In the work 69 pages, 16 tables, 7 pictures were used, 51 literary sources were used

The object of the study is the process of atmospheric air pollution in the city of Zaporizhzhia.

The subject of the study is the indicators of atmospheric air pollution in the territory of the city of Zaporizhzhia.

Research methods: analysis, assessment, calculation, experiment, comparison, juxtaposition.

The purpose of the qualification work is: to analyze the seasonal dynamics of atmospheric air pollution in the city of Zaporizhzhia with major impurities and to identify trends in negative changes.

Theoretically and experimentally determined: that there is a relationship between the level of anthropogenic influence and the concentration of pollutants in the atmospheric air of the city of Zaporizhzhia. The specifics of changes in air pollution indicators of the city of Zaporozhye during the martial law were analyzed. The results of the thesis are recommended to be used during scientific research and in the practical activities of ecology specialists. Predictive assumptions regarding the development of the research object – with the existing volume of anthropogenic load, the concentration of pollutants in the atmospheric air of the city of Zaporizhzhia will exceed the maximum permissible concentrations.

ATMOSPHERIC AIR, EMISSIONS, POLLUTANTS, ATMOSPHERIC POLLUTION INDEX, POLLUTION LEVEL, POLLUTION DYNAMICS, POLLUTION INDICATORS, OBSERVATION POSTS, UNORGANIZED EMISSION, MONITORING, SAMPLING

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	6
ВСТУП .....	8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря у містах.....	10
1.2. Система моніторингу атмосферного повітря в Україні .....	15
1.3. Стаціонарні пости спостереження за станом атмосферного повітря ...	19
1.4. Способи покращення екологічного стану атмосферного повітря у населених пунктах.....	22
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
2.1. Умови проведення досліджень .....	24
2.2. Методика досліджень .....	29
3 АНАЛІЗ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ .....	32
3.1. Особливості розміщення та роботи стаціонарних постів спостережень за атмосферним повітрям у місті Запоріжжя .....	32
3.2. Дослідження змін сезонної динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя .....	37
3.3. Проблематика забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя під час воєнного стану .....	50
3.4. Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок збройного обстрілу.....	52
4.1 Алгоритм дій під час повітряної тривоги .....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	63
ДОДАТКИ.....	68
Додаток А.....	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – гранично допустима концентрація

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

КІЗА – комплексний індексу забруднення атмосфери

АСКОС – автоматизовані системи спостережень та контролю оточуючого середовища

ПСЗ – стаціонарні пости спостереження за станом забруднення навколишнього природного середовища

ЗЦГМ – Запорізький обласний центр з гідрометеорології

МЛМД – мобільна лабораторія моніторингу довкілля

ПАТ – публічне акціонерне товариство

ПрАТ – приватне акціонерне товариство

АТ – акціонерне товариство

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

КП – казенне підприємство

МЕП – муніципальний енергетичний план

SEAP – план дій сталого енергетичного розвитку

USAID – муніципальна енергетична реформа в Україні

СНД – Співдружність Незалежних Держав

ООН – Організація Об'єднаних Націй

## ВСТУП

Атмосферне повітря є одним з визначальних чинників, що впливає на стан здоров'я людини. В наш час проблема забруднення атмосферного повітря є особливо гострою. Склад атмосферного повітря у містах залежить від виду виробництва і рівня його антропогенного навантаження.

Актуальність питання визначення стану атмосферного повітря зростає у містах, що характеризуються розвинутою промисловістю та чисельним автотранспортом. У містах концентрація забруднюючих речовин у повітрі є значно вищою, ніж у селах. Враховуючи густоту жителів міст, питання контролю якості атмосферного повітря набуває особливого значення.

Тому оцінка забруднення та рівня антропогенного впливу на атмосферне повітря у великих промислових містах є необхідною та актуальною задачею, оскільки надає інформацію про рівень забрудненості компонента, який першочергово, впливає на здоров'я великої кількості людей.

Місто Запоріжжя відноситься до великих промислово розвинених регіонів України та характеризується значним рівнем викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

З огляду на зазначене питання вивчення динаміки забруднення повітря міста є надзвичайно актуальним.

З початку повномасштабного вторгнення військ російської федерації на територію України система контролю за станом атмосферного повітря зазнала суттєвих негативних впливів.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали літературних джерел інформації, дані статистичної звітності про викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, дані моніторингових спостережень.



*Метою досліджень є* аналіз сезонної динаміки забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя основними домішками та виявити тенденції у негативних змінах.

*Завдання досліджень:*

- проаналізувати роботу стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря у місті Запоріжжя;
- визначити специфіку забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя під час воєнного стану;
- визначити сезонну динаміку забруднення атмосферного повітря за період з 2020 по 2022 роки;
- встановити індекс забруднення атмосфери;
- здійснити розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок збройного обстрілу.

*Об'єктом дослідження є* процес забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя.

*Предметом дослідження є* показники забруднення атмосферного повітря на території міста Запоріжжя.

*Новизною дослідження є* проведення комплексного дослідження сезонної динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя та виявлення негативних тенденцій.

Дані отримані під час дослідження можна використовувати у наступних дисциплінах: екологічний моніторинг, урбоекологія, нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище, екологічна безпека, загальна екологія, метрологія, метеорологія, кліматологія, біологія.

## 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Джерела забруднення атмосферного повітря у містах

Атмосферне повітря міст зазнає постійного антропогенного впливу, внаслідок чого змінюються його кількісні та якісні показники. Великі міста характеризуються високими рівнями антропогенних навантажень на навколишнє середовище, в результаті чого вони деформується, набуває якісно нових рис, аж до зміни кліматичних факторів і фізико-хімічних властивостей середовища, зокрема погіршення стану атмосферного повітря.

За даними метеорологічних спостережень можна зазначити, що температура повітря в межах міських територій у середньому на декілька градусів вища, ніж у приміських районах. Над великими індустріально розвиненими містами, частіше випадають атмосферні опади, бувають густі тумани та смоги.

Запиленість повітря помітно зменшують проникнення до земної поверхні сонячних променів. Також виникають такі негативні явища, як рух до центральної частини міста повітряних потоків, що несуть сюди забруднені промислові викиди підприємств, розташованих за межами міста [1, 2].

Основними джерелами забруднення атмосфери міста є: транспорт, промислові об'єкти, а також енергетичні системи міста.

Автотранспорт дає 70 % усіх токсичних викидів у атмосферу. В Україні зареєстровано більше 1 млн вантажних автомобілів та близько 3 млн легкових. Доля автотранспортного забруднення атмосфери в загальній їх кількості у середньому становить 85 %. Погіршенню стану атмосферного повітря в містах сприяє зростання кількості автотранспортних засобів, що супроводжується збільшенням об'ємів забруднюючих речовин із вихлопних труб.

Сумарний рівень забруднення атмосферного повітря великих і середніх міст України у 2 – 4 рази перевищує гранично допустимий рівень та

призводить до погіршення стану здоров'я населення. Оцінка сучасного рівня забруднення атмосферного повітря є надзвичайно актуальною проблемою.

Особливу увагу слід приділити таким домішкам забруднюючих речовин у атмосферному повітрі:

- завислі речовини (аерозолі, пил);
- оксид вуглецю;
- двоокис азоту;
- двоокис формальдегіду.

Середні концентрації в атмосферному повітрі саме цих речовин останнім часом стрімко збільшуються [3, 4, 5].

Також у міському повітрі виріс об'єм вуглеводнів, оксидів азоту, сажі. Найбільшу небезпеку, окрім зазначених сполук складають сірчані та свинцеві сполуки. Їх вміст у міському повітрі значною мірою виріс.

Автотранспорт також призводить до специфічних форм забруднення повітря. При русі стираються шини і тисячі тонн гуми у вигляді пилу потрапляє в повітря. Міський автомобільний транспорт не тільки забруднює повітря продуктами згорання палива, також у атмосферне повітря потрапляє свинець. В Україні поки ще використовують бензин із вмістом свинцю 0,36 г/л, тоді як в Англії, Німеччині та США вміст свинцю складає від 0,013 до 0,15 г/л.

Великі міста споживають велику кількість енергії. Споживання енергії відбувається у різних формах. Досить широко використовується кам'яне вугілля, нафтопродукти та природний газ. Це вже само по собі визначає забруднення великих міст продуктами згорання. До жилих будинків та виробничих приміщень енергія потрапляє у формі електрики, газу, парового опалення [5, 6].

У великих індустріальних містах атмосферне повітря забруднюють підприємства чорної та кольорової металургії, хімії, машинобудування та харчової промисловості, на них припадає значна усіх викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря.

Останнім часом викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин від промислових підприємств знизились у зв'язку із зменшенням обсягів виробництва, а також впровадження на підприємствах природоохоронних заходів, встановлених умовами дозволів на викиди забруднюючих речовин та регіональними природоохоронними програмами.

Основною причиною забруднення атмосферного повітря у містах залишаються застарілі технології та устаткування, на базі яких функціонують підприємства і які не можуть забезпечити дотримання сучасних нормативів.

Однак за рахунок автомобільних викидів якість атмосферного повітря в містах погіршилась [7].

Зниження якості атмосферного повітря небезпечно для здоров'я міських мешканців. Людина за добу вживає у середньому 25 кг повітря.

Найбільш поширеною шкідливою домішкою повітряного середовища є чадний газ. Надмірна кількість чадного газу в повітрі призводить до швидкої головного болю, запаморочення, втомлюваності людини, порушення діяльності серцево-судинної системи та інших систем організму.

Доведено прямий зв'язок між концентрацією бенз(а)пірену у повітрі і смертністю від раку легенів. Взагалі, смертність від раку легенів серед мешканців міст вдвічі більша, ніж серед мешканців села. Внаслідок забруднення повітря відбувається загострення хронічних захворювань верхніх дихальних шляхів, що викликано, зокрема, подразнюючим впливом оксидів сірки, азоту, вуглецю, альдегідів і продуктів їх трансформації, які потрапляють в атмосферу міста з відпрацьованими газами від автотранспорту. Захворюваність на пневмонію, інфаркт міокарда, алергічні хвороби, зокрема бронхіальну астму, яка також пов'язана із забрудненням повітря. Смог викликає у людей подразнення очей, слизових оболонок носа і горла, симптоми задухи, загострення легеневих та різних хронічних захворювань [8, 9].

За даними останніми років, дуже високий і високий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігався у більш ніж 20 містах України. Про це

повідомляє Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Найбільш забрудненими є міста на сході та в центрі України.

У центральному регіоні найбільш забруднене повітря у Дніпропетровську, Дніпродзержинську та Кривому Розі. У Черкасах високий рівень забруднення спостерігався до 2008 року, згодом він зменшився до підвищеного.

У південному регіоні дуже високий рівень забруднення залишається в Одесі, високий у Красноперекіпську та Запоріжжі. На заході високий рівень забруднення повітря спостерігається в Луцьку, в окремі роки в м. Ужгород. Загалом, на території України рівень забруднення атмосферного повітря характеризувався як високий [10, 11].

Моніторинг стану забруднення атмосферного повітря на мережі спостережень гідрометеорологічних організацій здійснюється в 53 містах України, в тому числі у всіх обласних центрах. Дуже високий рівень забруднення атмосферного повітря в містах пов'язаний зі значними концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, фенолу, бенз(а)пірену, фтористого водню, оксиду вуглецю, завислих речовин.

Також для дослідження застосовують класичні методи прикладної математичної статистики (оцінка статистичних параметрів розподілу концентрацій, графічні методи візуалізації рівнів забруднення повітря).

Розглянемо кількісні та якісні показники деяких забруднюючих речовин.

Завислі речовини або аерозолі – це динамічна суміш дрібних твердих частинок і крапель рідини, яка у вигляді суспензії перебуває у завислому стані атмосферного повітря. Вони невидимі для людського ока, адже мають розміри від кількох нанометрів до 100 мікрометрів. Незважаючи на такі незначні розміри, аерозолі негативно впливають на здоров'я населення, завдають шкоди архітектурним спорудам, погіршують видимість. Ступінь дисперсії завислих частинок має велике гігієнічне значення, тому що вона визначає тривалість їх перебування у повітрі та вплив на організм. Чим

менші розміри завислих частинок, тим довше вони знаходяться у завислому стані у повітрі, тим далі віддаляються від джерела викиду. Великодисперсні частинки осідають із повітря, частково затримуються у верхніх дихальних шляхах. Найбільш загрозливі – середньодисперсні частинки, які проникають до альвеолярної поверхні легень, затримуються там і можуть зумовлювати ураження бронхів і легень.

Діоксид азоту, його загальна маса, яка щорічно надходить в атмосферу при антропогенних процесах, становить понад 15–20 млн тон. Це приблизно 0,1 маси цього газу, який утворюється природним шляхом (вулкани, грозова діяльність, мікроорганізми). Діоксид азоту зберігається в атмосфері в середньому близько 3 діб. При взаємодії із водяною парою він перетворюється на азотну кислоту та інші нітрати. Діоксид азоту є вторинною домішкою, яка утворюється в результаті фотохімічних реакцій, що відбуваються в атмосфері. Частина оксидів азоту із викидів переходить у діоксид, інші оксиди зберігаються тривалий час у вигляді оксидів азоту і теж надходять в атмосферу.

Моноксид вуглецю – найпоширеніша й найсуттєвіша за масою домішка атмосфери. У природних умовах вміст оксиду вуглецю в атмосфері дуже малий, коливається від сотих частинок до 0,2 частинок на млн на одиницю. Вміст монооксиду вуглецю у великих містах коливається в межах від 1 до 250 частинок на млн на одиницю. Моноксид вуглецю утворюється у процесі горіння викопного палива (вугілля) або сполук, що містять вуглець, при нестачі кисню в опалюваних приладах, а також у результаті роботи двигунів внутрішнього згоряння при неповному згорянні пального. Найвища концентрація CO спостерігається на вулицях і майданах з інтенсивним рухом автотранспорту, особливо в автомобільних пробках [12, 13].

Формальдегід є газоподібною забруднювальною речовиною, вміст якої у повітрі регулюється як природними процесами (лісові пожежі, вулканічні гази, виділення рослинами та 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, пропілену, ізопрену, толуолу, метанолу, стиролу, окремих ацетиленових вуглеводнів) у приземному шарі атмосфери.

Рівень забруднення повітря у містах оцінюється за допомогою індексу забруднення атмосфери, який розраховується за сумою п'яти найбільших забруднюючих домішок із середньорічними концентраціями. ІЗА кожної забруднюючої домішки отримують шляхом ділення її середньорічної концентрації на гранично допустиму концентрацію (середньодобову) і зведення в ступінь, яким є коефіцієнт відповідно до класу небезпеки цієї домішки [14].

## 1.2. Система моніторингу атмосферного повітря в Україні

Підвищення антропогенного впливу на навколишнє середовище вимагає оволодіння детальною інформацією про нього, яка дасть змогу не тільки оцінити реальну ситуацію, а й спрогнозувати стан середовища у перспективі, налагодити раціональну систему природоохоронної діяльності, отримати контроль над змінами навколишнього середовища.

Моніторинг атмосферного повітря – це система спостережень за станом атмосфери, його забрудненням і природними явищами, які відбуваються в ньому, а також оцінка і прогноз стану атмосферного повітря.

В даний час в багатьох містах промислово розвинених країн створюється мережа пунктів спостереження (моніторингу) за забрудненням атмосферного повітря. За останнє десятиліття дана система отримала значне розширення і розвиток. Збільшилося число міст, в яких ведеться контроль за

забрудненням повітря, число пунктів спостережень в них і спостережуваних інгредієнтів.

Постійно розробляються нові методи і технічні засоби вимірів, у тому числі автоматичні прилади і системи контролю.

Організацією і вдосконаленням моніторингу у ряді країн активно зайнялися метеорологічні відомства. Це дозволило підвищити науково-технічний рівень спостережень, що проводилися, і одночасно з виміром концентрацій шкідливих речовин вивчити метеорологічні, топографічні і інші чинники, що визначають їх розподіл в атмосфері [15, 16].

Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, оброблення, збирання, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі охорони атмосферного повітря, згідно статті 32 Закону України «Про охорону атмосферного повітря». Він є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля України [17].

До об'єктів моніторингу атмосферного повітря належить:

- атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади;
- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Суб'єктами, які здійснюють моніторинг атмосферного повітря, є: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Державна санітарно-епідеміологічна служба Міністерства охорони здоров'я України, їх органи на місцях, підприємства, установи, організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря.

Здійснення моніторингу атмосферного повітря здійснюється з метою отримання:

- первинних даних контролю за викидами та спостережень за станом забруднення;



- узагальнених даних про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу;
- узагальнених даних про склад та обсяги викидів забруднюючих речовин;
- оцінки рівня та ступеня небезпечності забруднення для довкілля та життєдіяльності населення;
- оцінки складу та обсягів викидів забруднюючих речовин.

Порядок організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 9 березня 1999 року зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів від 24 вересня 1999 року.

Відповідно до статті 27 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», контроль у галузі охорони атмосферного повітря здійснюється з метою забезпечення дотримання вимог законодавства про охорону атмосферного повітря місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, посадовими особами цих органів, а також суб'єктами господарювання, установами, організаціями та громадянами.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України здійснює свою діяльність у галузі охорони атмосферного повітря спільно з Державною санітарно – епідеміологічною службою Міністерства охорони здоров'я України та його органами на місцях у частині додержання нормативів екологічної безпеки та інших правил і нормативів, спрямованих на запобігання негативному впливу на здоров'я людей [18, 19].

Місцеві органи державної виконавчої влади контролюють, як виконуються і дотримуються правила по оздоровленню навколишнього середовища, як здійснюється санітарна охорона атмосферного повітря. Вони забезпечують проведення заходів щодо охорони навколишнього середовища, запобігання, зниження інтенсивності й усунення шуму у виробничих, жилих і громадських приміщеннях, у дворах, на вулицях і площах населених пунктів.

Згідно зі статтею 29 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» виробничий контроль у галузі охорони атмосферного повітря здійснюють суб'єкти господарювання, які в своїй діяльності використовують джерела шкідливих хімічних, біологічних і фізичних впливів на атмосферне повітря і які призначають осіб, що відповідають за проведення виробничого контролю в галузі охорони атмосферного повітря.

Міжнародні та регіональні системи спостережень і контролю за забрудненням атмосферного повітря розвинутих країн організовані відповідно до рекомендацій ООН, які були розроблені при створенні програм моніторингу. Спостереження за станом атмосферного повітря проводять з 70-х років ХХ століття [19, 20].

Системи моніторингу атмосферного повітря різних країн відстежують якість повітря та його зміни в критичних аварійних ситуаціях. Перелік забруднювальних речовин, за якими здійснюється спостереження, кожна країна визначає самостійно. Подібний підхід до організації системи спостереження за станом атмосферного повітря застосовують у країнах СНД і в Україні.

Закон України «Про охорону атмосферного повітря» значно розширив функції служб спостереження та контролю за забрудненням атмосферного повітря, які в своїй практиці використовують розрахункові та експериментальні методи. На основі теоретичних та експериментальних досліджень поширення домішок в атмосферному повітрі вироблено основні принципи організації мережі спостережень, лабораторного (хімічного) аналізу проб повітря, збирання, оброблення та узагальнення інформації про забруднення.

Інформацію про вміст забруднювальних речовин в повітрі надає мережа служби моніторингу.

Оцінювання забруднення атмосферного повітря в містах України здійснюють за даними спостережень, які проводять у 54 містах на 166 стаціонарних постах та на 2 станціях транскордонного переносу. Раціонально

організована система спостережень та контролю за станом атмосферного повітря дає змогу отримати необхідну інформацію про якісний склад повітря в населених пунктах і зонах впливу джерел викидів, про транскордонні перенесення забруднювальних речовин, виявити території, для яких характерні перевищення ГДК забруднювальних речовин. Наявність достовірних і комплексних даних спостережень є необхідною передумовою для розроблення рекомендацій щодо поліпшення стану атмосфери [21, 22].

### 1.3. Стаціонарні пости спостереження за станом атмосферного повітря

Діюча в Україні мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря охоплює пости ручного відбору проб повітря й автоматизовані системи спостережень та контролю оточуючого середовища.

Пости спостережень за забрудненнями можуть бути стаціонарними, маршрутними та пересувними (підфакельними). З постів ручного відбору проби для аналізу передають в хімічні лабораторії.

Стаціонарні АСКОС обладнані пристроями для безперервного відбирання та аналізування проб повітря в заданому режимі й передавання інформації каналами зв'язку в центр управління [23, 24].

Стаціонарний пост спостереження призначений для регулярного відбору проб повітря з метою подальшого лабораторного аналізу, безперервного реєстрування вмісту забруднювальних речовин автоматичними газоаналізаторами.

Мережа стаціонарних постів обладнана приміщеннями типу «ПОСТ» – утепленими дюралевими павільйонами, в яких встановлені комплекти приладів та обладнання для відбору проб повітря і вимірювання метеорологічних параметрів: температури, вологості, швидкості та напрямку вітру. Діючі типи павільйонів «ПОСТ-1», «ПОСТ-2», «ПОСТ-2а»

відрізняються продуктивністю та ступенем автоматизації. Найпоширенішими є лабораторії типу «Пост–2».

Лабораторію комплектну типу «ПОСТ–2» використовують для стаціонарних спостережень за рівнем забруднення атмосферного повітря, а також для з'ясування метеорологічних характеристик. Вона забезпечує автоматичне вимірювання та фіксування на діаграмній стрічці концентрацій оксиду вуглецю і діоксиду сірки; автоматичний відбір 33 проб повітря для визначення 5 газоподібних домішок, сажі та пилу; ручний відбір 5 проб повітря на вміст газоподібних домішок, сажі і пилу; автоматичне вимірювання і реєстрацію напрямку та швидкості вітру, температури ( $-50\dots+50^{\circ}\text{C}$ ), вологості атмосферного повітря ( $0\dots100\%$ ); контроль за температурою, вологістю і тиском атмосферного повітря за допомогою переносних приладів [25, 26].

Серед стаціонарних постів можна виділити опорні стаціонарні пости. Вони призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних або найпоширеніших забруднювальних речовин. Також існують неопорні стаціонарні пости, які призначені для спостережень за спеціальними, характерними для контрольованої місцевості, шкідливими речовинами.

Кількість стаціонарних постів визначають залежно від наступних показників:

- чисельності населення;
- рельєфу місцевості;
- особливостей промисловості;
- змін концентрацій забруднювальних речовин.

Стаціонарний пост призначений для забезпечення безперервної реєстрації вмісту забруднювальних речовин або регулярного відбору проб повітря для подальшого аналізу. З числа стаціонарних виділяють опорні стаціонарні пости, призначені для виявлення довгострокових змін вмісту основних і найбільш розповсюджених специфічних речовин. До основних в Україні рекомендовано віднести також формальдегід та бенз(а)пірен.

Стационарний пост спостережень – це спеціально обладнаний павільйон, в якому розміщена апаратура, необхідна для реєстрації концентрацій забруднюючих речовин і метеорологічних параметрів за встановленою програмою.

Місце для установки стаціонарного поста вибирається, як правило, з урахуванням метеорологічних умов формування рівнів забруднення атмосферного повітря. При цьому заздалегідь визначається коло завдань: оцінка середньомісячної, сезонної, річної і максимальної разової концентрацій, ймовірності виникнення концентрацій, що перевищують гранично допустимі концентрації [27, 28, 29].

Перед установкою посту слід проаналізувати розрахункові поля концентрацій за всіма інгредієнтами від сукупності викидів усіх стаціонарних і пересувних джерел; особливості забудови і рельєфу місцевості; перспективи розвитку житлової забудови та розширення підприємств промисловості, енергетики, комунального господарства, транспорту та інших галузей міського господарства; функціональні особливості обраної зони; щільність населення; метеорологічні умови даної місцевості та інше.

Пост повинен перебувати поза аеродинамічній тіні будівель і зони зелених насаджень. Його територія повинна добре провітрюватися, не наражатися впливу близько розташованих низьких джерел (стоянок автомашин, дрібних підприємств з низькими викидами тощо).

Кількість стаціонарних постів у місті визначається чисельністю населення, рельєфом місцевості, особливостями промисловості, функціональною структурою (житлова, промислова, зелена зона тощо), просторової і тимчасової мінливості полів концентрацій шкідливих речовин.

Для населених пунктів зі складним рельєфом і великим числом джерел рекомендується встановлювати один пост на кожні (5–10) км. Щоб інформація про забруднення повітря враховувала особливості міста, рекомендується ставити пости спостережень в різних функціональних зонах

(житлова, промислова, зони відпочинку). У містах з великою інтенсивністю руху автотранспорту пости встановлюються і поблизу автомагістралей [30, 31, 32].

Також слід зазначити, що існують мобільні лабораторії моніторингу довкілля, одна з таких лабораторій функціонує у місті Запоріжжя. Така мобільна лабораторія відбирає зразки та досліджує повітря, ґрунт, воду, а також радіаційний фон навколишнього середовища в режимі онлайн, цілодобово.

Дослідження та відбір проб здійснюється по 16 забруднюючим речовинам у повітрі, серед яких: диоксид сірки, азоту, оксид вуглецю, фенол, сірководень, хлор та аміак. У воді за допомогою обладнання виявляє 8 шкідливих речовин: нафтопродукти, нітрати, хлориди, сухий залишок та інше. Похибка вимірювань складе не більше 1% [33].

#### 1.4. Способи покращення екологічного стану атмосферного повітря у населених пунктах

Серед системи заходів направлених на запобігання забруднення атмосферного повітря, слід зазначити декілька основних груп:

Перша група заходів, спрямовані на скорочення валових викидів забруднювачів в атмосферу.

Заходи технічного, економічного і юридичного характеру: вдосконалення технологічних процесів промислових підприємств; орієнтація на екологічно безпечні джерела виробництва електроенергії; покращення карбюрації палива, перехід транспортних засобів на екологічно безпечні види палива.

Для захисту атмосферного повітря від забруднень автотранспортом велике значення мають заходи по плануванню та розбудові міських поселень

зокрема: озеленення автомагістралей; зонування жилих масивів;– створення різнорівневих транспортних розв'язок, кільцевих доріг; використання підземного простору для розміщення автостоянок; створення швидкісних автомагістралей, санітарно – захисних зон.

До заходів економічного характеру спрямованих на скорочення викидів в атмосферу належать: встановлення економічних санкцій (плата за викиди, плата за надмірні викиди, штрафи за заподіяння шкоди навколишньому середовищу); формування екологічних бірж, в рамках яких можна придбати чи продати право на додаткові викиди забруднюючих речовин в атмосферу; розробка заходів по стимулюванню впровадження нових технологічних процесів [34, 35].

Групу заходів юридичного характеру представляють законодавчі акти про охорону та використання атмосферного повітря. До них належать міжнародна конвенція ООН, про зміну клімату, а також ряд законодавчих актів державного рівня: закон України «Про атмосферне повітря», Положення про порядок видачі дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, Інструкція про порядок розробки, встановлення, перегляду та доведення лімітів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Друга група заходів складається з тих, що направлені на зменшення концентрації забруднюючих речовин в границях промислових вузлів, центрів, агломерацій. До них відносять заходи з планування розосередження, деконцентрації шкідливих виробництв по території.

Третя група заходів складається екологічної освітні та екологічного виховні. Формування складових екологічної культури населення дозволяє впорядкувати побутове забруднення повітряного середовища, з розумінням відноситись до запровадження заходів із зменшення забруднення атмосферного повітря на робочих місцях, в установах, організаціях і підприємствах [36, 37].

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Умови проведення досліджень

Місто Запоріжжя є окремою адміністративно-територіальною одиницею – містом обласного значення, адміністративний центр Запорізької області. Місто розміщене в центральній Україні.

Є одним з найбільших адміністративних, індустріальних та культурних центрів півдня України. Великий індустріальний центр України з розвиненим машинобудуванням, чорною та кольоровою металургією, хімічною та будівельною промисловістю. Місто має річковий порт, міжнародний аеропорт і є важливим транзитним залізничним вузлом.

Разом із навколишніми поселеннями місто утворює Запорізьку агломерацію. Особливістю міста Запоріжжя є те, що в ньому зосереджено близько 65% продуктивних потужностей області і близько 43% населення області.

Місто Запоріжжя справедливо вважають промисловим, металургійним серцем України. Саме тут виплавляється більше третини всієї сталі, виробленої в країні, більше 17,0% чавуну, виробляється 75,0% високовольтної апаратури та 20,0% металоконструкцій. Бюджети міста та країни значною мірою наповнюються завдяки роботі металургійного комплексу. Запоріжжя один з небагатьох обласних центрів, який має позитивне сальдо зовнішньої торгівлі, що в свою чергу збільшує валютний запас регіону та держави. Економіка міста зосереджена на металургійній галузі, машинобудуванні та енергетиці. Продукція більшості підприємств міста успішно конкурує на світовому ринку [38, 39].

Провідними підприємствами м. Запоріжжя і одночасно найбільшими стаціонарними забруднювачами атмосферного повітря на сьогодні є:

– ПрАТ «Дніпроспецсталь» – виробник спеціальних сталей і сплавів;



- ПАТ «Запоріжсталь» – одне з провідних металургійних підприємств України, яке входить до складу найбільшої гірничо-металургійної компанії - Групи Метінвест;
- АТ «Запорізький завод феросплавів» – провідний виробник феросплавів;
- ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» – єдиний в Україні виробник губчатого титану, який також виробляє титанові зливки;
- ПрАТ «Український графіт» – провідний виробник графітованих електродів для електричних печей;
- АТ «Мотор Січ» – одним з найбільших підприємств у світі з випуску авіаційних двигунів для літаків і гелікоптерів, а також промислового газотурбінного устаткування;
- ПрАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» – єдине в Україні підприємство, що має повний цикл виробництва легкових автомобілів;
- ПрАТ «Запоріжтрансформатор» – один з лідерів світового трансформаторобудування, який поставляє свою продукцію у більш, ніж 80 країн світу;
- ПрАТ «Запоріжкран» є одним з найбільших кранобудівних підприємств в Україні, виготовляє крани вантажопідйомністю від 5 до 1000 тонн;
- КП «Наукововиробничий комплекс «Іскра» – провідний розробник та виробник наземної радіолокаційної техніки оборонного комплексу України;
- ТОВ «ЗАРЗ «Мігремонт» – спеціалізується на ремонті авіаційної техніки;
- ПрАТ «Запоріжкокс» – одне з найбільших коксохімічних підприємств на території України;
- ПрАТ «Запоріжвогнетрив» – одне з найбільших підприємств в Україні з виробництва вогнетривких виробів і матеріалів високої якості, а також єдине за видами й асортиментом продукції;

– АТ «ДТЕК Дніпроенерго» – один з провідних українських виробників електроенергії та тепла, компанія-лідер серед п'яти теплових енергогенеруючих компаній країни;

– ПрАТ «Карлсберг Україна» – підприємство європейського рівня з виробництва пива та напоїв;

– ПрАТ «Укргідроенерго».

У 2014 році затверджено Муніципальний енергетичний план міста Запоріжжя (МЕП), а в березні 2015 року затверджено План дій сталого енергетичного розвитку міста Запоріжжя (SEAP), реалізація якого направлена на зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Основу МЕП і SEAP складають інвестиційні проекти загальною вартістю понад 1,3 млрд євро за трьома основними проектними напрямками: термомодернізації громадських і житлових будівель; заміщення природного газу місцевим паливом і енергією в системі гарячого водопостачання; відновлювальна енергетика в житлово–комунальному господарстві.

Наприкінці 2014 року міста Запоріжжя приєдналося до «Магдебурзького протоколу» і бере участь у спільній роботі з іншими європейськими містами зі створення нового міжнародного стандарту сталого розвитку «Зелене місто».

Крім цього, місто стало одним з переможців Проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні», яким передбачено впровадження системи енергоменеджменту відповідно до з європейських стандартів, впровадження електронної системи моніторингу споживання енергоресурсів муніципальними об'єктами, залучення інвестицій у рамках Муніципального енергетичного плану міста Запоріжжя. Також, у 2015 році місто вступило до Асоціації «Енергоефективні міста України».

Виконавчим комітетом Запорізької міської ради спільно з основними промисловими підприємствами міста укладено Угоду про спільні дії у сфері покращення стану довкілля міста Запоріжжя, яка підписана 15 жовтня 2020 року та Меморандум про спільні дії Запорізької міської ради та підприємств

у сфері покращення стану довкілля міста Запоріжжя, який підписаний 18 листопада 2020 року. Контроль за виконанням заходів, передбачених Угодою та Меморандумом здійснюється Виконавчим комітетом Запорізької міської ради [40, 41, 42].

Постановою Кабінету Міністрів України від 14 вересня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» на території України для цілей здійснення моніторингу атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря встановлено зокрема агломерацію міста Запоріжжя.

Розпорядженням Запорізького міського голови від 09 липня 2020 року № 156р створено комісію з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря в місті Запоріжжя. Управлінням з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради розроблено проект Програми державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря агломерації Запоріжжя на 2022–2026 роки.

Також, виконавчим комітетом Запорізької міської ради, створено робочу групу по вирішенню питань покращення атмосферного повітря міста Запоріжжя (розпорядження міського голови від 03.10.2022 № 245) із залученням представників органів місцевого самоврядування, органів виконавчої влади, правоохоронних органів, Державної екологічної інспекції Південного округу (Запорізька та Херсонська області), підприємств, наукових установ та громадськості [43, 44].

Основною задачею групи є організація роботи по поетапному зниженню викидів забруднюючих речовин суб'єктами господарювання на основі результатів аналізу фонових концентрацій забруднюючих речовин гранично-допустимих концентрацій хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі міста Запоріжжя. Робочою групою затверджено Завдання на розробку Програми охорони довкілля щодо поетапного

зниження викидів забруднюючих речовин суб'єктами господарювання міста Запоріжжя, триває збір вихідних даних для розробки Програми.

Місто Запоріжжя розташоване на головній водотранспортній магістралі України – річці Дніпро, у місці її перетину транспортно–комунікаційними коридорами, що з'єднують південь країни зі столицею України, західними та центральними областями України.

Місто розділене на 7 адміністративних районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький, Шевченківський.

Найменш населені – Олександрівський район (центр міста) та Заводський райони (промислова зона). Решта районів міста заселені більш – менш рівномірно.

Територія міста Запоріжжя в межах міської ради становить 33155 га. Показник витрати території на 1000 жителів – 39 га, що приблизно збігається з такими ж показниками по міських поселеннях України (40 га) у цілому і містах такого ж рівня (Дніпро – 33 га). Значні території (більше 4 тис. га) зайняті водними просторами (12,8%), близько 8 тис. га займають промислові, комунально–складські об'єкти, спеціальні території, 17,6% міських земель використовується в сільському господарстві. Вільні міські землі, що становлять 1,6% від усієї території міста Запоріжжя, роздроблені і дисперсно розташовані в плані міста [45].

Клімат – атлантично–континентальний, з вираженими в літній період посушливими суховійними явищами, які в окремі роки виявляються особливо інтенсивно. Літо тепле, зазвичай починається в перших числах травня і триває до початку жовтня, охоплюючи період близько п'яти місяців. Зима помірно м'яка, часто спостерігається відсутність стійкого сніжного покриву.

У середньому, висота сніжного покриву становить 14 см, найбільша – 35 см. Середня річна температура +9,0 °С, середня температура в липні +22,8

°С, а в січні – 4,9 °С. Середня глибина промерзання ґрунту – 0,8 м, максимальна – близько 1 м.

За умовами забезпеченості вологою територія міста належить до посушливої зони. Середньорічна кількість опадів становить 443 мм, а випаровування з поверхні суходолу – 480 мм, з водної поверхні – 850 мм. При цьому влітку часто спостерігаються зливи, що сильно розмивають поверхню ґрунту.

Відносна вологість повітря о 13 годині становить 60%, найменша – 40% – спостерігається в липні-серпні. Переважні напрямки вітру в теплий період – північний і північно-східний, у холодний період – північно-східний і східний. Середня швидкість вітру становить 3,8 м/сек., посилюючись до 4,2 м/сек. на околицях міста. Максимальна швидкість вітру, до 28 м/сек., спостерігається один раз на 15–20 років.

Щороку, у середньому, місто вкрито туманом 45 днів на рік. Найбільше число туманів – 60 на рік [46]

## 2.2. Методика досліджень

Програмою досліджень передбачалось опрацювання матеріалів Запорізького обласного центру з гідрометеорології, зокрема матеріалів стаціонарних постів спостережень за станом атмосферного повітря міста Запоріжжя. Отримані матеріали було проаналізовано, опрацьовано та зроблені відповідні висновки.

Відбір проб повітря здійснюється з метою уловлювання токсичної домішки з виміряного об'єму повітря у вигляді який буде зручний для подальшого аналізу. Досліджуване повітря пропускають через поглинальні пристрій. Кількість аспірованого повітря вимірюють індикатором витрати.

Ефективність уловлювання шкідливої речовини аналітичним фільтром або поглинальним пристроєм повинна бути не менше 95%. Похибка у вимірюванні об'єму повітря не повинна перевищувати  $\pm 10\%$ .

Допускається відхилення до  $\pm 10\%$  При визначення кількості шкідливої речовини у відібраній пробі. Максимальна загальна похибка визначення змісту речовини в повітрі дозволяється не вище  $\pm 25\%$ . Відбір проб при визначенні максимально разової концентрації може тривати не більше 0,5 год, а застосовуваний метод аналізу повинен забезпечувати визначення шкідливої речовини на рівні 0,5 ГДК. Контроль припливного повітря на вміст шкідливих речовин проводять з точністю до 0,3 ГДК при необмеженій тривалості відбору проб.

На даний час налагоджено випуск переносних приладів полегшеного типу для відбору проб повітря виробничих приміщень. Вони розраховані на включення в електричну мережу змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц. Цей прилад складається з невеликого повітряного насоса, декількох індикаторів витрати та електродвигуна.

Основним елементом аналізу якості атмосферного повітря є відбір проб. Його важливість обумовлюється тим, що за неправильного відбору проб результати аналізу втрачають сенс. Проби повітря відбирають аспіраційним способом та способом заповнення посудин обмеженого об'єму. Для дослідження аерозольних домішок і пилу придатний аспіраційний спосіб, а для газоподібних домішок придатні обидва способи.

Аспіраційний спосіб відбору проб повітря полягає у пропусканні повітря через поглинальний прилад. В результаті чого відбувається концентрування аналізованої речовини в поглинальному середовищі. Для визначення концентрації речовини витрата повітря повинна становити десятки і сотні літрів за хвилину.

Проби поділяють на: разові (період відбору 20–30 хв.); середньодобові (не менше 4–разових проб, через однакові проміжки часу протягом доби).

Безперервний відбір проб повітря протягом 24 год. є найкращим способом отримання середньодобових значень. Для їх відбору використовують прилади і пристрої, які пропускають повітря, а також прилади, які реєструють його об'єм.

На стаціонарних пунктах (лабораторіях типу «ПОСТ») системи відбору проб повітря забезпечують їх разовий відбір для дослідження газових домішок, сажі, пилу та аерозолів.

Система відбору проб повітря для аналізу газових домішок і сажі складається з таких компонентів: повітропроводу, обладнаного нагрівальним пристроєм з терморегулятором; розподільного гребінця для підключення поглинальних приладів; електроаспіратора (2-х одиниць).

Система відбору проб повітря для дослідження пилу утворюється з трубки, яка обладнана фільтрами, та гнучкого шланга, котрий підключають до повітропроводу. Аспірацію повітря за допомогою пилососа, підключеного до стаціонарного джерела зі струмом чи двигуна внутрішнього згорання використовують при нестаціонарних умовах.

Використання способу заповнення посудин обмеженого об'єму обумовлено сильною агресивністю хімічних речовин, які вловлюють з повітря поглинальні пристрої. Скляні ємності найчастіше використовують при відборі проб повітря для визначення оксиду вуглецю та інших газових домішок. Скляний посуд заповнюють аналізованим повітрям шляхом продування через посудину його 10-кратного об'єму, після чого посудину закривають за допомогою вакуумного заповнення (з герметично закритих посудин повітря відкачується, їх відкривають у місці відбору проби і потім знов закривають).

Ріхтера і сорбційну трубку використовують при відборі разових проб повітря для визначення діоксиду сірки, а U-подібну трубку і сорбційну трубку використовують при відборі діоксиду азоту.

### 3 АНАЛІЗ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ

#### 3.1. Особливості розміщення та роботи стаціонарних постів спостережень за атмосферним повітрям у місті Запоріжжя

Місто Запоріжжя має потужну промислову інфраструктуру, чим обумовлено значне забруднення атмосферного повітря. Населення міста проживає в умовах постійного забруднення атмосферного повітря небезпечними хімічними речовинами техногенного походження.

На погіршення техногенного навантаження на місто впливають кліматичні умови регіону. Для міста характерні несприятливі умови розсіювання шкідливих викидів, що приводить до нагромадження викидів підприємств у житлових районах. Найбільш потужні підприємства міста Запоріжжя знаходяться на промисловому майданчику, який розташований в центральній частині міста, забруднення атмосферного повітря над основними районами міста відбувається практично при будь яких напрямках вітру.

Безпосередній контроль за станом атмосферного повітря є однією з основних ланок системи моніторингу довкілля, оскільки надає інформацію про рівень забрудненості компонента, який впливає на здоров'я населення. Існує потреба в удосконаленні способів і методів здійснення спостережень за станом атмосферного повітря.

Державний моніторинг якості атмосферного повітря в місті Запоріжжі проводиться Запорізьким центром гідрометеорології на 5-ти стаціонарних постах спостереження за станом забруднення навколишнього природного середовища (ПСЗ) в 3-х районах міста (Дніпровський, Вознесенівський, Олександрівський райони), з яких 4 поста розташовані на лівому березі річки Дніпро. Періодичністю відбору проб 5 днів на тиждень, 3-4 рази на добу (рис. 3.1).



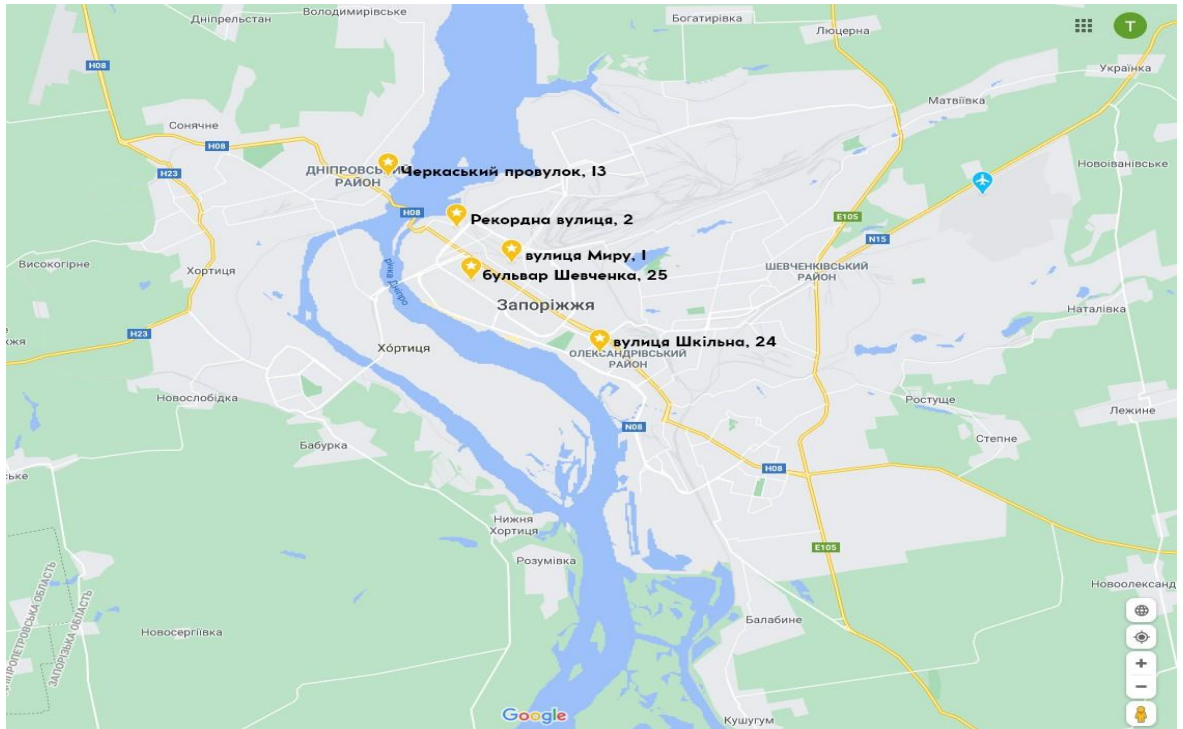


Рисунок 3.1 – Схема розміщення ПСЗ ЗЦГМ міста Запоріжжя

На постах забір проб здійснюється згідно затвердженої програми для міста Запоріжжя та кожного посту (з урахуванням місця розташування, близькості до джерел викидів).

На ПСЗ визначається вміст основних забруднювальних домішок та специфічних речовин:

- завислі речовини (пил);
- двоокис сірки;
- оксид вуглецю;
- двоокис азоту;
- сірководень;
- фенол;
- фтористий водень;
- хлористий водень;
- формальдегід.

Зазначені спостереження виконувалися за повною (01, 07, 13 та 19 години) або скороченою програмою (7 та 19 години) протягом всього року, крім вихідних та святкових днів.

Зазначені спостереження проводилися на окремих постах з урахуванням викидів промислових підприємств, розташованих поблизу ПСЗ, а також в районах найбільш завантажених автомагістралей міста Запоріжжя (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Місця розташування ПСЗ, перелік забруднюючих речовин з класом їх небезпеки

Номер поста спостережень	Місце розташування точки спостережень	Параметри, що контролюються	Од. виміру	Періодичність спостережень
№9	Вул. Рекордна, 2	пил, CO, розчинні сульфати, важкі метали	мг/м <sup>3</sup>	2 рази на добу
		SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , сірководень, фтористий водень, формальдегід		4 рази на добу
№10	Бул. Шевченка, 25	пил, CO	мг/м <sup>3</sup>	2 рази на добу
		SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , фенол		3 рази на добу
		сірководень		4 рази на добу
№11	Вул. Миру, 1	пил, CO, важкі метали, бенз(а)пірен	мг/м <sup>3</sup>	2 рази на добу
		SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , сірководень		3 рази на добу
		Фенол, формальдегід		4 рази на добу
№12	Вул. Шкільна, 24 а	пил, CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> важкі метали, бенз(а)пірен	мг/м <sup>3</sup>	2 рази на добу
		Фенол		3 рази на добу
		Хлористий водень		4 рази на добу
№13	Пров. Черкаський, 13	пил, CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , бенз(а)пірен	мг/м <sup>3</sup>	2 рази на добу
		Хлористий водень		4 рази на добу

Дані, які необхідні для оцінки стану забруднення атмосферного повітря: показник індексу забруднення атмосфери та показник комплексного індексу забруднення атмосфери, як усталений показник, який використовується в Україні.

ІЗА розраховується по окремих забруднюючих речовинах для оцінки внеску окремих домішок в загальний рівень забруднення атмосфери або комплексно за декількома речовинами з метою порівняння цього рівня в різних містах. За значенням ІЗА можна судити про ступінь забруднення повітря та динаміку забруднення.

Для порівняння ступеня забруднення повітря в різних локаціях міста використовується показник сумарного ІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА).

Середньомісячні концентрації забруднюючих речовин у кратності перевищень встановлених середньодобових гранично–допустимих концентрацій по пріоритетним забруднюючим речовинам.

Для кореляції показників якості повітря з детермінантою (визначальний чинник), характерною для міста Запоріжжя.

Детермінуючим фактором, що впливає на якість повітря у місті Запоріжжі є потужність виробництва 10 підприємств, що належать до 1 групи і складають основу (95%) балансу забруднення атмосфери. Для даного аналізу обрані 5 підприємств важкої металургії, викиди яких є панівними у загальному балансі валових (тон/рік) викидів, які розташовані у Вознесенівському районі міста на основному промисловому майданчику.

Інші підприємства 1 групи, які мають вагомий вклад в баланс валових забруднень, розташовані в інших районах – не враховувалися через відсутність у цих адміністративних районах постів спостережень ЗЦГМ, інформація з яких є вихідною для розрахунку ІЗА та КІЗА. Обсяги випущеної продукції 5 найбільших підприємств важкої металургії основного промислового майданчику міста.

У березні 2022 забір проб на постах ЗЦГМ не здійснювався, затверджені програми відбору проб не виконувалися у повному обсязі через низку об'єктивних причин – небезпека ракетних обстрілів території міста, фізична відсутність персоналу через мобілізацію та евакуацію населення, проблеми з ПММ та транспортування і логістику проведення відповідного фізико-хімічного аналізу у відповідних лабораторіях гідро метрологічної служби України.

Таблиця 3.2 – Обсяги випуску продукції найбільших підприємств основного п/майданчику, тис. тон продукції

	Обсяги виробництва, тис тон / місяць	Феросплави (ЗФЗ)	Титанові сплави (ЗТМК)	Графітові вироби (Укрграфіт)	Коксохімічна продукція (Запоріжжкокс)	Сталь (Запоріжсталь)	Чавун чушковий (Запоріжсталь)
2020	січень	15,458	0,544	2	98,979	251,386	102,144
	лютий	14,865	0,507	2,417	86,08	232,915	83,154
	березень	17,883	0,505	3,731	98,994	202,547	87,366
	квітень	20,338	0,529	3,965	95,036	194,498	77,672
	травень	24,177	0,446	4,292	96,779	223,857	109,258
	червень	24,118	0,386	3,805	82,999	211,58	92,582
Всього		117	2,917	19,985	558,867	1316,783	552,176
2021	січень	16,27	0,485	4,759	89,731	238,244	104,362
	лютий	16,049	0,385	3,043	84,407	219,831	75,453
	березень	18,849	0,421	5,457	92,742	245,134	88,436
	квітень	18,301	0,424	5,926	86,284	232,448	66,711
	травень	18,715	0,444	5,437	97,709	233,772	48,499
	червень	21,659	0,422	6,248	92,214	231,191	48,909
Всього		109,843	2,581	30,87	543,087	1400,62	432,37
2022	січень	24,667	0,305	3,523	91,307	225,572	103,873
	лютий	17,085	0,284	3,092	79,048	202,411	78,12
	березень	0,526	0,118	0,163	4,902	26,15	0,466
	квітень	4,432	0,095	0,68	64,213	46,88	0,366
	травень	5,347	0,027	1,255	82,831	104,59	37,469
	червень	4,878	0	2,064	83,352	59,288	83,843
Всього		56,935	0,829	10,777	405,653	664,891	304,137

ЗЦГМ відновив повний комплекс відбору проб та налагодив належну роботу з моніторингу повітря у міста Запоріжжі на всіх існуючих постах спостереження. Слід зазначити, що мобільна лабораторія моніторингу довкілля ОЦКПХ МОЗ України виконувала виїзди на моніторингові дослідження теж за умов обмежених можливостей. Наразі навіть з урахуванням змін у організації досліджень, відбір проб здійснюється у обсязі, який дозволяє робити висновки щодо якості повітря.

Суттєвих впливів та змін зазнав також промисловий комплекс міста. Деякі підприємства зупинили свою діяльність, деякі суттєво знизили обсяги виробництва. Однак вже з травня підприємства відновили свої потужності. (табл. 3.2) [47, 48].

### 3.2. Дослідження змін сезонної динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя

Особливістю аналізу якості повітря в нашій країні, є те, що такий аналіз проводиться для найбільш небезпечних речовин, а також враховує обсяг їх викидів для окремої територіальної одиниці.

Відсутність стандартизованого переліку вимірюваних речовин ускладнює порівняння та є суттєвим недоліком такого способу. Одночасно облік саме специфічних забруднювачів є об'єктивнішим при оцінці якості повітря і впливу його на організм людини.

В нашій країні основним критерієм рівня забруднення атмосферного повітря залишаються встановлені ГДК, які затверджені Міністерством охорони здоров'я. Для оцінки рівня забруднення повітря використовуються одиничні осереднені дані показників забруднення до відповідного ГДК за періодом осереднення.

Спостерігається залежність змін у загальній оцінці якості повітря та кількості забруднюючих речовин у повітрі агломерації. За результатами оцінки, проведеним Запорізькою обласною державною адміністрацією у першій половині 2022 року, виявлена зміна категорії якості повітря, яка пов'язана із зменшенням обсягу виробництва (промислових джерел викидів), переносу викидів із сусідніх зон та агломерацій.

Оцінка стану атмосферного повітря за період з 2020 по 2022 роки здійснювалась за величинами середньомісячних концентрацій у кратності перевищень середньодобових ГДК по пріоритетним забруднюючим речовинам з урахуванням їх максимально разових та середньодобових граничних концентрацій (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Найбільш небезпечні забруднюючі речовини

Забруднююча речовина	Середньодобові гранично допустимі концентрації, (мг/м <sup>3</sup> )	Максимально разові допустимі концентрації, (мг/м <sup>3</sup> )
Пил (зависли речовини)	0,15	0,50
Двоокис сірки	0,05	0,50
Оксид вуглецю	3,0	5,0
Двоокис азоту	0,04	0,2
Окис азоту	0,06	0,40
Формальдегід	0,003	0,035
Фенол	0,003	0,01
Хлористий водень	0,20	0,20
Фтористий водень	0,005	0,02

Найгірша якість повітря агломерації характерна у IV та I кварталі 2022 року. Це пов'язано із «опалювальним сезоном». Активне використання різних видів викопного палива (у комбінації із викидами промислових джерел) призводить до збільшення концентрації дрібнодисперсного пилу, азоту діоксиду та вуглецю оксиду у повітрі. Зазначені забруднюючі речовини

є основними індикаторами впливу опалювального устаткування на якість повітря.

Особливу увагу потрібно звернути за зміни домінуючого впливу, який визначає якість повітря агломерації. У III кварталі 2021 та 2022 року, а також II кварталі 2023 року, якість повітря не завжди пов'язана із виключно вмістом дрібнодисперсного пилу. Леткі органічні сполуки сформували несприятливу якість повітря у III кварталі 2022 року та II кварталі 2023 року.

Наявна закономірність до зменшення середніх концентрацій дрібнодисперсного пилу фракцій 2,5 та 10 мкм у повітрі агломерації міста Запоріжжя. Найбільші середньодобові концентрації дрібнодисперсного пилу спостерігаються у IV та I кварталах 2022 року. Це пов'язано із комбінованою дією викидів промисловості та опалювального устаткування у зимовий період.

Середні концентрації азоту діоксиду та вуглецю оксиду у повітрі агломерації міста Запоріжжя також зменшу. Найбільші середньодобові концентрації азоту діоксиду спостерігаються у I кварталах 2021 та 2022 років. В інші періоди середні добові концентрації азоту діоксиду знаходяться в межах задовільної категорії якості повітря.

Також наявні короткострокові зміни концентрацій азоту діоксиду у III та IV кварталі 2022 року. Це пов'язано з перенесенням викидів від зон активних воєнних дій та атаки на енергетичні об'єкти восени 2022 року. Вміст вуглецю оксиду у місті Запоріжжя знаходиться в межах задовільної якості повітря.

Особливу увагу потрібно звернути на аномальні зміни у IV кварталі 2022 року та I кварталі 2023 року. Це обумовлено комбінованою дією викидів промисловості та опалювального устаткування у зимовий період та атаками на енергетичну інфраструктуру міста восени 2022 року. Збільшення вмісту вуглецю оксиду у травні 2023 року є аномалією без пояснення.

Щорічно у атмосферному повітрі міста Запоріжжя гідрометеорологічною службою фіксується близько 8% перевищень ГДК<sub>сд</sub> з невеликими коливаннями.

Середні значення концентрацій у долях ГДК за період з 2019 по 2022 роки показують певну стабільність з деякими коливаннями по пилу, двоокису азоту, фенолу та формальдегіду (рис. 3.2).

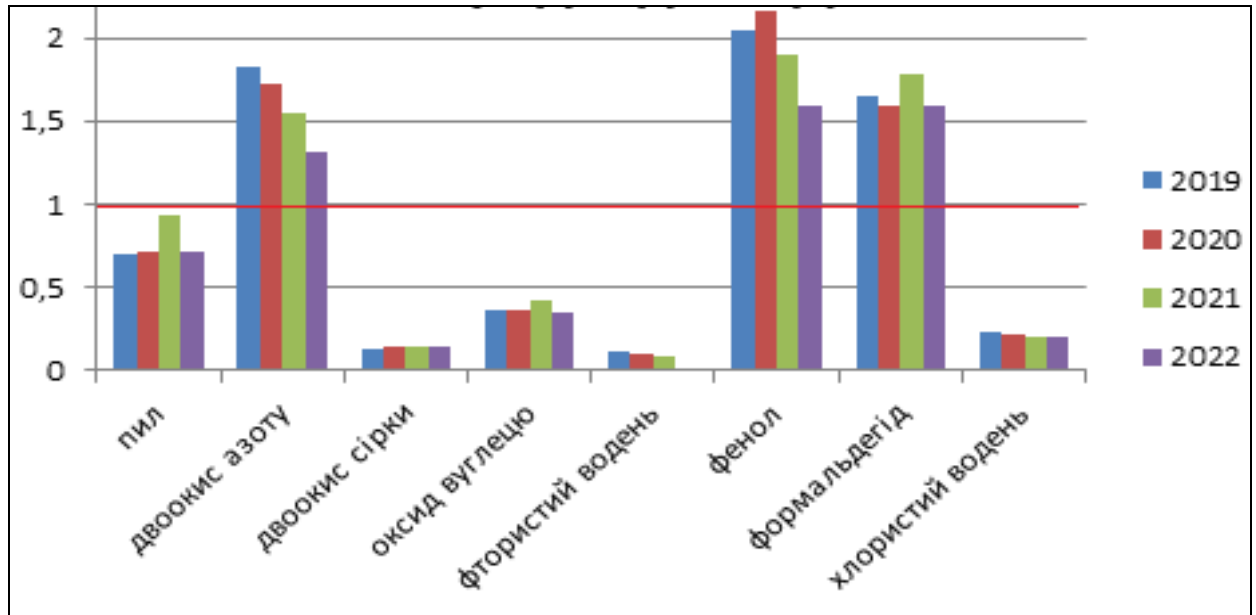


Рисунок 3.2 – Динаміка середніх концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, долі ГДК

У 2022 році по всім забруднюючим речовинам спостерігається тенденція до зниження рівня вмісту та забруднення повітря.

Особливо виражено це для забруднюючих речовин – двоокис азоту та фенол, це можна пояснити в першу чергу таким же різким зниженням виробничих потужностей найбільших підприємств (табл. 3.4).

За даними звітів Центральної геофізичної обсерваторії імені Срезневського **Error! Reference source not found.** за період з 2016 по 2019 роки величини КІЗА у Запоріжжі коливаються на рівні 8, що відповідає небезпечному рівню.



Таблиця 3.4 – Найбільші середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі міста Запоріжжя за період з 2015 по 2022 роки

Речовина/період		Пил	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>2</sub> O	Фенол	HF	HCl
Річні середня концентрація	2015	0,7	0,2	2,2	1	0,3	1,7	2	0	0,2
	2016	0,7	0,2	2	1	0,3	1,7	2	0	0,2
	2017	0,7	0,2	2,2	1	0,3	1,3	2	0	0,2
	2018	0,7	0,1	2	0,8	0,3	1,3	2	0	0,2
	2019	1,1	0,2	2,2	1	0,4	2	2,3	0,2	0,2
Середні концентрації 1 півріччя	2020	0,7	0,1	1,7	0,9	0,4	1,6	2,2	0,09	0,2
	2021	0,9	0,1	1,5	0,8	0,4	1,8	1,9	0,09	0,2
	2022	0,7	0,1	1,3	0,7	0,3	1,6	1,6	0,02	0,16

При цьому результати спостережень свідчать, що найбільші концентрації спостерігаються для таких забруднюючих речовин: пил загальний, двоокис та окис азоту, фенол та формальдегід.

Треба зазначити, що середні концентрації суттєво відрізняються від максимальних (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі міста Запоріжжя за період з 2020 по 2022 роки

Назва забруднюючої речовини	2020		2021		2022	
	середні	max	середні	max	середні	max
Пил	0,7	1,4	0,9	1,7	0,7	1,3
Двоокис азоту	1,7	2,4	1,5	2,5	1,3	2

Продовження таблиці 3.5

Окис азоту	0,9	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8
Двоокис сірки	0,14	0,2	0,14	0,2	0,14	0,2
Фтористий водень	0,1	0,2	0,1	0,2	0,02	0,06
Окис вуглецю	0,4	0,7	0,4	0,8	0,3	0,5
Фенол	2,2	3,1	1,9	2,5	1,6	2,2
Формальдегід	1,6	2	1,8	2,1	1,6	1,9
Хлористий водень	0,2	0,3	0,2	0,2	0,17	0,2

У 2020 році середні концентрації по пилю не перевищували встановлені ГДК і складають 0,7 ГДК, але в той же час максимальні фіксуються на рівні 1,4 ГДК, по двоокис азоту середні концентрації складають 1,8 ГДК, а максимальні значення – 2,4 ГДК. По формальдегіду – середньодобові значення – 1,6 ГДК, а максимальні із зафіксованих – 2 ГДК (рис. 3.3, 3.4, 3.5).

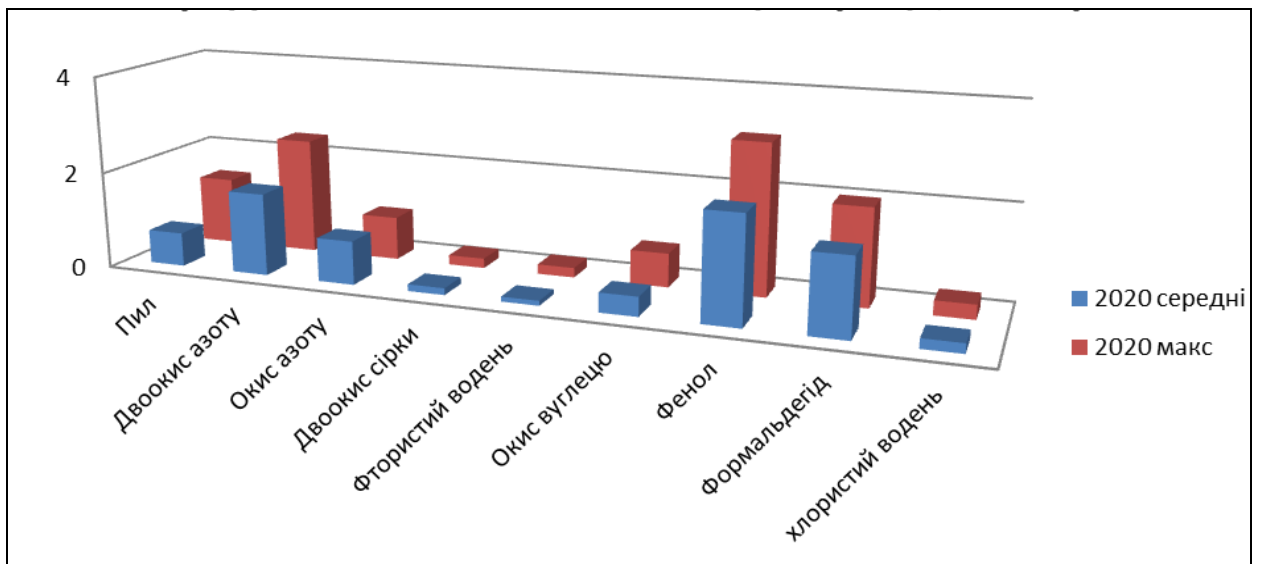


Рисунок 3.3 – Середні та найбільші концентрації забруднюючих речовин, 2020 рік, у кратності ГДК

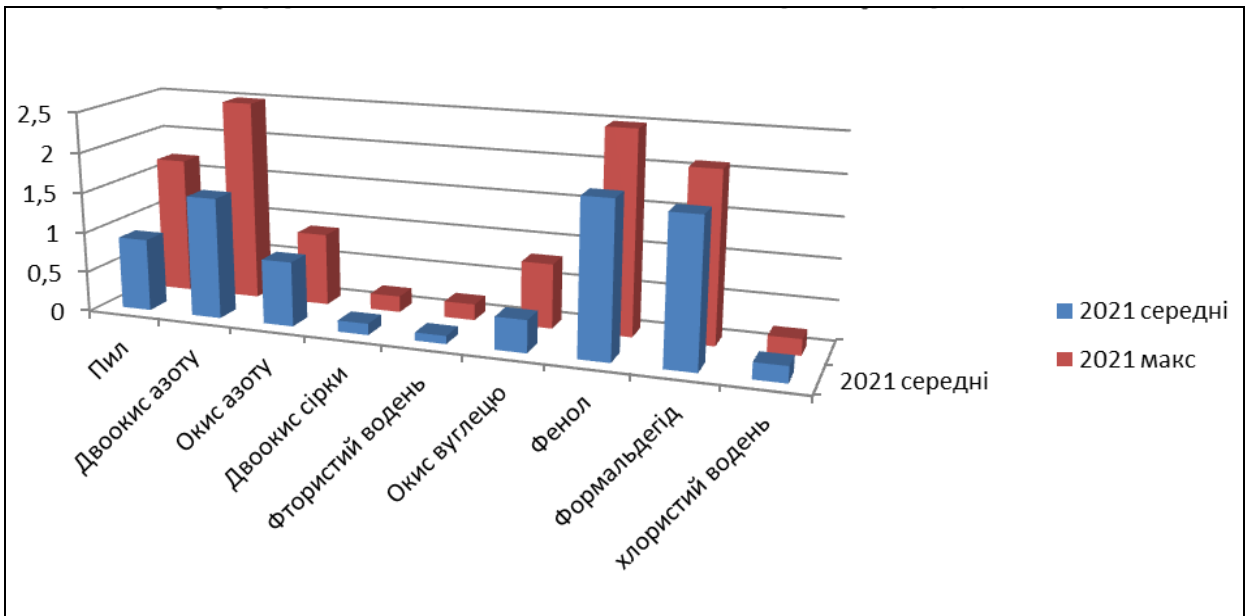


Рисунок 3.4 – Середні та найбільші концентрації забруднюючих речовин, 2021 рік, у кратності ГДК

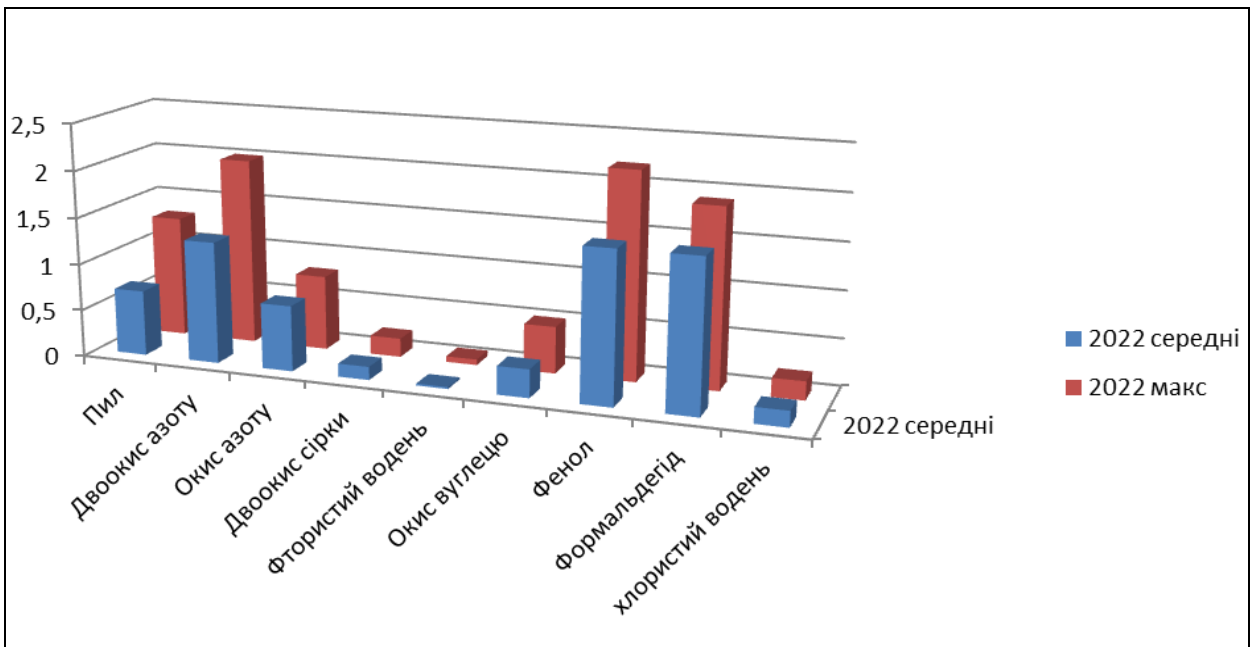


Рисунок 3.5 – Середні та найбільші концентрації забруднюючих речовин, 2022 рік, у кратності ГДК

Щоб проаналізувати розподіл зазначеного показника були проведені розрахунки КІЗА по середньодобовим концентраціям речовин по кожному ПСЗ в місті Запоріжжі за період дослідження 2019 – 2022 роки.

Розрахунок КІЗА по постах проводився за всіма концентраціями спостережуваних речовин, крім сірководню у зв'язку з відсутністю для сірководню ГДК, жовта лінія – «підвищений рівень забруднення повітря» = КІЗА 5,0; червона – «небезпечний рівень забруднення повітря» = КІЗА 7,0) (рис. 3.6, 3.7).

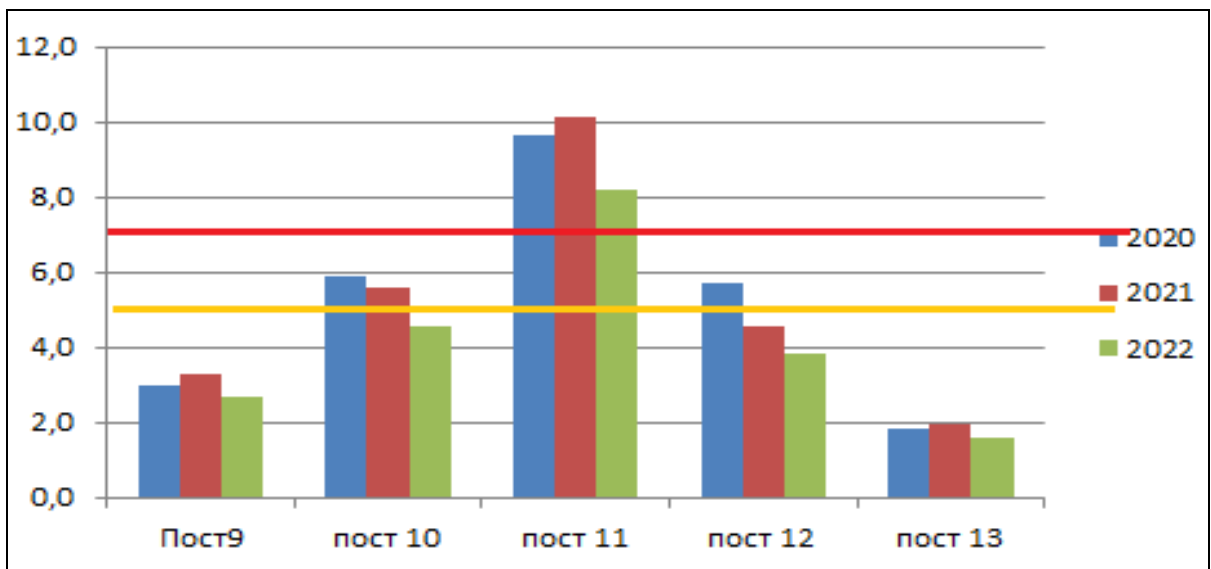


Рисунок 3.6 – Комплексний ІЗА по постах спостережень ЗЦГМ

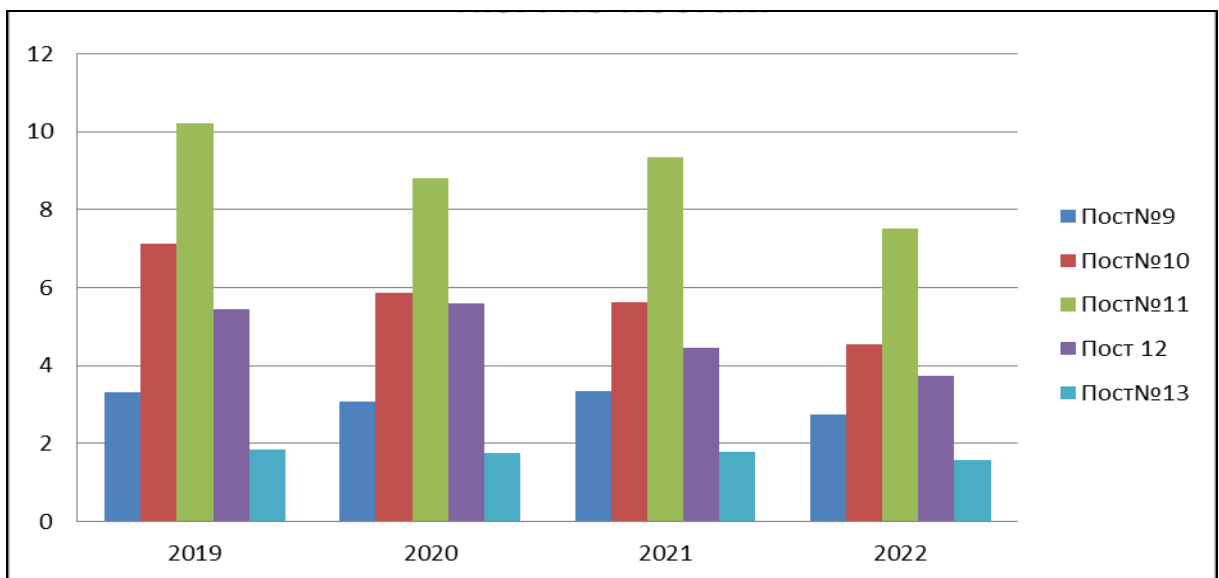


Рисунок 3.7 – Комплексний ІЗА по постах спостережень ЗЦГМ

Рівні  $I_n$  (комплексного рівня забруднення атмосфери) відрізняються в залежності від району міста та локації поста, його віддаленості від джерел забруднення.

На найближчому до промислового комплексу ПСЗ №11 комплексний індекс забруднення атмосфери є найвищим та сягає більше 9 одиниць (при умовно безпечному менше 5).

Наприклад, ПСЗ №13, що знаходиться на правому березі міста, показує найнижчі рівні забруднення, які не перевищують 2 одиниць, а пости, які розташовані в центрі міста, в безпосередній близькості до основного промислового комплексу сягають величин у 7 або більше одиниць (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Розраховані показники КІЗА по постам ЗЦГМ

Рік	Пост 9	Пост 10	Пост 11	Пост 12	Пост 13
2020	3,0	5,9	9,7	5,7	1,8
2021	3,3	5,6	10,1	4,6	2,0
2022	2,7	4,6	8,2	3,9	1,6

Дещо інша картина складається при аналізі даних моніторингових досліджень ДУ «Запорізький ОЦКПХ МОЗ України». Відсоток проб з перевищеннями значно відрізняється від даних ЗЦГМ.

У 2021 році лабораторія ОЦКПХ МОЗ не здійснювала виїзди на вимірювання через відсутність фінансування, у другому півріччі 2021 МЛМД відновила дослідження.

У 2022 році за період січень-червень моніторингові дослідження проводилися, але в меншому обсязі ніж довоєнний період 2020 року. Всього досліджено 1894 проби атмосферного повітря, з яких не відповідало нормативним показникам 241 проба – 13%.

Перевищення гігієнічних нормативів обумовлювали показники:

– пи́л (33% від загальної кількості відхилень по зазначеному інгредієнту);

– фено́л (28,3%);

– сірководень (16,2%);

– формальдегі́д (9,1%);

– сірковуглець (7,1%);

– двоокис азоту (6%).

– перевищення яких фіксувалося в межах від 1,1 до 1,7 ГДК.

Впродовж 1 півріччя 2020 року відібрано 1188 проб атмосферного повітря, встановлено відхилення у 327 пробах – 27,5%. Встановлено перевищення рекомендованих ВООЗ безпечних концентрацій дрібнодисперсних часточок РМ 2,5 протягом 23 діб, РМ 10 – 14 діб. Перевищення гігієнічних нормативів обумовлювали показники – фено́л (62,8%) від загальної кількості відхилень по зазначеному інгредієнту, сірководень (62,2%), формальдегі́д (19,8%), сірковуглець (51,4%), толуо́л (17,14%), ксило́л (8,6) (рис. 3.8).

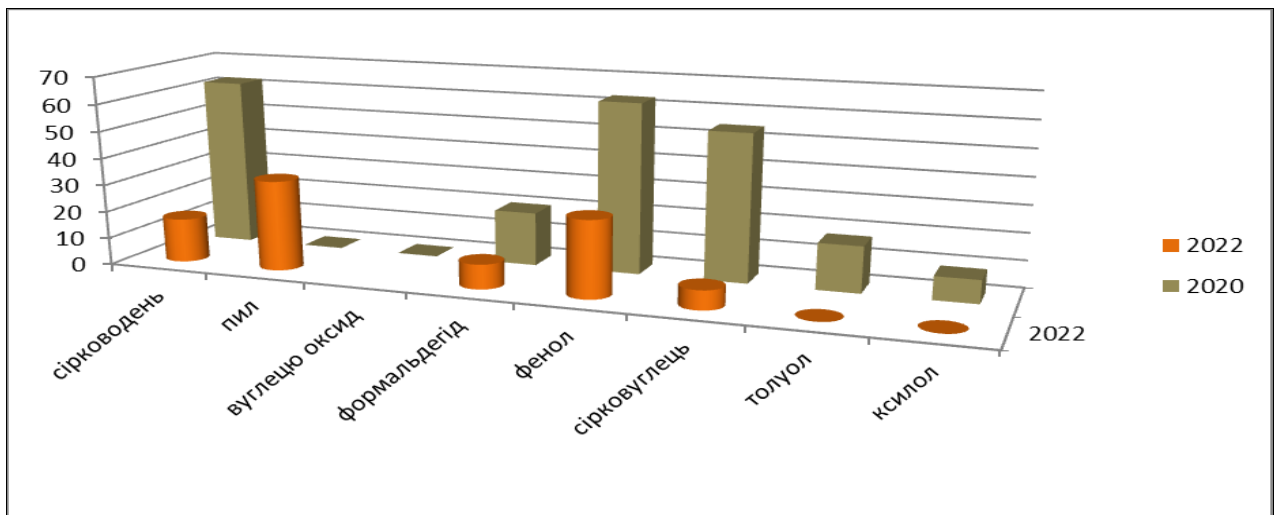


Рисунок 3.8 – Відсоток зафіксованих перевищень МЛМД ОЦКПХ МОЗ України

Слід зазначити, що інші райони міста (Хортицький, Шевченківський), також мають потужні виробництва металургійного комплексу і підприємства

I групи. Однак для поточного аналізу не враховані, оскільки у цих районах відсутні пости спостережень, інформація з яких є основою для розрахунку КІЗА.

Для кореляції рівнів забруднення повітря з детермінантою (потужність виробництва) було проведено аналіз відповідностей по основним видам продукції 5 найбільших підприємств міста, які розташовані на основному виробничому майданчику (Вознесенівський р-н) міста Запоріжжя. Підприємства обрані за ознакою найбільших валових викидів забруднюючих речовин. Види продукції зведені по категоріям до основних та за специфікою підприємства (наприклад вся продукція ПрАТ «Запоріжжкокс» об'єднана у один вид – коксохімічна продукція – кокс, коксовий газ з переведенням у тони, тощо).

Детермінуючий фактор (потужність виробництва) корелюється з рівнями КІЗА за умови зниження виробничих потужностей відповідно знижується і рівень забруднення (рис. 3.9, 3.10, 3.11).

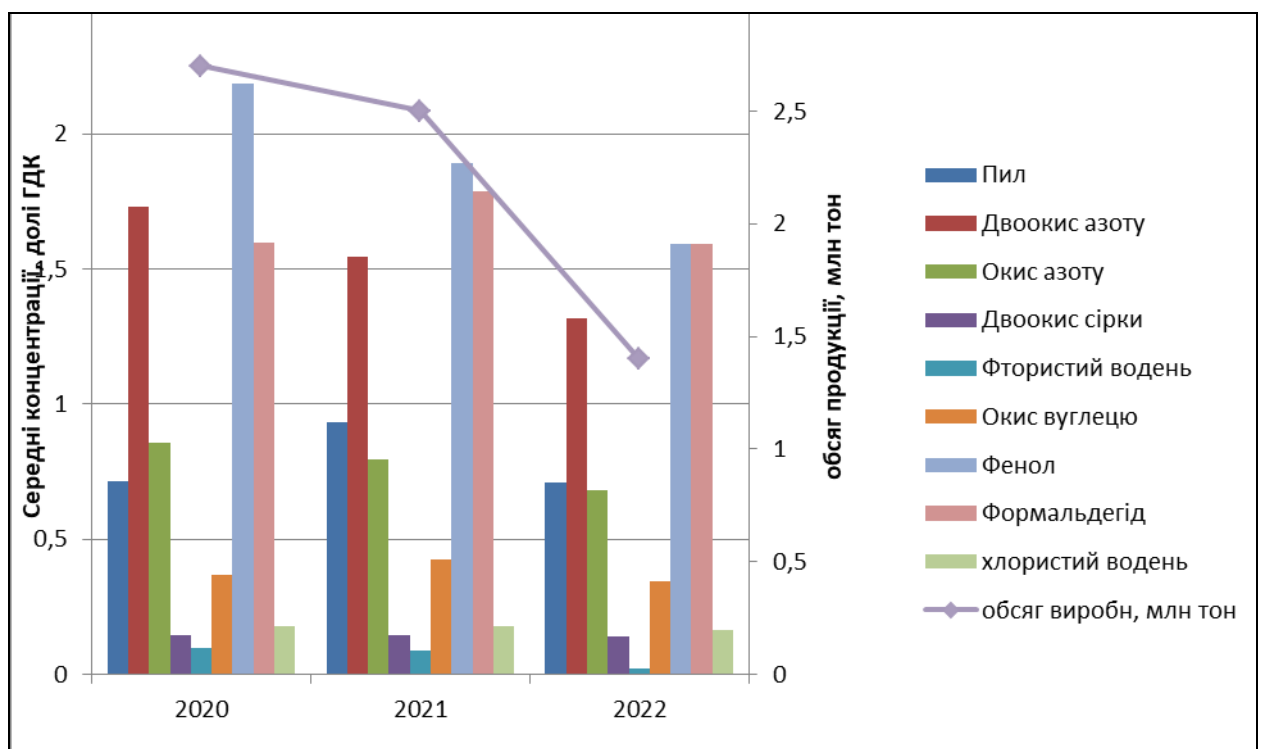


Рисунок 3.9 – Динаміка зміни концентрацій поллютантів та обсягів виробництва продукції

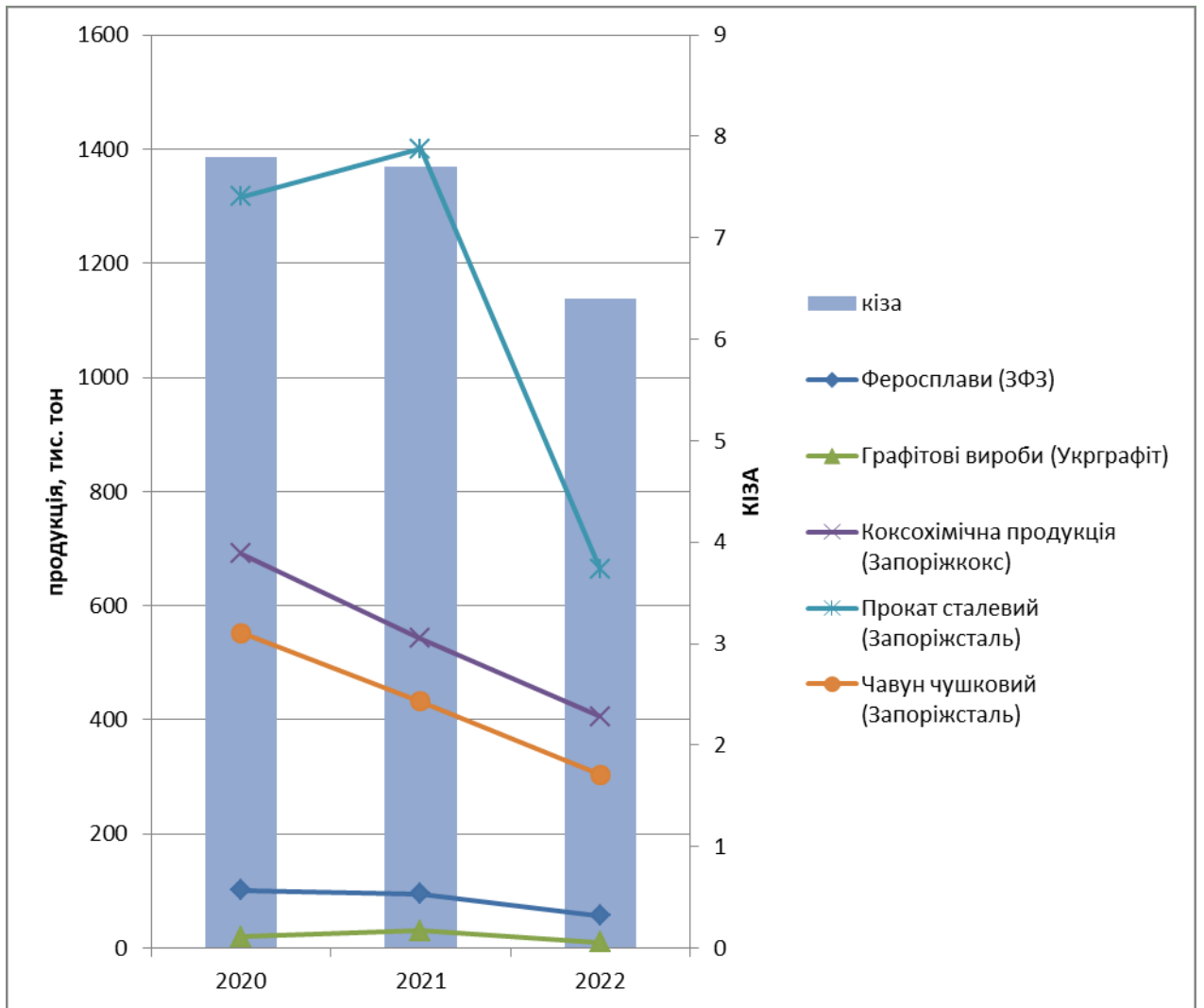


Рисунок 3.10 – Динаміка зміни КІЗА та обсягів виробництва продукції



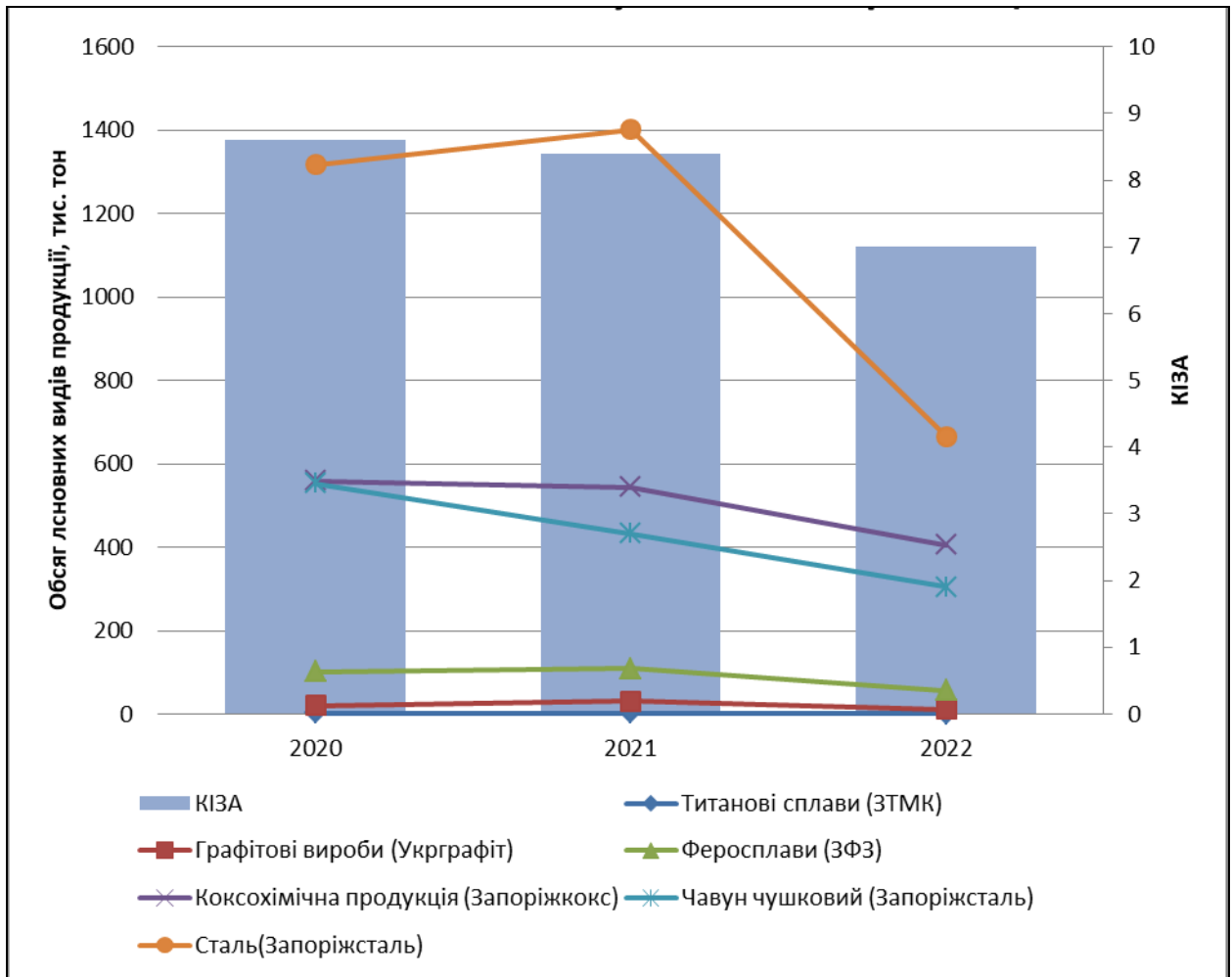


Рисунок 3.11 – Залежність КІЗА та обсягів виробництва продукції

Помісячний розподіл КІЗА показує певну циклічність процесів – у січні зниження виробничих потужностей, максимальні піки виробництва припадають на березень та травень. Однак, проаналізувати березень 2022 року неможливо через те, що саме у цьому році ЗЦГМ не здійснював відбір проб на постах спостереження.

Наразі майже всі підприємства відновили свої виробничі потужності, крім виробництва сталі [49, 50].

### 3.3. Проблематика забруднення атмосферного повітря у місті Запоріжжя під час воєнного стану

Проаналізувавши відповідності потужності виробництва та рівнів КІЗА можна зазначити, що за умови різкого падіння виробничих потужностей відбувається зменшення вмісту пріоритетних забруднюючих речовин (крім хлористого водню та двоокису сірки, рівні яких не змінилися).

Невідповідність рівня КІЗА у 2022 році (достатньо високий, сягає 6,4 одиниць) виробництву сталі можливо пояснити наступними припущеннями:

- відновлення виробництва потребувало форсованого режиму використання сировини та палива на етапі відновлення виробництва;
- обмеженість аналізу обраною вибіркою 5 найпотужніших з точки зору валових забруднень, підприємств (за даними багаторічних державних спостережень);
- наявністю неврахованих та не облікованих викидів. Викиди від суб'єктів господарської діяльності 3 групи (які мають джерела викидів, а технологічне обладнання яких здійснює викид забруднюючих речовин в повітря) – не враховуються у загальних валових показниках;
- не враховані викиди низько емісійних джерел інших виробництв.

Переважно викиди великих підприємств є високо емісійними, для кращого розсіювання великих обсягів забруднень, а пости спостережень вимірюють забруднення у приземному шарі атмосфери. Можна припустити, що на рівень якості повітря у приземному шарі атмосфери мають достатній вплив низько емісійні джерела забруднення – заклади швидкого громадського харчування, різноманітні малопотужні котельні, що використовують тверде паливо з висотами джерела забруднення до 15 м.

Серед усієї суб'єктів господарювання середнього та малого бізнесу звітує по валовому надходженню забруднюючих речовин в середньому близько 20% від загальної кількості. Слід зазначити, що навіть суб'єкти

господарської діяльності малого бізнесу можуть здійснювати діяльність, пов'язану з забрудненням довкілля (наприклад опалювальні котельні у магазинах, фарбувальні та зварювальні, шино–монтажне устаткування на станціях технічного обслуговування, різноманітні печі на твердому паливі для приготування фаст-фуду, тощо), зазвичай ці джерела є низько емісійними.

Оскільки значна частина суб'єктів господарської діяльності знаходиться поза зоною статистичної звітності, реальна картина техногенного впливу наразі не відображена у статистичних показниках.

Система аналізу якості повітря потребує більш коректного порівняння. Наразі аналіз проводиться з використанням даних про валові обсяги забруднення (які в свою чергу обумовлені потужністю виробництв) та рівнями концентрацій пріоритетних забруднюючих речовин. Для більш коректного порівняння видається доцільним встановлення маркерних речовин для кожного підприємства.

Наприклад викиди вуглецю оксиду є панівними для виробництва чавуну та агломерату, фенолу – є маркерними (характерними для даної технології) для виробництва графітових виробів, коксохімічної продукції.

З огляду на дуже високі рівні перевищення по сірковуглецю та сірководню, які фіксує МЛМД ОЛЦКПХ МОЗ, контроль за цією речовиною має бути системним на рівні міста, оскільки ці речовини мають потужний токсичний вплив на здоров'я жителів.

За умови можливостей воєнного стану система моніторингу повітря потребує розвитку та використання всіх наявних можливостей, індикативних вимірювань станціями громадського моніторингу.

У період воєнного стану територія та об'єкти міста Запоріжжя знаходиться під постійною небезпекою збройної агресії зі сторони російської федерації. В результаті ракетних обстрілів в атмосферне повітря потрапляють забруднюючі речовини та їх суміші, що призводить до значного погіршення стану навколишнього природного середовища [51].

### 3.4. Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок збройного обстрілу

Згідно Наказу Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів від 13.04.2022 № 175 була затверджена «Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди», яка зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 квітня 2022 р. за № 433/37769.

Розглянемо розрахунок розміру завданої шкоди на прикладі згоряння складу за адресою: м. Запоріжжя, просп. Соборний, 8, внаслідок ворожого обстрілу.

Необхідні для розрахунку дані було взято з Акт про пожежу ДСНС України.

Розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану.

У разі наявності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин (Мі викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.1):

$$M_i \text{ викид} = q_i \times M_{сi}, \quad (3.1)$$

де,  $I$  – забруднююча речовина або суміш таких речовин (СО, NO<sub>x</sub> та ін);  
 $q_i$  – питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до цієї

Методики, т/т;

$M_{ci}$  – маса згорілої речовини, т.

У разі відсутності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ( $M_i$  викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.2):

$$M_i \text{ викид} = q_i \times p_o \times S, \quad (3.2)$$

де,  $I$  – забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO<sub>x</sub> та інше);

– питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші

$Q_i$  таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до цієї

Методики, т/т;

$P_o$  – коефіцієнт середньої щільності речовин дорівнює 0,03;

$S$  – площа пожежі, кв. м.

У разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень, розрахунок маси неорганізованого викиду кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин ( $M_i$  викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.3):

$$M_i \text{ викид} = q_i \times S, \quad (3.3)$$

де,  $i$  – забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO<sub>x</sub> та ін);

– питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші

$q_i$  таких речовин, визначається згідно з додатком 1 цієї Методики, т/га;

$S$  – площа пожежі, га.

У разі наявності інформації про  $M_i$  викид кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин та їх щільність, на підставі лабораторних досліджень та/або висновків будь-яких експертиз, у розрахунках розміру шкоди значення приймається за наявними даними.

Під питомими викидами у цій Методиці розуміються викиди, віднесені до одиниці маси згорілої речовини або сумішей таких речовин і позначаються символом  $q$ . Чисельні значення питомих викидів приймаються в т/т та наведено у додатку 1 до цієї Методики.

У разі наявності інформації про об'єм згорілої речовини, перерахунок в масу згорілої речовини здійснюється з урахуванням щільності, що залежать від виду речовин, наведених у додатку 2 до цієї Методики.

Визначення розмірів шкоди, завданої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану.

Розміри шкоди обчислюються уповноваженими особами, що здійснюють державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища, на основі, зокрема, але не виключно, матеріалів, що підтверджують факт забруднення атмосферного повітря визначених пунктом 3 розділу I цієї Методики.

Розмір шкоди розраховується за формулою (3.4):

$$R_{ш} = M_i \text{ викид} \times C_{п} \times K_{неб} \times K_{в} \times K_{мп} \times K_{пп} \quad (3.4)$$

де,  $R_{ш}$  – розмір шкоди, грн;

$M_i$  викид – маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;

$C_{п}$  – ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря

- відповідно до статті 243 Податкового кодексу України, грн/т;
- Кнеб – коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 3 до цієї Методики;
- Кв – коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з додатком 4 до цієї Методики;
- Кмп – коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з додатком 5 до цієї Методики;
- Кпп – коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з додатком 6 до цієї Методики.

Загальний розмір Рш (заг) шкоди, розраховується як сума розмірів шкоди, за неорганізований викид в атмосферне повітря за сумарним показником кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин.

Загальна сума збитків, завданих довкіллю внаслідок ворожого обстрілу за адресою: прос. Соборний, 8, м. Запоріжжя – становить 468 992 191,76 грн., розрахунок наведено у Додатку А.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Алгоритм дій під час повітряної тривоги

Найпростіші укриття – це цокольні та підвальні приміщення будинків, підземні парковки та підземні переходи. У них можна сховатися під час нетривалих обстрілів. Найбезпечніші з них ті, які мають декілька виходів (один з них за межами будівлі).

Зазвичай такі приміщення використовують як магазини, спортзали, склади тощо. Власники мають знати про призначення на період надзвичайної ситуації й бути готовими дати доступ людям.

Сховище – це герметична споруда для тривалого перебування людей у випадку надзвичайної ситуації. Щоб знайти такі приміщення, потрібно шукати позначки «Укриття» чи «Об'єкт цивільного захисту». Також там має бути номер телефону людини, яка в разі небезпеки відчинить двері сховища чи укриття. Якщо його немає, потрібно звернутися до представництва місцевої влади по інформацію.

Сигнал «Увага всім» – це протяжне звучання сирен або уривчасті гудки. Сигнал подається гудками заводів і підприємств через гучномовці та гудками транспортних засобів (зокрема, з автомобілів ДСНС, обладнаних гучномовцями).

Повідомлення (сигнал) про тривогу – це три довгих гудки. Після трьох гудків, що повідомили про тривогу, настає тиша. Жодного сигналу чи звуку протягом повітряної тривоги нема. Тобто відсутність гудків не означає, що небезпека минула.

Наступний звуковий сигнал, який подадуть, означатиме відбій тривоги. До цього моменту, покидати укриття заборонено. Якщо ж відстежувати тривогу через телебачення чи радіо, то сигнал тривоги триватиме весь час, а його вимкнення означає відбій.



Дії адміністрації підприємств, установ та організацій на час воєнного стану:

- розробити та довести до відома працівників локальну інструкцію про порядок дій працівників під час сигналу «Повітряна тривога» та надзвичайної ситуації;

- розробити маршрут евакуації до найближчого укриття як для персоналу та і для відвідувачів. Довести маршрут до відома працівників та розмістити інформацію для відвідувачів про найближче укриття;

- призначити відповідальних осіб за оповіщення, евакуацію, збереження майна та інші передбачені інструкцією дії;

- забезпечити укриття персоналу та відвідувачів закладу. В разі відсутності захисної споруди в закладі чи поряд, розглянути можливість використання наявних приміщень як найпростішого укриття.

Дії під час сигналу «Повітряна тривога»:

- забезпечити негайне оповіщення персоналу та відвідувачів про повітряну тривогу, інші надзвичайні ситуації. з урахуванням осіб з порушенням слуху чи зору;

- за наявності небезпеки (вибухи, пожежа внаслідок обстрілу):

- повідомити про надзвичайну ситуацію відповідні служби (ДСНС, поліція, медична допомога), керівника (власника);

- організувати евакуацію персоналу та відвідувачів затвердженим маршрутом евакуації, повідомити відвідувачів про найближче укриття;

- організувати зустріч підрозділів рятувальних служб;

- надати домедичну допомогу постраждалим;

- у разі припинення роботи та переміщення працівників в укриття або у випадку евакуації, відповідальним працівникам забезпечити виконання розпоряджень військової (місцевої) адміністрації, територіальних органів ДСНС, інструкції, зокрема, відключення систем живлення, збереження матеріальних цінностей.

У суб'єктів господарювання з кількістю працюючого персоналу 50 осіб і менше, повинна бути визначена посадова особа з питань цивільного захисту, яка розробляє Інструкцію щодо дій персоналу суб'єкта господарювання у разі загрози або виникненні надзвичайних ситуацій, яку затверджує керівник такого суб'єкта господарювання.

Інструкція має містити відомості про:

- можливі (прогнозовані) надзвичайні ситуації, які можуть виникнути на об'єкті суб'єкта господарювання;
- сигнали оповіщення про небезпеку;
- дії персоналу після отримання таких сигналів;
- маршрути евакуації персоналу в безпечні місця, його укриття у захисних спорудах цивільного захисту, а у разі відсутності такої споруди, вказати адреси захисних споруд розташованих поряд;
- заходи зі збереження матеріальних цінностей.

З переліком та місцем розташування захисних споруд цивільного захисту (сховища, протирадіаційні укриття, споруди подвійного призначення та найпростіші укриття) на території міста Запоріжжя, можна ознайомитись на офіційному сайті Запорізької обласної державної адміністрації, за посиланням: [https://zp.gov.ua/upload/editor/dodatki\\_3-4.pdf](https://zp.gov.ua/upload/editor/dodatki_3-4.pdf).

При відсутності на підприємстві, в установі та організації або поряд розташованої (до 500 м) захисної споруди цивільного захисту, необхідно розглянути можливість використання наявних споруд або приміщень у якості найпростішого укриття.

Вимоги до найпростіших укриттів

З метою забезпечення захисних властивостей від дії засобів ураження, важливо, щоб несучі та зовнішні огорожувальні конструкції (стіни, перекриття, покриття) зазначених будівель (споруд, приміщень) були виготовлені із залізобетону, цегли або інших кам'яних матеріалів.

Також можливо використання будівель (споруд, приміщень) з інших матеріалів за умов їх заглиблення у землю.

З метою забезпечення захисту персоналу та відвідувачів від небезпечних чинників надзвичайних ситуацій, об'єкти мають відповідати таким основним вимогам:

- розміщуються у підвальному (підземному) або цокольному поверхах, можливо (за умови відсутності великих отворів у зовнішніх огорожувальних конструкціях) – на першому поверсі;

- не розміщуються поруч з великими резервуарами із небезпечними хімічними, легкозаймистими, горючими та вибухонебезпечними речовинами, водопровідними та каналізаційними магістралями, руйнування яких може призвести до травмування або загибелі працівників та дітей (учнів, студентів);

- не зазнають негативного впливу ґрунтових, поверхневих, технологічних або стічних вод;

- забезпечені електроживленням, штучним освітленням, системами водопроводу та каналізації. За відсутності на об'єкті водопостачання і каналізації, вони повинні мати окремі приміщення для встановлення виносних баків для нечистот;

- не мають великих отворів у зовнішніх огорожувальних конструкціях: наявні отвори (крім дверних) забезпечують можливість їх закладки (мішками з піском або ґрунтом, бетонними блоками, цегляною кладкою тощо);

- забезпечені не менше ніж двома евакуаційними виходами, один з яких може бути аварійним (місткістю менше 50 осіб у ньому допускається наявність одного евакуаційного виходу);

- приміщення мають рівну підлогу, придатну для встановлення лав, нар, інших місць для сидіння та лежання;

- висота приміщень об'єктів, зокрема дверних отворів, становить не менше 2 м (допускається не менше 1,8 м, якщо це було передбачено проектною документацією на її будівництво), а до виступаючих частин окремих будівельних конструкцій та інженерних комунікацій (за винятком

дверних отворів) – не менше 1,4 м. Ширина дверних отворів становить не менше ніж 0,9 м (допускається не менше 0,8 м, якщо це було передбачено проектною документацією на її будівництво). Перетинання дверних отворів будівельними конструкціями або інженерними комунікаціями не допускається;

- основні приміщення, призначені для укриття населення, мають примусову або природну вентиляцію;

- об'єкт перебуває у задовільному санітарному та протипожежному стані (відповідно до норм протипожежних та санітарних правил).

Місткість найпростіших укриттів вираховується з розрахунку: 0,6 м<sup>2</sup> площі основних приміщень на одну особу, що підлягає укриттю.

За можливості розміщення двоярусних нар площу можу бути зменшено до 0,5 м<sup>2</sup> на одну особу, при триярусному – до 0,4 м<sup>2</sup> на одну особу.

За результатами обстеження об'єкта складається акт щодо можливості його використання для укриття населення як найпростішого укриття.

При наявності приміщень, які відповідають вимогам щодо можливості їх використання як найпростіше укриття, необхідно звернутися до відділу з питань надзвичайних ситуацій, мобілізаційної та оборонної роботи Запорізької обласної державної адміністрації або ГУ ДСНСУ у Запорізькій області.

У разі настання негативних наслідків, що буде пов'язано з життям та здоров'ям людей (працівників, відвідувачів та інших осіб), дії роботодавця (власника чи керівника) оцінюватимуться вже під час кримінальних проваджень за кожним фактом таких наслідків.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, Закону України «Про охорону праці» та підзаконні нормативні акти в цій галузі, обов'язок щодо дотримання вимог законодавства у сфері цивільного захисту та охорони праці покладається на всіх без винятку суб'єктів господарювання, стосується будь-яких виробничих об'єктів та приміщень.

## ВИСНОВКИ

Стан системи моніторингу повітря у місті Запоріжжя потребує технічної та якісної реформації, рівень забруднення повітря у досліджуваний період відзначається високим, має нерівномірний розподіл по районах. Максимальні показники забруднення спостерігались по формальдегіду, оксидам азоту, фенолу та пилю загального.

Антропогене навантаження на місто Запоріжжя погіршується кліматичними особливостями регіону та існуючим зонуванням. В районах міста, які планувалися винятково під житлову забудову, також розташовані різноманітні підприємства металургії та хімічної промисловості.

Система моніторингу якості повітря у місті є недосконалою, пости спостереження ручного відбору проб технічно застарілі, відбір проб, який здійснюється на переважній кількості постів у денний час не дозволяє оцінити якість повітря.

Пости розташовані лінійно, з 7 адміністративних районів мережею охоплено лише три. Стан забруднення міста залишається високим з невеликими коливаннями, які залежать від економічних чинників. Викиди забруднювальних речовин оцінюються за даними форми статистичної звітності, однак велика частина підприємств, які не належать до переліку підзвітних, залишається поза увагою чинних оцінок рівня забруднення.

Розрахунки КІЗА на постах показали їх неоднорідність, перелік вимірюваних речовин не є уніфікованим для всіх постів. Найбільший внесок у формування КІЗА здійснює формальдегід.

Наявні високі концентрації оксидів азоту, фенолу та пилю загального. Найбільший рівень КІЗА спостерігається на постах, які розміщені у зоні впливу основного промислового майданчика. В інших районах міста, де наявний промисловий потенціал, спостереження не ведуться, оцінити рівень якості повітря за даними гідрометслужби неможливо.

Найгірша якість повітря агломерації характерна для зимового періоду. Це пов'язано із «опалювальним сезоном». Активне використання різних видів викопного палива (у комбінації із викидами промислових джерел) призводить до збільшення концентрації дрібнодисперсного пилу, азоту діоксиду та вуглецю оксиду у повітрі. Зазначені забруднюючі речовини є основними індикаторами впливу опалювального устаткування на якість повітря.

Особливу увагу потрібно звернути за зміни домінуючого впливу, який визначає якість повітря агломерації. Якість повітря не завжди пов'язана із виключно вмістом дрібнодисперсного пилу, леткі органічні сполуки також значною мірою впливають на несприятливу якість повітря у місті Запоріжжя.

Наявна закономірність до зменшення середніх концентрацій дрібнодисперсного пилу фракцій 2,5 та 10 мкм у повітрі агломерації міста Запоріжжя.. Це пов'язано із комбінованою дією викидів промисловості та опалювального устаткування у зимовий період.

Шляхи поетапного зменшення рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя:

- основні заходи мають бути зосереджені для зменшення в першу чергу викидів дрібнодисперсного пилу та летких органічних сполук;
- основний фокус управління якістю повітря агломерації має бути зосереджений на джерелах металургії, та опалювальному устаткуванню великої потужності;
- заходи альтернативної енергетики, низьковуглецевого транспорту, озеленення території мають бути допоміжними заходами.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гомонай В. І. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України: *Екологічний вісник: науково – популярний*. Київ, 2007. 10 – 11 с.
2. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г., Корпач А. О., Менжиєвська Л. П. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. Київ, 2002. 312 с.
3. Грицайчук В. В., Грицайчук В. В., Микитюк О. М., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. Основи екології: навч. посіб.. Харків, 2004. 124 – 125 с.
4. Войцицький А. П., Дубровський В. П., Боголюбов В. М. Техноекологія: підруч. для студ. вузів / за ред. Боголюбова В.М. Київ: Аграр. Освіта. 2009. 533 с.
5. Потіш Л. А. Екологія: навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 272 с.
6. Ільєнко Р. Ю. Екологія для всіх: слов.-довід. Київ: ЦНЛ, 2005. 155 с.
7. Заславський В. А., Сідлярєнко А. І. Про регулювання викидів шкідливих речовин вздовж автомобільних доріг: автошляховик України: науково – вироб. журнал. Київ: 2004. 12 – 13 с.
8. Колесник В. Є., Павличенко А. В., Калініна К. Р. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення. Геотехнічна механіка: Дніпро, ИГТМ НАНУ. 2017. 156 – 160 с.
9. Мудрак О.В. Екологія: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України. Вінниц. держ. пед. ун-т ім. М. Коцюбинського: Міська друкарня. Вінниця, 2006. 502 с.
10. Микитюк О. М., Грицайчук В. В., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. Основи екології: навч. посіб. 2–е вид. стереотипне: Харків, ОВС. 2004. 144 с.
11. Картавцев О. М., Картавцев О. М., Турос О. І., Вознюк О. В. Оцінка забруднення атмосферного повітря у контексті законодавства України, що регламентує прийнятий ризик: довкілля та здоров'я. Київ, 2009. 33 – 36 с.

12. Малоног К. П., Загородній В. В. Забруднення атмосферного повітря промислового міста як фактор ризику для здоров'я його мешканців: Довкілля та здоров'я. Черкаси, 2009. 33 – 34 с.

13. Лозовий М. П. Гігієнічна оцінка результатів моніторингу стану атмосферного повітря і здоров'я дитячого населення: Довкілля та здоров'я. Київ, 2009. 58 – 61 с.

14. Корсак К. В., Плахотнік О. В. Основи екології: навч. посібн. для студ. вуз. Київ : МАУП. 2000. 234 с.

15. Аніщенко В.О. Основи екології: навч. посіб. Київ: Кондор. 2009. 148 с.

16. Потіш А. Ф., Медвідь В. Г., Гвоздецький О. Г., Козак З. Я. Екологія: теоретичні основи і практикум: навч. посіб. 3–е вид. стереотипне. Львів: Магнолія, 2006. 321 с.

17. Сніжко С. І., Сніжко С. І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста: Обрії. Київ, 2011. 297 с.

18. Джигирей В.С., Сторожук В М., Яцюк Р. А., Основи екології та охорона навколишнього середовища: підручник, доповн.. Львів, 2001. 63 с.

19. Кучерявий В. П. Екологія: підруч. для студ. вузів. Львів : Світ., 2000. 500 с.

20. Джигирей В.С., Сторожук В М., Яцюк Р. А., Основи екології та охорона навколишнього середовища: підручник, доповн.. Львів, 2001. 63 с.

21. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. Основи екології: підручник: Міністерство освіти і науки України. 2-е вид. Київ: Либідь. 2005. 64 с.

22. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева С.Ю., Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навч. посіб. для студ. вуз.. 2–е вид.: Львів : Новий Світ–2000. 2005. 254 с.

23. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини: навч. посіб.: Міністерство освіти і науки України / за ред. Кочубей Н. В: Княгиня Ольга. Київ, 2005. 395 с.



24. Федорченко Р. А. Гігієнічна оцінка та профілактика впливу атмосферних забруднень на населення у мегаполісі металургійної галузі, дис. канд. мед. наук, Харків, 2016.
25. Бойчук Ю. Д., Шульга М. В., Цалін Д. С. Основи екології та екологічного права: навч. посіб.: Міністерство освіти і науки України. 2-е вид.: Суми : Княгиня Ольга. 2005. 368 с.
26. Злобін Ю. А., Кочубей Н. В. Загальна екологія: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України. 2-е вид. стереотипне. Суми : Унів. Книга., 2005. 416 с.
27. Шматько В. Г., Нікітін Ю. В. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навч. посіб. для студ. вузів: Нац. академія управління: КНТ. Київ, 2006. 303 с.
28. Адаменко О. М., Коденко Я. В., Консевич Л. М. Основи екології: навч. посіб. для ВНЗ. Інститут менеджменту та економіки «Галицька академія». 2-е вид. Київ: Центр навчальної літератури, 2005. 320 с.
29. Клименко Л. П. Техноекологія: посіб. для студ. вуз. Університетська бібліотека. 2-е вид., перероб. і доп.: Сімферополь : Таврія. 2000. 526 с.
30. Долгілевич М.Й. Метеорологія та кліматологія: навч. посіб.: Житомирський державний технологічний інститут. 2-е вид., перероб. і доп.: Житомир: ЖДТУ. 2006. 65 с.
31. Руденко Ч. І, Костишин С. С., Морозова Т. В. Загальна екологія. Практичний курс: посіб.: Чернівці : Рута. 2003. 320 с.
32. Корсак К. В., Плахотнік О. В. Основи екології: навч. посібн. для студ. вуз.: Київ : МАУП., 2000. 234 с.
33. Чайка В. Є. Урбоекологія: підруч. для студ. вузів. Вінниця, 1999. 366 с.
34. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. для студ. вуз. 5-те вид., випр. і доп. Київ : Знання. 2007. 422 с.

35. Грицик В., Канарський Ю., Бедрій Я. Екологія довкілля. Охорона природи: навч. посіб. Київ: Кондор. 2009. 292 с.
36. Мусієнко М. М., Серебряков В. В., Брайон О. В. Екологія: тлумачний словник. Київ: Либідь. 2004. 376 с.
37. Чисте повітря для України. План дій щодо зменшення промислового забруднення в містах України. Огляд варіантів політики та рекомендацій. Проєкт «Чисте повітря для України», Київ–Прага, 2020
38. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році: Запорізька обласна державна адміністрація. Запоріжжя, 2017. 23 – 25 с.
39. Твоє майбутнє земля за порогами: науково–популярне видання Запорізька обласна державна адміністрація. Запоріжжя, 2014. 12 – 15 с.
40. Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Куранова Я. О. Дослідження впливу викидів металургійних підприємств на забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. Металургія, Запоріжжя, 2018. 136 – 138 с.
41. Муніципальний енергетичний план міста Запоріжжя на 2014-2030 роки. Запоріжжя, 2014 – URL: [https://zp.gov.ua/upload/editor/1-1-\\_municipalnij\\_energetichnij\\_plan\\_zaporizhzhya.pdf](https://zp.gov.ua/upload/editor/1-1-_municipalnij_energetichnij_plan_zaporizhzhya.pdf)
42. Проєкт Плану дій сталого енергетичного розвитку м. Запоріжжя. Запоріжжя, 2021 – URL: [https://zp.gov.ua/upload/editor/2-2-\\_plan\\_dij\\_stalogo\\_energetichnogo\\_rozvitku\\_mista\\_zaporizhzhya\\_na\\_2021-2030\\_roki.pdf](https://zp.gov.ua/upload/editor/2-2-_plan_dij_stalogo_energetichnogo_rozvitku_mista_zaporizhzhya_na_2021-2030_roki.pdf)
43. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Стратегії розвитку міста Запоріжжя до 2028 року. Запоріжжя, 2017 – URL: [https://zp.gov.ua/upload/editor/dodatok\\_4\\_\\_\\_e.pdf](https://zp.gov.ua/upload/editor/dodatok_4___e.pdf)
44. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря агломерації Запоріжжя на 2022–2026 роки. Запоріжжя, 2021 – URL: [https:// https://zp.gov.ua/upload/content/o\\_1h92mi0i6e1k1ovi12f411b410bda.pdf](https://zp.gov.ua/upload/content/o_1h92mi0i6e1k1ovi12f411b410bda.pdf)
45. Белоконь К. В., Михайлуца О. М., Зануда Т. О., Тарабан Є. В. Прогнозування розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових

підприємств, що містять оксид вуглецю і вуглеводні: збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки), 2019. 104 – 109 с.

46. Белоконь К. В. Дослідження впливу викидів промислових підприємств на забруднення атмосферного повітря в Заводському районі м. Запоріжжя. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки), 2018. 91 – 95 с.

47. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2018 році: Запорізька обласна державна адміністрація. Тернопіль, .2017. 21 – 22 с.

48. Кауля В.С. Прогнозування динаміки забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2015. том 9 № 1. 56 – 63 с.

49. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2019 році: Запорізька обласна державна адміністрація. Запоріжжя, 2020. 25 – 35 с.

50. Доценко Л. В., Демиденко А. С. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря. *Екологічна безпека*, 2014. 71 – 72 с.

51. Пірогова І. М., Белоконь К. В., Єрьоменко В. О., Олійник О. В. Визначення рівня забруднення атмосфери м. Запоріжжя на основі індексу забруднення атмосфери. Міжнародна науково-практична конференція «Біоекономіка як ключовий фактор розвитку виробництва та екологізації промислового регіону»: ІННІ ЗНУ. Запоріжжя, 2020. 392 – 395 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А  
Розрахунок шкоди

Назва забруднюючих речовин		qі	ρ <sub>о</sub>	S	Мі викид	Сп	Кнеб	Кв	Кмп	Кпп	Рш
		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т	Сума екоподатку, грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт впливу на довкілля	Коефіцієнт масштабу події	Коефіцієнт характеру походження події	Розмір шкоди, грн
NO <sub>x</sub>	Азоту діоксид	0,001071	0,03	20	0,0006426	2574,43	3	4	1,2	10	238,22
NH <sub>3</sub>	Аміак	0,000003			0,0000018	482,84	2				0,08
SO <sub>x</sub>	Ангідрид сірчистий	0,000087			0,0000522	2574,43	3				19,35
CO <sub>2</sub>	Вуглецю діоксид	2,64			1,584000	30	2				4561,92
CO	Вуглецю оксид	0,000041			0,0000246	96,99	2				0,23
NMVOC	НМЛОС	0,0000059			0,0000035	145,5	2				0,05
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини (пил + сажа)	0,000003			0,0000018	96,99	3				0,03
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00000058			3,48E-08	109127,84	5				0,91
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00000005			3,00E-09	20376,22	5				0,01
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00000019	1,14E-08	109127,84	5	0,30					

## Продовження Додатку А

As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000006	3,60E-09	4216,92	4			0,00
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000016	9,60E-09	69113,38	5			0,16
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000014	8,40E-09	4216,92	4			0,01
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000022	1,32E-08	103816,62	4			0,26
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000012	7,20E-09	18413,24	5			0,03
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000025	1,50E-08	628,32	3			0,00
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	8,40E-12	5,04E-12	3277278,63	5			0,00