

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря

Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



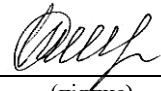
«21» грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: **Оцінка якості атмосферного повітря за даними автоматизованих
та дистанційних систем спостереження**

Виконала студентка 6 курсу, групи 6281


(підпис) Соченінова І.О.

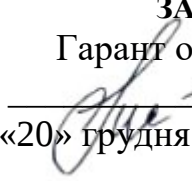
Керівник роботи:
доцент кафедри екології та
природоохоронних технологій
к.т.н, доцент


(підпис) Магась Н.І.

Миколаїв 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Факультет: факультет економіки та екології моря
Кафедра: екології та природоохоронних технологій
Спеціальність: 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітня програма: Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми
 Літвак С.М.
«20» грудня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Соченіновій Інні Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка якості атмосферного повітря за даними
автоматизованих та дистанційних систем спостереження

керівник роботи: Магась Наталія Іванівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № 1108-УЧ від « 24 » жовтня 2024 р.

2. Термін подання роботи: 14.12.2024

3. Вихідні дані по роботі: регіональні доповіді та статистичні дані про рівень забруднення атмосферного повітря у Миколаївській області, нормативно-правові акти про систему моніторингу за якістю повітря в Україні, відомості про систему та пости спостереження за якістю повітря у м. Миколаїв, методики оцінювання якості атмосферного повітря, інструкції про роботу та використання геоінформаційних систем при здійсненні моніторингу, інструкції та рекомендації для населення щодо запобігання негативного впливу забруднення повітря у населених пунктах та у приміщеннях.

4. Перелік питань, що належать до розробки: Провести аналіз сучасного стану забруднення атмосферного повітря, проаналізувати відомості про систему моніторингу атмосферного повітря, а також використання різних методів оцінки рівня забруднення повітря, провести дослідження щодо аналізу та оцінки якості повітря на досліджуваних територіях, розробити заходи, щодо зниження рівня впливу забруднення атмосферного повітря.

5. Перелік презентаційних матеріалів:

Презентація – 18 аркушів А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Маринець О. М., к.т.н., доц.		
Оцінка економічного збитку	Літвак О.А., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел за темою дослідження, актуальність дослідження якості атмосферного повітря	19.09.24	
2	Визначення основних джерел забруднень атмосферного повітря та поширення основних забруднюючих речовин	22.09.24	
3	Характеристика системи моніторингу атмосферного повітря на території України та методів оцінки рівня забруднення	29.09.24	
4	Порівняльний аналіз та оцінка якості повітря на території України та Миколаївської області за даними автоматизованих та дистанційних систем спостереження	17.10.24	
5	Розробка заходів щодо зниження рівня впливу забруднення атмосферного повітря на населення	24.10.24	
8	Подання КР на допуск до захисту	07.12.24	
9	Захист КР	24.12.24	

Студентка

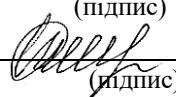


(підпис)

Соченінова І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Магась Н.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі представлено результати аналізу та оцінки якості повітря на території України та Миколаївської області. Викладено сучасний стан системи моніторингу атмосферного повітря. Встановлено основні джерела забруднення атмосферного повітря, визначено їхній вплив. Проаналізовано поширення основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на території України, оцінено рівень забруднення повітря, зроблено порівняльний аналіз отриманих результатів та перспектив використання автоматизованих та дистанційних методів моніторингу. Обґрунтовано заходи та розроблено рекомендації щодо запобігання негативного впливу забруднення атмосферного повітря на населення.

Ключові слова: атмосферне повітря, пости спостереження, якість повітря, автоматизовані та дистанційні системи спостереження.

SUMMARY

The qualification work presents the results of the analysis and assessment of air quality in Ukraine and Mykolaiv region. The current state of the air monitoring system is described. The main sources of air pollution are identified and their impact is determined. The distribution of the main pollutants in the air in Ukraine is analyzed, the level of air pollution is estimated, and a comparative analysis of the results obtained and the prospects for using automated and remote monitoring methods is made. Measures to prevent the negative impact of air pollution on the population are substantiated and recommendations are developed.

Keywords: atmospheric air, observation posts, air quality, automated and remote monitoring systems.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРИТОРІЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Загальна характеристика території дослідження	10
1.2 Поширення основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на території України.....	15
1.3 Основні джерела забруднень атмосферного повітря на території України та Миколаївської області.....	21
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	29
2.1 Загальні відомості про систему моніторингу атмосферного повітря на території України та Миколаївської області	29
2.2 Методики оцінки рівня забруднення атмосферного повітря.....	35
2.3 Методи оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням автоматизованих систем спостережень.....	38
2.4 Метод оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням дистанційних систем спостережень	43
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	47
3.1 Аналіз та оцінка якості повітря атмосферного повітря на території України та м. Миколаїв на стаціонарних постах спостереження.....	47
3.2 Аналіз та оцінка якості повітря з використанням автоматизованої системи спостережень EcoCity.....	61
3.3 Кореляційний аналіз залежності метеорологічних показників із підвищенням рівня забруднення повітря	67
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА НАСЕЛЕННЯ	75

РОЗДІЛ 5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЗБИТКУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	82
5.1 Розрахунок розмірів відшкодування збитків за наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря	82
5.2 Приклад розрахунку при невиконанні у заплановані терміни заходів по досягненню нормативів ГДВ	86
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ В ЛАБОРАТОРІЯХ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ	89
6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на працівника лабораторії обробки даних щодо стану атмосферного повітря	89
6.2 Вимоги до організації робочих місць користувачів ПК.....	91
6.3 Розробка заходів техніки безпеки.....	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98

ВСТУП

Актуальність. Атмосферне повітря є одним із найважливіших компонентів природного середовища, тому вивченню його якісного стану має приділятися належна увага. Забруднення повітря посідає перше місце за ступенем хімічної небезпеки для людини. Особливо гостро проблема забруднення атмосферного повітря відчувається в урбанізованих регіонах. Урбанізовані території є зонами ризику для здоров'я населення, оскільки атмосферне повітря цих територій містить підвищену кількість шкідливих домішок антропогенного походження. Сьогодні сумарний рівень забруднення повітря великих і середніх міст України у 2–4 рази перевищує гранично допустимий і є небезпечним для здоров'я населення.

Стан і якість повітряного басейну міст України в останні роки значно погіршується через вплив стаціонарних і пересувних джерел забруднення. Серед загального переліку забруднюючих речовин атмосферного повітря, що викидаються перерахованими джерелами, особливу увагу слід приділити таким домішкам, як завислі речовини (аерозолі, пил), монооксид вуглецю і, як показують останні дослідження [1, 2, 4-7], – двоокису азоту та формальдегіду. Адже середні концентрації в атмосферному повітрі саме цих речовин останнім часом стрімко збільшуються.

Спостереження за концентраціями завислих речовин протягом останніх десятиліть головним чином необхідні через вплив цих домішок на здоров'я та клімат. Зниження видимості, як результат розсіювання і поглинання світла аерозолями, є ще однією проблемою, що пов'язана із забрудненням завислими частинками [1, 3]. Антропогенний окис вуглецю (CO) є важливим попередником озону та вторинних органічних аерозолів та виділяється переважно із котелень і транспортних засобів у містах [1]. Двоокис азоту (NO₂) негативно впливає на людський організм [1-4]. Вплив на здоров'я населення відбувається як за рахунок впливу високих концентрацій NO₂ протягом короткого періоду часу, так і за рахунок порівняно низьких, але типових для

урбанізованих територій концентрацій NO_2 у повітрі, яким мешканці міста дихають протягом всього життя. Високі концентрації формальдегіду в повітрі великих міст світу останнім часом стають серйозною проблемою. Навіть такі незначні концентрації формальдегіду в повітрі, як 100 част. на мільярд, призводять до значного подразнення слизової оболонки очей, носової порожнини, горла. Якщо ж концентрація зростає до 100 част. на мільйон, то це стає вкрай небезпечним не лише для людського здоров'я, але й для життя [8].

Слід також зазначити, що в останні роки м. Миколаїв входить до 10 найбільш забруднених міст України. Тому тема дослідження є актуальною і необхідною в сучасних умовах.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка і аналіз рівня забруднення атмосферного повітря на території України та Миколаївської області за даними автоматизованих та дистанційних систем спостереження.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- охарактеризувати загальні відомості про територію дослідження;
- проаналізувати сучасний стан системи моніторингу атмосферного повітря на території України;
- описати методи оцінки рівня забруднення атмосферного повітря ;
- виконати оцінку рівня забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв основними забруднюючими речовинами і провести ранжування за рівнем перевищення нормативів якості;
- провести аналіз якості повітря з використанням автоматизованих та дистанційних систем спостереження;
- запропонувати заходи щодо зниження та запобігання впливу забруднення атмосферного повітря на населення.

Об'єкт дослідження – стан забруднення атмосферного повітря основними забруднюючими речовинами.

Предмет дослідження – використання доступних методів оцінки рівня забруднення атмосферного повітря

Методи дослідження. Для виконання роботи застосовано різноманітні методи збору, систематизації та обробки даних, а також теоретичні й експериментальні підходи. Зокрема, використовувалися методи дистанційних та автоматизованих систем спостережень, геоінформаційні методи. Основним методом для визначення індексу якості повітря слугував статистичний аналіз і математичне моделювання.

Теоретична частина дослідження базувалася на методах аналізу й синтезу для узагальнення літературних джерел і визначення ключових напрямків роботи. Методи системного та порівняльного аналізу використовувалися для вивчення взаємозв'язків між метеорологічними показниками та забруднюючим речовинам, реалізоване за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2010.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТЕРИТОРІЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальна характеристика території дослідження

За фізико-географічним положенням територія України розташована у південно-західній частині Східноєвропейської рівнини. Країна має 27 регіонів (24 області, 1 автономну республіку – АР Крим і 2 міста зі спеціальним статусом – Київ і Севастополь) [9].

Рельєф України складають гірські масиви, височини, рівнини та низовини. З півдня її оточують Чорне та Азовське моря. Складні фізико-географічні умови зумовлюють різноманітність клімату, який змінюється від надмірно зволжених на заході Полісся до посушливих південних степових районів. Своєрідним кліматом відрізняються Українські Карпати, Кримські гори та Південний берег Криму. Україна в цілому характеризується сприятливим для життєдіяльності людини кліматом. У той же час, унаслідок особливостей її місцезположення, які певною мірою обумовлюють розвиток атмосферних процесів, створюються умови для виникнення стихійних метеорологічних явищ, які набувають іноді катастрофічного характеру, зі значними збитками. Особливості регіональної циркуляції атмосфери проявляються у збільшенні континентальності із заходу на схід.

Різнманітність клімату також пов'язана з видами підстильної поверхні, що змінюється від рівнинної території до гірської (Українські Карпати, Кримські гори). Широтний хід метеорологічних величин 8 порушують височини. Значна протяжність морської берегової лінії впливає на клімат прибережних районів. Загалом клімат України складається із мікрокліматів, що проявляється у неоднорідності горизонтальних і вертикальних градієнтів кліматологічних показників внаслідок складної взаємодії діяльної поверхні у системі природних і перетворених ландшафтів.

Клімат України помірно-континентальний, з холодною зимою і теплим літом. Середня температура січня -5°C , а середня температура липня 22°C . Країна отримує в середньому 500-600 міліметрів опадів на рік [9].

До метеорологічних характеристик території України, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин і впливають на рівень забруднення атмосферного повітря, належать:

- швидкість і напрямок вітру, який є основним фактором, який визначає розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері. Сильний вітер може сприяти розповсюдженню забруднюючих речовин на ширшій території, тоді як слабкі вітри можуть призвести до накопичення забруднюючих речовин у локальних областях;

- температура впливає на щільність атмосфери, що, у свою чергу, впливає на здатність забруднюючих речовин розсіюватися. Тепле повітря має меншу щільність, ніж прохолодне, тому забруднюючі речовини можуть підніматися вище в атмосферу та подорожувати на дальші відстані, коли температура висока;

- опади можуть діяти як механізм транспортування забруднюючих речовин, переносячи забруднюючі речовини з однієї області в іншу;

- вологість повітря, коли забруднюючі речовини з більшою ймовірністю поглинаються частинками, що може допомогти видалити їх із повітря;

- рельєф місцевості, тобто коли гори та височини які сприяють затримуванню забруднювачів, або долини які можуть спрямовувати забруднюючі речовини в локальні області.

Метеорологічні характеристики України значно відрізняються по території країни. Західні та північні регіони України, як правило, характеризуються нижчими температурами, вищою вологістю та більшою кількістю опадів, ніж східні та південні регіони. Карпатські гори на заході України також можуть зіграти роль в уловлюванні забруднюючих речовин.

Окрім зазначених вище метеорологічних факторів, на рівень забруднення атмосферного повітря в Україні можуть впливати й інші фактори, а саме: наявність промислових та сільськогосподарських викидів: промислові та сільськогосподарські викиди є основним джерелом забруднення повітря в Україні. Ці викиди можуть включати різні забруднюючі речовини, такі як діоксид сірки, оксиди азоту, тверді частинки та леткі органічні сполуки. Наявність транспортних викидів: транспортні викиди є ще одним основним джерелом забруднення повітря в Україні. Ці викиди можуть включати такі забруднюючі речовини, як чадний газ, оксиди азоту та тверді частинки.

Рівень забруднення атмосферного повітря в Україні є значною проблемою, яка може мати негативний вплив на здоров'я людини та довкілля. Уряд України зробив деякі кроки для вирішення цієї проблеми, наприклад, запровадив суворіші стандарти викидів та інвестував у технології контролю забруднення повітря. Проте для зниження рівня забруднення повітря в Україні потрібно зробити більше.

Миколаївська область розташована в межах Причорноморської низовини в басейні нижньої течії р. Південний Буг. Площа території області складає 24598 км², і за цим показником вона посідає 14 місце серед інших областей України [10]. Територія Миколаївської області розташована на півдні України і охоплює дві фізико-географічні зони – лісостепову зону (Кривоозерську і західну половину Первомайського району) і степову зону (решту території) у межах нижньої частини басейну р. Південний Буг.

Згідно прийнятому районуванню, територія, що розглядається відноситься до Чорноморської кліматичної підобласті, відноситься до Атлантико-континентальної степової кліматичної зони, до 3-го кліматичного району [11].

Клімат району – помірно-континентальний. Основні кліматоутворюючі фактори – сонячна радіація, атмосферна циркуляція і вологообіг.

Циклонічна діяльність найбільш інтенсивна в зимовий період і восени. Зимом неодноразово відмічається вторгнення морського тропічного повітря,

обумовленого рухом циклонів з боку Середземного моря, які народжують сильні штормові вітри (швидкість 15 м/с і більше).

Характерна особливість клімату – спекотне, відносно сухе літо і волога, вітряна з частими відлигами зима.

Під впливом широких степів і водних мас Чорного моря клімат набуває рис як степового, так і морського, відрізняючись великою кількістю сонячних днів і відносною м'якістю.

За метеорологічними умовами територія м. Миколаєва мало відрізняється від інших, розташованих в північно-західній частині Чорного моря.

Клімат району помірно-континентальний з вираженим буферним впливом моря. Сонячна радіація, атмосферна циркуляція і вологість відносяться до категорії основних кліматоутворюючих факторів.

Протягом року переважають вітри північно-східного, північного і південного напрямів - 18,94%, 14,06% і 13,3% відповідно. Слабкі вітри (швидкість вітру менше 5 м / с) спостерігаються в 72,04% всіх випадків.

На частку вітрів більш 15м/с припадає 0,01% всіх випадків. Повторюваність штилів становить 1,76% [9, 12].

Переважаючий напрямок вітру в холодний період року північно-східний, в теплий період - північно-західний. Середньорічна швидкість вітру в межах 4-5 м/с. Сильний вітер в холодну пору року спостерігається в середньому 2-4 дні, в літній час – 1-2 дня. Вітер 25-30 м/с спостерігається в середньому 1 раз в 5 років. Безвітряна погода в літній період спостерігається в два рази частіше, ніж у зимовий, хоча їх частка в загальному балансі погод незначна [12-14].

Кількість опадів, що випадають на даній території, мають сезонний характер. У річному ході помітно переважання опадів у літні місяці, з максимумом у червні. У цей час опади випадають у вигляді короткочасних злив, внаслідок чого основна частина витрачається на поверхневий стік, випаровування і тільки незначна частина на інфільтрацію. Для осінньо-зимового періоду характерні затяжні мало інтенсивні дощі, з мінімумом у

жовтні. Найменша їх кількість припадає на холодний період року (січень-квітень).

Річна кількість опадів за останні 30 років становить в середньому 473 мм, максимум 541,5 мм, мінімум 314,2 мм. Максимальна середньомісячна сума опадів становить 58 мм. Середньомісячна відносна вологість повітря – близько 80% [11].

Сніговий покрив нестійкий, відсутній не менше ніж в 50% зим. Дата появи снігового покриву зазвичай спостерігаються у першій половині грудня, дата сходу – на першу декаду березня. Середня за зиму висота снігового покриву на відкритій місцевості складає 9 – 13см, а найбільша висота – до 35см. У 50% випадків висота снігового покриву не перевищує 5 см. Промерзання ґрунту зазвичай починається в третій декаді листопада і триває до кінця березня. Найбільша глибина промерзання досягає 80 см.

Тумани в районі Бузького лиману мають середню повторюваність 5,8% на рік. Тумани найбільш часті в холодну пору року, з жовтня по квітень. У цей період можливі тривалі тумани, що тривають по кілька діб. Сумарна тривалість туманів в середньому 406 годин на рік. Середнє і найбільше число днів з туманом у рік 30,8 і 37 відповідно.

Дні, коли шар хмар не перевищує 20%, вважаються сонячними; 20-80% покриву вважається частковою хмарністю, а більш як 80% вважається суцільною хмарністю.

З небезпечних атмосферних явищ слід відзначити ожеледь, грози, град, хуртовини.

Ожеледь спостерігається в середньому 3,25 днів в році. Утворення ожеледі супроводжується північно-східним вітром зі швидкістю 8-12 м/с.

Грози можливі протягом всього року. Найбільш часто грози відзначаються влітку. В окремі роки число днів з грозою досягає 9-11, а найбільша кількість днів з грозою за рік становить 19-35. Тривалість грози в день незначна, середня безперервна тривалість грози складає 1,5-2,5 години.

Середня максимальна температура повітря найбільш жаркого місяця (липень) становить 24,3°C. Середня температура найбільш холодного періоду (січень-лютий) становить – 2,1°C. Абсолютний максимум температури – плюс 40,1 °C, абсолютний мінімум – мінус 29,7 °C [9, 12].

Основними джерелами забруднення атмосфери Миколаївської області є транспорт, промисловість, сільське господарство. Найбільшими галузями промисловості області є металургія, хімічна промисловість, машинобудування. У транспортному секторі домінує автомобільний транспорт, який відповідає за більшість забруднень повітря в регіоні. Сільське господарство є основним джерелом забруднення повітря внаслідок використання пестицидів і добрив. [15].

1.2 Поширення основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на території України

Останніми роками ситуація з якістю атмосферного повітря в Україні в цілому залишається напруженою. Основними забруднювачами повітря є частинки пилу PM_{10} та $PM_{2,5}$, діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2), вуглеводні, альдегіди, оксид вуглецю (CO), важкі метали (миш'як, кадмій, нікель, ртуть), бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$).

У 2020 році на території України було зафіксовано певний рівень зменшення забруднення повітря внаслідок карантинних обмежень, пов'язаних з пандемією COVID-19. Проте, з поступом відновлення економіки та зростання емісій, які пов'язані з цим, рівень забруднення повітря знову зріс і продовжує бути високим. На рисунку 1.1 показано поширення забруднюючих речовин на території України за даними платформи Google Engine.

Згідно з даними Міністерства охорони довкілля та природних ресурсів України, в 2020 році на території України середньодобова концентрація діоксиду сірки (SO_2) перевищувала максимально допустиму норму на 37,2% в місті Кривий Ріг та на 14,7% у місті Маріуполь. Крім того, середньодобова

концентрація фенолу, бензопірену та формальдегіду також перевищувала норми в ряді населених пунктів [16].

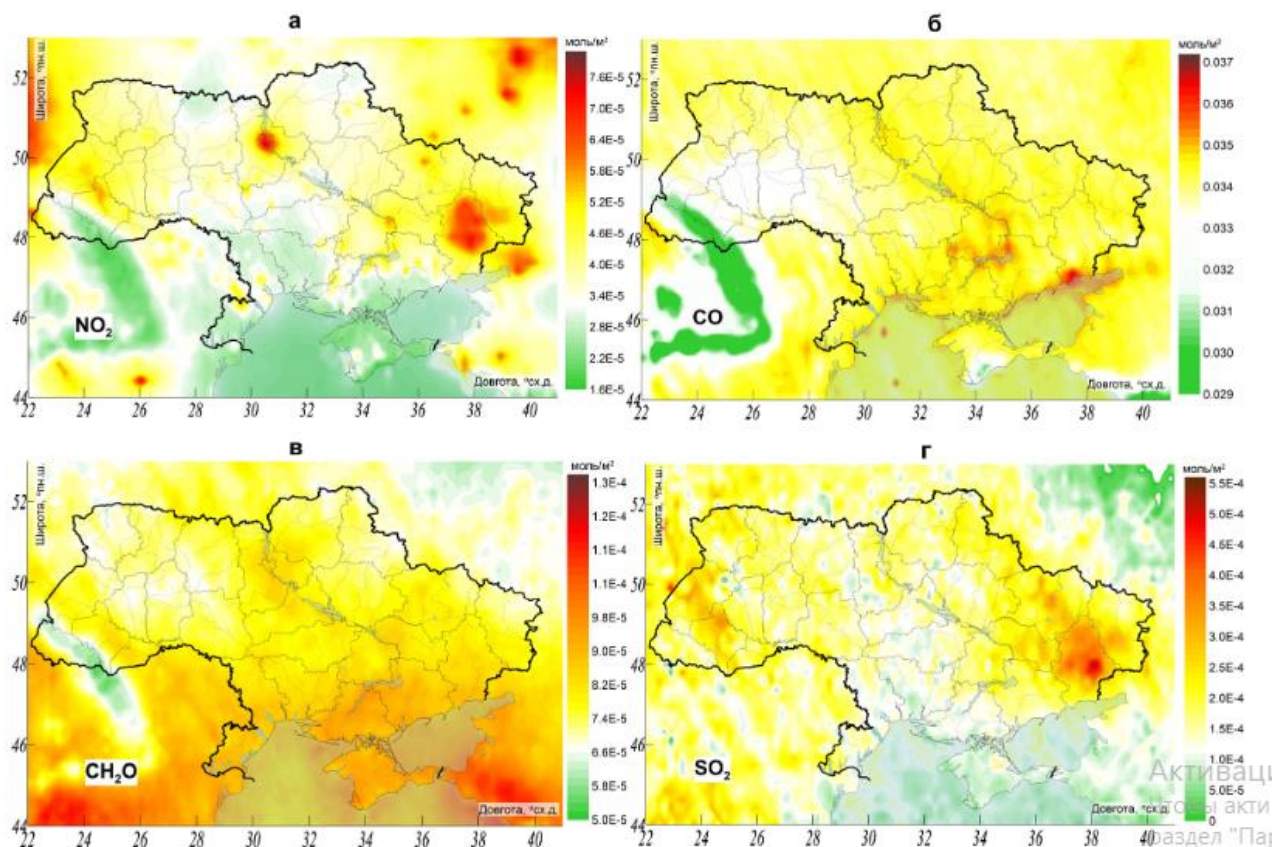


Рис. 1.1 – Просторовий аналіз основних забруднюючих речовин на території України за 2023р. [16]

На рисунку 1.1 показано поширення основних забруднюючих речовин NO₂ (а), CO (б), CH₂O (в), SO₂ (г), на території України протягом 2023 року.

Під час повномасштабного російського вторгнення найбільше забруднення атмосферного повітря спостерігалось у промислових містах України. Незважаючи на суттєву роль пересувних джерел забруднення та зменшення обсягів виробництва у порівнянні з попередніми десятиріччями, промисловість залишалася головним чинником формування локальних максимумів концентрацій забруднюючих речовин.

Середні значення загального вмісту NO₂ у 2023 році залишалися найвищими у промислових містах Донбасу та малих населених пунктах із потужними ТЕЦ, таких як Курахове, Новий Світ, Донецьк, Світлодарськ,

Слов'янськ, Краматорськ (Донецька область), Бурштин (Івано-Франківська область) та Добротвір (Львівська область). Для цих міст типовими є значення близько $5.0 \cdot 10^{-5}$ моль/м² (рис. 1.1а), що перевищує рівні у великих містах із значною часткою викидів автотранспорту, таких як Київ, Дніпро, Харків.

Фонові концентрації NO₂ варіюються залежно від регіону та щільності розташування міст. На більшій частині території України фоновий рівень становить близько $4.0 \cdot 10^{-5}$ моль/м², а у віддалених від промислових центрів районах – близько $3.0 \cdot 10^{-5}$ моль/м².

Найбільш чистими залишаються північні райони Житомирської, Чернігівської та Сумської областей, південна частина Херсонської, північ і південь Одеської, західна частина Кіровоградської областей, а також більша частина Миколаївської області та АР Крим. Це пояснюється віддаленістю цих районів від великих міст на понад 50 км. Найнижчі значення NO₂ спостерігаються у високогірних районах Карпат і Криму.

Загальний вміст СО в атмосфері розподілений більш однорідно завдяки тривалому часу існування в атмосферному повітрі (кілька місяців у порівнянні з кількома годинами для NO₂), розподіляючись між основними районами з великою кількістю джерел викидів. Над територією України середні значення СО варіюють від 0.030 моль/м² до 0.036 моль/м² (рис. 1.1б). Максимальні показники просторового розподілу спостерігаються лише на рівні окремих урбанізованих районів із потужними промисловими викидами. Такі міста на території України напередодні війни включали Маріуполь, Дніпро, Запоріжжя, Кривий Ріг, а також територію, що охоплює міста Марганець – Нікополь – Енергодар. Трохи менший вміст СО, зосереджений у зонах з підвищеними значеннями, характерний для Києва та Українки, а також над містами Горішні Плавні, Кременчук і Світловодськ. Забрудненою є берегова лінія, що пов'язано з викидами морського транспорту, який переважно використовує досить «брудне» паливо. Як було показано у , з травня по вересень значний внесок роблять малий туристичний флот. Фонові значення над більшою частиною території України сягають 0.034 моль/м². Мінімуми просторового розподілу

характерні для Подільської височини із загальним вмістом CO близько 0.033 моль/м²; Кримських гір із вмістом 0.031 моль/м² та Українських Карпат із вмістом близько 0.030 моль/м².

Менша точність визначення загального вмісту CH₂O призводить до неможливості детального визначення наслідків більшої кількості викидів. Просторовий розподіл над територією України переважно відображає закономірності, сформовані великомасштабними процесами (рис. 1.1в), тобто процесами перенесення від найпотужніших джерел викидів та загальними закономірностями вторинного фотохімічного формування CH₂O внаслідок розкладу алкенів [58,59]. Загальний вміст CH₂O зростає у напрямку на південь із зміною фонового вмісту з $7.5 \cdot 10^{-5}$ моль/м² на півночі території України до $9.0 \cdot 10^{-5}$ моль/м² на півдні. Водночас спостерігаються наслідки викидів від великих міст, зокрема Києва, Дніпра, Запоріжжя та інших. Оцінити кількісно ці наслідки неможливо, проте якісно CH₂O перевищує фонові значення приблизно на 30%. Мінімуми просторового розподілу характерні для Українських Карпат та заповідних територій у районі Шацьких озер на Подільській височині, де середній вміст CH₂O зменшується до $5.0 \cdot 10^{-5}$ моль/м².

Загальний вміст SO₂ в атмосфері переважно використовується для виявлення наслідків потужних джерел викидів; однак чутливість приладів не дозволяє кількісно аналізувати низький вміст SO₂. Над територією України максимуми формуються над містами з великими ТЕС та потужними промисловими підприємствами, що працюють на твердому паливі. Масштабний осередок високого вмісту SO₂ формується над Донецькою областю зі значеннями вище $3.5 \cdot 10^{-4}$ моль/м² (рис. 1.1г). Подібні осередки спостерігаються над Бурштинською, Добротвірською та Зміївською (сmt Слобожанське) ТЕС. Фонові значення загального вмісту SO₂ не перевищують $1.5 \cdot 10^{-4}$ моль/м².

Узагальнюючи просторовий розподіл загального вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (рис. 1.1), стає можливим виділити найзабрудненіші райони, сформовані сукупністю викидів промислових міст, та найчистіші райони з мінімумом вмісту. У першу чергу виділяється Донецька

область, де високі значення забруднюючих речовин продовжували спостерігатися навіть після окупації у 2014 році (на відміну від Луганської області). У цьому районі значні викиди продовжували спостерігатися по обидва боки від лінії розмежування, що сприяло формуванню єдиного осередку забрудненого повітря. Загалом цей осередок забрудненого повітря охоплює Слов'янськ, Краматорськ, Курахівську ТЕС, непідконтрольний Донецьк, Харцизьк, Новий Світ із Старобешівською ТЕС та Маріуполь (до початку повномасштабного вторгнення). Другий осередок сформований вздовж р. Дніпро та Каховського водосховища внаслідок викидів від Дніпра, Запоріжжя, Нікополя, Марганця та Енергодара. До цієї ж забрудненої території можна віднести і Кривий Ріг, адже значна повторюваність перенесення атмосферного повітря із західною складовою частково сприяє поширенню шлейфів забруднення від Кривого Рогу, змішуючись із забрудненим повітрям навколо міст після підризу дамби Каховського водосховища. Горішні Плавні, Кременчук і Світловодськ на північ від розглянутої території формують невеликий за площею окремий осередок забруднення.

Протягом року можна відзначити значне, але невелике зниження рівня СО для України та Києва, коли порівняно з нормальними умовами (рис. 1.1). Це розумно, оскільки всі джерела горіння, такі як автомобілі, електростанції, сміттєспалювальні заводи, домашня кухня тощо, виділяють чадний газ. Таким чином, має бути певний вплив на рівні СО через зменшення циркуляції людей і процесів, включаючи промисловість, виробництво електроенергії та міську інфраструктуру, через руйнівні воєнні умови. Авіаудари та вибухові процеси горіння повинні генерувати викиди СО через пожежі; однак, схоже, це не стосується пікових рівнів, які залишаються нижчими, ніж зазвичай [16].

Протягом перших 2 тижнів війни у 2022 році на заході України було зареєстровано вищі загальні рівні SO_2 , ніж раніше. За перші тижні війни концентрація SO_2 зросла. Крім того, концентрації SO_2 у Києві були значно нижчими протягом перших двох тижнів війни, ніж за той же період у два попередні роки. Збільшення концентрації спостерігається у східній частині

країни, можливо, через військові дії в Донецькій і Луганській областях і, як наслідок, використання викопного палива. Крім того, знищення сховищ палива є поширеною тактикою, про яку повідомлялося під час цієї війни, що ще більше пояснює збільшення концентрації SO_2 , незважаючи на зменшення «нормальної» антропогенної діяльності [16].

У перші дні конфлікту по всій країні було понад сто випадків вибухів, спрямованих на великі міста [18], що може допомогти пояснити більш локалізовані «гарячі точки» забруднення, а не регіональні частки забруднення поширюється з міських територій.

У 2021 році, згідно з даними Міністерства охорони довкілля та природних ресурсів України, були зареєстровані серйозні перевищення допустимих рівнів забруднення повітря в ряді міст України, зокрема, Києві, Дніпрі, Львові та Харкові. Найбільш небезпечними забруднювачами повітря були викиди з автотранспорту та промислових підприємств [16].

На жаль, у 2022 році ситуація з якістю атмосферного повітря на території України не покращилась. За даними Міністерства охорони довкілля та природних ресурсів, середньодобова концентрація пилу (PM_{10}) та озону (O_3) перевищувала норми в більшості міст країни, що може негативно вплинути [16, 21].

Повномасштабне вторгнення в Україну в 2022 році негативно вплинуло на якість атмосферного повітря на території країни. Наразі офіційних даних про це немає, адже ситуація ще не розкривається в повному обсязі. Однак, можна припустити, що внаслідок війни та збройного конфлікту, які часто супроводжуються викидами забруднюючих речовин, може бути погіршення якості повітря в деяких районах. Також внаслідок війни може спостерігатись збільшення кількості забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу внаслідок підпалів і вибухів.

1.3 Основні джерела забруднень атмосферного повітря на території України та Миколаївської області

Останні роки свідчать про неспокійну ситуацію, яка виникає внаслідок погіршення якості атмосферного повітря. Забруднення повітря стає все більш помітним явищем, особливо у великих містах, промислових центрах та прилеглих до них територіях. За оцінками експертів, основними забруднювачами повітря в Україні є підприємства чорної металургії, теплоенергетики, вугільної, нафтогазової та цементної промисловості..

За даними Державної служби статистики України станом на 2021 рік обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу від пересувних джерел забруднення складала 1546,8 тис. т. Показник викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення у розрахунку на одну особу по Україні становив 37,4 кг.

Головними причинами, що обумовлюють незадовільний, нерідко і небезпечний стан атмосферного повітря населених пунктів є:

- невідповідність міської інфраструктури вимогам сьогодення;
- недотримання підприємствами технологічного режиму експлуатації пилогазоочисного устаткування;
- невиконання у встановлені терміни заходів по зниженню обсягів викидів до нормативного рівня;
- низькі темпи впровадження сучасних технологій очищення викидів;
- відсутність санітарно-захисних зон між промисловими та житловими районами.

Високий рівень забруднення атмосферного повітря формується, головним чином, за рахунок викидів двигунів внутрішнього згоряння автотранспорту, шкідливих речовин підприємств коксохімічної, металургійної та хімічної промисловості. За останні роки автотранспорт розглядається як найбільш потужне джерело забруднення канцерогенними речовинами атмосферного повітря великих міст і впливу на стан здоров'я населення.

За даними мережі спостережень національної гідрометслужби було здійснено оцінку стану забруднення атмосферного повітря у містах України за останні роки [22-25].

Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря в містах України було проведено спостереження на 129 стаціонарних постах мережі моніторингу гідрометеорологічних організацій у 35 містах.

Унаслідок воєнних дій на кінець 2022 р. кількість міст скоротилась до 33, постів – до 113.

З кінця лютого, березня 2022 р. не проводилися спостереження за забрудненням повітря в Маріуполі, Лисичанську, Рубіжному, Сєверодонецьку, Херсоні, Харкові, з квітня – у Краматорську, Слов'янську. У Херсоні спостереження було відновлено у червні тільки за оксидом вуглецю, у Харкові – з листопада на окремих постах [22-25] .

Середня за рік концентрація формальдегіду у містах України, де проводились спостереження, була на рівні 2,1 гранично допустимих концентрацій (ГДКс.д.)¹ , діоксиду азоту – 1,5 ГДКс.д., фенолу – 1,0 ГДКс.д. Перевищення відповідних ГДКс.д. за середньорічними концентраціями спостерігалось з діоксиду азоту у 22 містах, формальдегіду - у 20 містах, завислих речовин і фенолу – у 7, фтористого водню – у 4, сажі – у 2 містах, діоксиду сірки, оксиду азоту, оксиду вуглецю та аміаку – в одному місті.

У 2023 році за індексом забруднення атмосфери (ІЗА) не було зафіксовано міст з дуже високим рівнем забруднення. Високий рівень забруднення спостерігався в 13 містах, серед яких Дніпро, Кам'янське, Краматорськ, Миколаїв, Одеса, Херсон, Львів, Луцьк, Вінниця, Київ, Кривий Ріг, Запоріжжя та Слов'янськ (рис. 1.2).

У 2023 році в Одесі рівень забруднення атмосферного повітря помітно знизився з дуже високого до високого. У містах Кам'янське та Кривий Ріг також відзначено деяке зниження рівня забруднення, але він залишився на високому рівні. Місто Кременчук було виключено з пріоритетного списку

найбільш забруднених міст країни, оскільки його рівень забруднення знизився до підвищеного.

До пріоритетного списку у 2023 році увійшли Вінниця та Запоріжжя, де рівень забруднення повітря підвищився до високого. Значне підвищення рівня забруднення спостерігалось у Львові, а також незначне — у Луцьку, де показники залишилися на високому рівні. У Ужгороді рівень забруднення повітря зріс з низького до підвищеного.

У Краматорську та Слов'янську рівень забруднення зріс від підвищеного до високого, але ці дані були розраховані на основі показників лише одного місяця (грудня). Враховуючи постійні ворожі обстріли цих міст та пожежі, стан атмосферного повітря погіршився і в попередні місяці року. Подібна ситуація спостерігалася і в Херсоні, де рівень забруднення помітно зріс у порівнянні з попереднім роком.

У всіх інших містах України рівень забруднення суттєво не змінився.



Рис.1.2 – Рівні забруднення атмосферного повітря в містах України за індексом забруднення атмосферного повітря у 2023 році за даними гідрометеорологічних організацій

Найбільший рівень забруднення атмосферного повітря вказаних міст зумовлений, головним чином, значними концентраціями специфічних шкідливих речовин – формальдегіду, фенолу, фтористого водню, аміаку, з основних домішок – діоксиду азоту, завислих речовин, оксиду вуглецю (рис. 1.3).

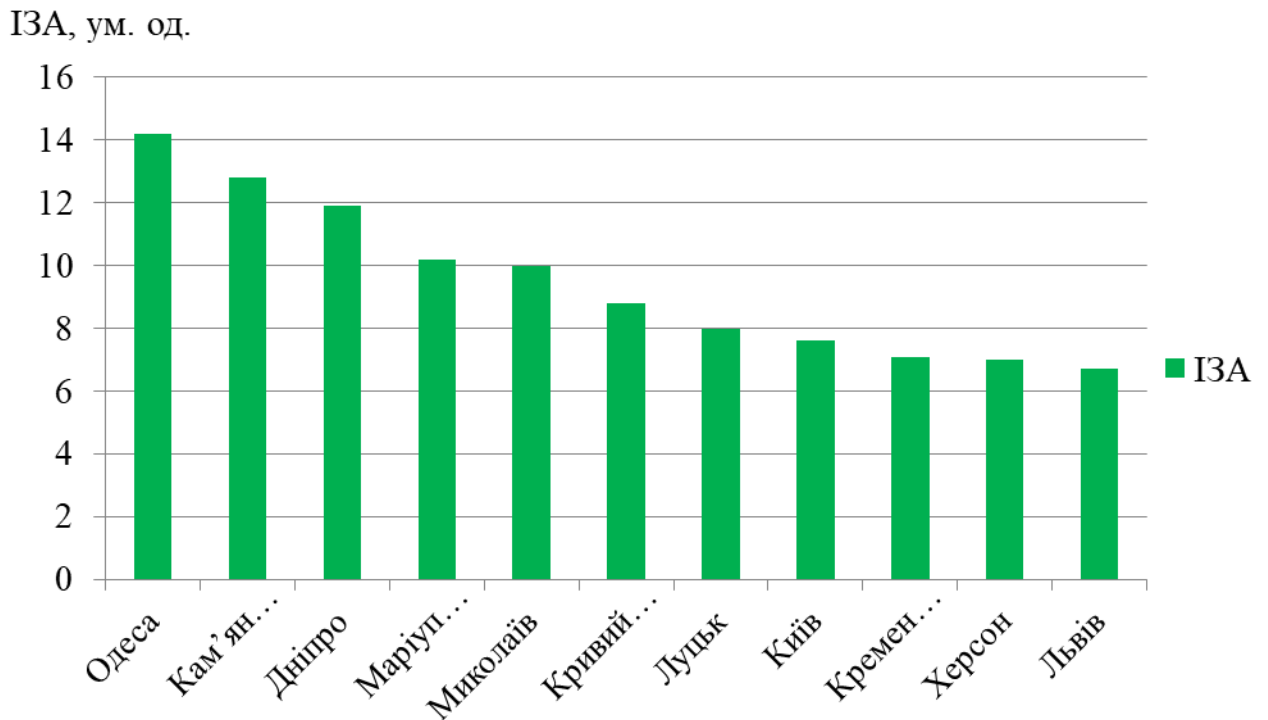


Рис. 1.3 – Значення індексу забруднення атмосферного повітря в найбільш забруднених містах України за 2023 рік

Інтенсивне зростання кількості та зміни швидкості руху транспортних засобів в містах України за останні роки призвело до виникнення серйозних небезпек: зростання екологічних проблем щодо якості атмосферного повітря внаслідок шкідливого впливу викидів автомобільного транспорту, погіршення стану здоров'я мешканців від забруднення міського середовища, особливо у містах з вузькими вулицями та старою забудовою; використанню невідповідних джерел енергії (органічного палива); застосування застарілого автотранспорту із значним ступенем амортизації тощо, що призводить до економічних та екологічних втрат [22-25].

Збільшення концентрацій шкідливих викидів на перехрестях відбувається завдяки різкому викиду відпрацьованих газів автомобілів при нестационарній роботі двигуна в режимах гальмування/розгону та зупинках біля світлофору. В Україні щорічно автотранспорт викидає в атмосферу до 2 млн. т. шкідливих речовин, що становить 31% від загального забруднення, в т.ч. 63% свинцю, 54% оксиду вуглецю і 25% оксиду азоту від загальних викидів цих сполук [26].

До повітряного басейну міста Миколаїв надходять забруднення із стаціонарних та пересувних джерел. Значна частина забруднення припадає на транзитний транспорт, що курсує містом до портів та перевантажувальних терміналів. Завдяки відсутності в місті підприємств металургійної, хімічної та вугільної промисловості, Миколаїв не відноситься до переліку регіонів з дуже високим забрудненням атмосфери.

Станом на 01.01.2024 р., загальна кількість підприємств, що у процесі діяльності впливають на стан атмосферного повітря на території Миколаївської області складає понад 445 суб'єктів господарювання. Більшість з них розміщена на території м. Миколаїв. Найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря мають підприємства переробної промисловості (45 %), підприємства, які виробляють та розподіляють, електроенергію, газ та воду (22,4 %), транспортні підприємства (8 %), підприємства по виробництву харчових продуктів (5,3 %) [10, 12, 27, 28]. Проте, основними забруднювачами атмосфери в області та м. Миколаїв є пересувні джерела. Від них до атмосферного повітря надходять в середньому в 3,5-4 рази більші об'єми викидів, ніж відстаціонарних об'єктів (рис. 1.6).

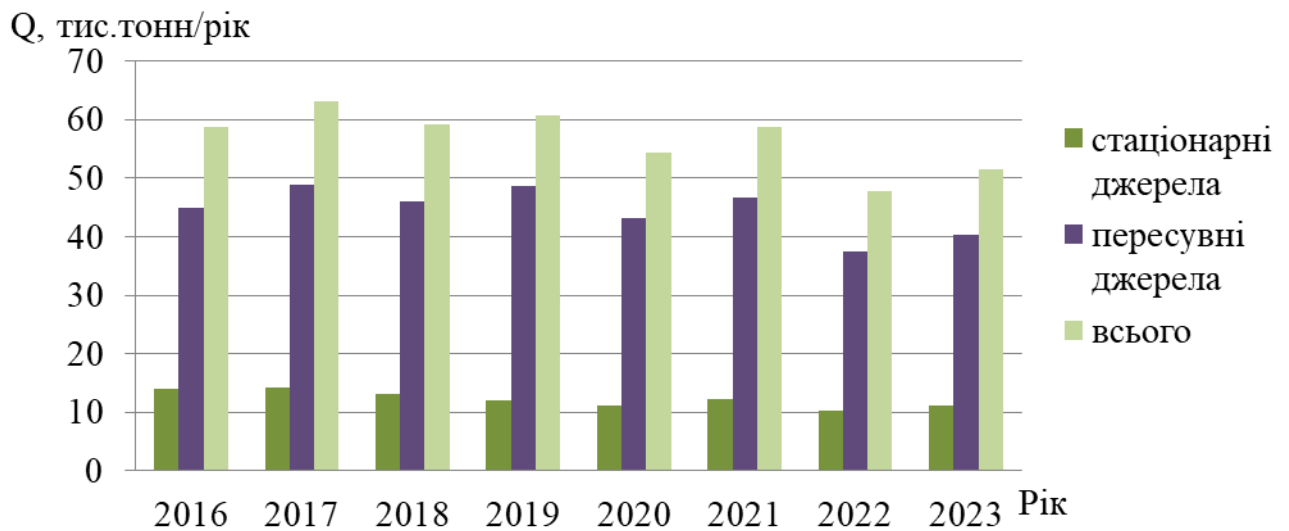


Рис. 1.6 – Динаміка викидів забруднюючих речовин на території Миколаївської області [за даними 10, 12, 27, 28]

Згідно даним Головного управління статистики у Миколаївській області, якщо оцінювати динаміку викидів ЗР від пересувних та стаціонарних джерел, то протягом останніх чотирьох років у Миколаївській області спостерігається постійне зниження викидів шкідливих речовин (рис 1.6). Ймовірно, це пов'язано з низкою факторів, у тому числі підвищенням екологічної обізнаності та дотриманням нормативних актів, а також розвитком більш екологічних практик поводження з відходами [12].

Якщо розглядати викиди від стаціонарних джерел по області в цілому (рис. 1.7), то м. Миколаїв за обсягами посідає перше місце серед інших міст регіону, а об'єм викидів складає більше 30 % від загальних викидів по області. Причому загальні обсяги викидів ЗР за останні три роки збільшуються, в першу чергу, за рахунок збільшення викидів у м. Миколаїв.

Q, тис. тонн/рік

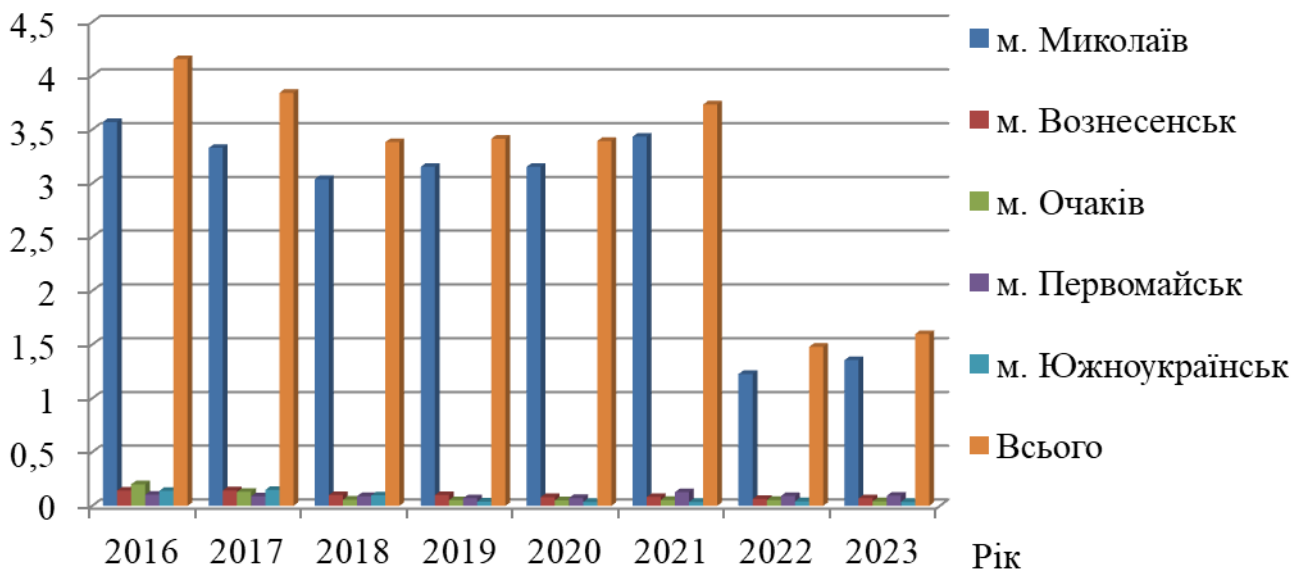


Рис. 1.7 – Обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел по містах Миколаївської області [за даними 10, 27]

Слід відзначити, що в останні роки за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського м. Миколаїв за значенням індексу забруднення атмосфери входить до переліку найбільш забруднених міст України [22-25]: 2019 р. – 5 місце, 2020 р. – 7 місце, 2021 р. – 7 місце, 2022 р. – 5 місце, 2023 р. – 4 місце..

Згідно даних головного управління статистики в Миколаївській області у загальній кількості забруднюючих речовин, що поступають у атмосферне повітря від стаціонарних джерел у м. Миколаїв протягом року переважають викиди твердих речовин 26,1% , метану 25,0% , та сполук азоту 23,1% [10, 12, 27]. На рисунку 1.8 показано співвідношення шкідливих забруднюючих речовин у викидах стаціонарних джерел.

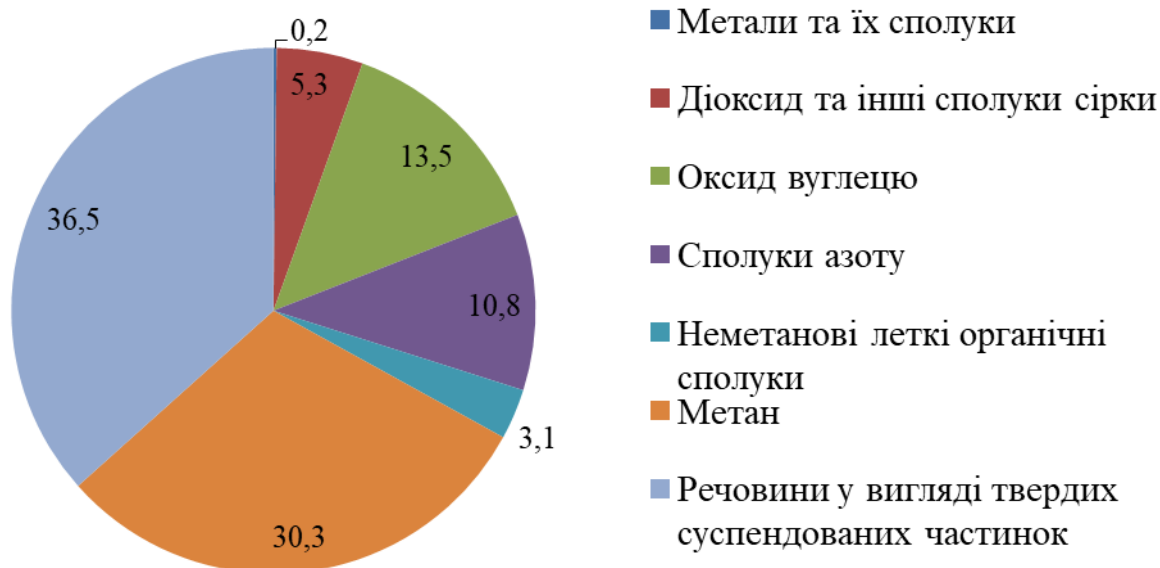
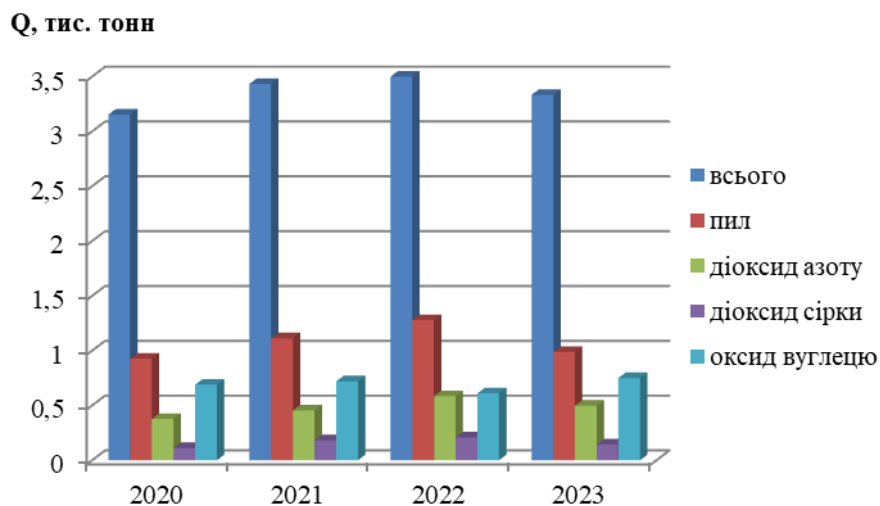


Рис. 1.8 – Хімічний склад викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел за даними 2023 року, % [за даними 10, 12, 27]

Основними джерелами небезпечних викидів в області є промислові об'єкти, такі як хімічні заводи, металообробні заводи, електростанції. Найпоширенішими видами небезпечних відходів у регіоні є важкі метали, органічні розчинники та пестициди.



РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Загальні відомості про систему моніторингу атмосферного повітря на території України та Миколаївської області

З метою обмеження шкідливих викидів у атмосферу і запровадження сучасних високоефективних методів очищення повітря необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану.

Моніторинг атмосферного повітря – це система спостережень за станом атмосфери, забрудненням і природними явищами, що відбуваються в ній, а також оцінка і прогнозування її стану.

На даний час мережа спостережень за забрудненням атмосфери в Україні включає пости ручного і автоматизованого відбору проб повітря для аналізу, а також автоматизовані системи спостережень.

Основні завдання державної системи моніторингу довкілля:

- організація єдиної державної системи пунктів спостереження за всіма компонентами природного середовища;
- формування і налагодження автоматизованої системи збору, обробки, узагальнення і зберігання систематичної інформації про кількість та екологічний стан природних ресурсів (формування відповідних банків чи баз даних і систем управління ними);
- оцінювання природно-ресурсного потенціалу та допустимого рівня використання ресурсів;
- інвентаризація джерел забруднення і вивчення ступеня антропогенного впливу на компоненти природного середовища;
- розробка прогнозів можливих змін екологічної ситуації та «рівня здоров'я» довкілля;
- розробка управлінських рішень, спрямованих на забезпечення

раціонального природокористування і сталого розвитку держави на всіх рівнях (локальному, регіональному і національному).

Моніторинг атмосферного повітря є невід'ємною частиною політичних стратегій розвитку як окремих міст, так і країн в цілому [30]. Значна частина досліджень, проведена науковцями у всьому світі, сприяє розвиткові захисту атмосферного басейну міст, визначенню впливу забруднення та підвищенню якості оточуючого середовища [31]. Проте, неможливо досягнути якісного результату в екологічній сфері, якщо мова йде про урбанізоване середовище проживання, якщо не залучати громадськість. Проведення моніторингових досліджень, та інформування населення про їх результати є важливим з точки зору як науковців, так і громадськості [32].

На території України застосовуються автоматизовані системи моніторингу забруднення, які використовуються для вимірювання та збору даних про якість повітря в режимі реального часу. Ці дані можна використовувати для покращення якості повітря кількома способами. Виявляючи гарячі точки забруднення, вони можуть допомогти більш ефективно визначити заходи контролю забруднення. Їх також можна використовувати для відстеження рівнів забруднення в часі, що може допомогти визначити тенденції та зробити прогнози щодо майбутніх рівнів забруднення. Нарешті, їх можна використовувати для оцінки впливу забруднення на здоров'я людини та навколишнє середовище [33].

Загалом системи автоматизованого моніторингу атмосферного повітря є цінним інструментом удосконалення моніторингу якості повітря в Україні. Збираючи дані про різноманітні параметри якості повітря, ці системи допомогли відстежувати тенденції якості повітря, визначати джерела забруднення та оцінювати ефективність заходів контролю якості повітря.

Автоматизовані системи контролю забруднення природного середовища (АСКЗС) – це інформаційно-вимірювальні системи, які служать для оперативного збору, обробки і представлення даних про стан довкілля. Наявність таких даних є найважливішою умовою для здійснення оперативних і

планування перспективних заходів з регулювання якості природного середовища, боротьби з його забрудненням.

У практиці екологічного моніторингу автоматизовані системи, головним чином, використовуються для контролю двох середовищ: атмосферного повітря та поверхневих і морських вод, а також для контролю радіаційної обстановки в районах розташування атомних електростанцій (АЕС) [31].

Автоматична станція контролю забруднення атмосфери (АСКЗА) призначена для здійснення безперервного тривалого спостереження за станом атмосферного повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах промислових підприємств. Станція має засіб збору та обробки вимірюваної інформації, який через модем забезпечує передачу накопиченої інформації в центр по лініях зв'язку. Наявність комплексу метеоприладів дозволяє при організації мережі станцій спостережень отримувати інформацію не лише про концентрації забруднюючих речовин, але і про місце їх локалізації. Вимірювальний комплекс розміщується в павільйоні стаціонарної лабораторії ПОСТ-2. Вимірювана інформація представляється у вигляді миттєвих і усереднених значень та накопиченої інформації за останні 3 доби [31].

Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами [22]. Будь-який пост спостережень є комплектною лабораторією.

Комплектні лабораторії призначені для проведення спостережень за станом атмосферного повітря. Вони, зазвичай, встановлюються в містах та населених пунктах, які обслуговуються централізованими хімічними лабораторіями. До складу комплектної лабораторії входить вимірювальний комплекс, який забезпечує контроль рівня забруднення і метеорологічних величин, а також система життєзабезпечення, що включає підсистеми електропостачання, опалювання та освітлення [31].

В даний час на мережі контролю забруднення атмосферного повітря України використовується декілька типів стаціонарних і пересувних комплектних лабораторій.

Прикладом стаціонарної комплектної лабораторії може бути пост *АТМОСФЕРА-10* – вимірювально-інформаційна система, призначена для автоматичного безперервного контролю і спостережень за станом приземного шару атмосфери міст і крупних промислових центрів.

Пост *АТМОСФЕРА-10* здійснює автоматичний прийом вимірної інформації від газоаналізаторів та вимірювача метеорологічних параметрів, передачу даних через модеми в центральний персональний комп'ютер (ПК) споживача за запитом з ПК. Пост забезпечує накопичення, архівацію, обробку контрольно-вимірювальної інформації та її зберігання протягом 5 років. Пост забезпечує ручний відбір проб повітря для визначення концентрацій пилю, бенз(а)пірена, свинцю, формальдегіду [31].

Прикладом пересувної лабораторії є пересувна екологічна лабораторія контролю забруднення атмосфери *ПЕЛКЗА*, призначена для спостережень за станом повітря в населених пунктах, санітарно-захисних зонах та робочих зонах промислових підприємств.

Лабораторія розміщується в мікроавтобусі «Газель» або аналогічному. До складу лабораторії входить контрольно-вимірювальний комплекс, збудований з урахуванням наявності автоматичних газоаналізаторів, портативних приладів для контролю повітря робочої зони, пробовідбірних приладів тощо [31].

Пости спостережень, відповідно, встановлюються трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні).

При виборі місця розміщення поста потрібно встановити, яку інформацію необхідно отримати:

- а) рівень забруднення атмосфери, характерний для даного району міста;
- б) концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, великої автомагістралі.

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться по одній з чотирьох програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій.

Повна програма дозволяє отримати інформацію про разові та середньодобові концентрації щоденно шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі в 1, 7, 13, 19 год. за місцевим декретним часом.

Неповна програма дозволяє отримати інформацію про разові концентрації щоденно в 7, 13, 19 год. місцевого декретного часу.

Скорочена програма дозволяє отримати інформацію тільки про разові концентрації щодня в 7 і 13 год. місцевого декретного часу. Допускається проведення спостережень по скороченій програмі при температурі менше мінус 45 °С і в місцях, де середньомісячні концентрації нижчі за $1/20 ГДК_{mr}$ або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою метода, що використовується. Допускається проведення спостережень по зміненому графіку: в 7, 10, 13 год. у вівторок, четвер, суботу і в 16, 19, 22 год. в понеділок, середу, п'ятницю.

Добова програма дозволяє отримання інформацію про середньодобову концентрацію. Спостереження проводяться шляхом безперервного добового відбору проб.

Всі програми дозволяють отримати концентрації середньомісячні, середньорічні і середні за більш тривалий термін.

Одночасно з відбором проб повітря визначають такі метеорологічні параметри: напрям і швидкість вітру, температура повітря, стан погоди і підстильної поверхні [30].

На території України на даний час працює 113 стаціонарних постів спостереження (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Кількість стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря

	на території України			м. Миколаїв		
	2016-2021	2022	2023	2016-2021	2022	2023
Стаціонарні пости	129	113	113	4	0	2

На час військового стану інформація стосовно стану забруднення атмосферного повітря не висвітлюється в засобах масової інформації, тому в таких випадках для аналізу використовуються методи оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням автоматизованих систем спостережень.

Спостереження за якістю атмосферного повітря у м. Миколаїв виконуються Миколаївським обласним центром із гідрометеорології на 4 стаціонарних пунктах спостережень (рис. 2.1):

ПСЗ №1– вул. Обсерваторна,1 (санітарна зона), що розташований у Заводському районі;

ПСЗ №2 – вул. Погранична - пр. Богоявленський (район інтенсивного руху) у Інгульському районі;

ПСЗ №3 – вул. 12Лінія - 7^а Повздовжня (промзона) у Інгульському районі;

ПСЗ №4 – вул. Соборна, обласний Палац культури (центр міста) у Центральному районі.



Рис. 2.1 - Карта розташування стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря м. Миколаєва

Стаціонарні пости спостереження призначені для регулярного відбору проб повітря з метою подальшого лабораторного аналізу, безперервного реєстрування вмісту забруднюючих речовин автоматичними газоаналізаторами. Мережа стаціонарних постів у м. Миколаїв обладнана приміщеннями типу «ПОСТ», а саме лабораторіями типу «ПОСТ-2».

2.2 Методики оцінки рівня забруднення атмосферного повітря

Оцінка якості атмосферного повітря базується на двох основних підходах (методах) [34]:

- 1) метод порівняння, який базується на порівнянні визначеної або розрахованої величини будь-якого показника (параметра) з нормативним значенням — метод гранично допустимої концентрації (ГДК);
- 2) метод інтегральної оцінки, який дозволяє надати оцінку

якості повітряного басейну окремого району або населеного пункту в цілому за певними забруднюючими речовинами (ЗР) на основі розрахунку комплексних показників.

Відповідно до «Державних санітарних правила охорони атмосферного повітря населених місць» [35] в Україні для оцінки якості атмосферного повітря можна використовувати порівняння з показником гранично допустимого забруднення ($ГДЗ$), в якості якого може бути використане значення гранично допустимої концентрації ($ГДК$). Оцінка фактичного рівня забруднення повітряного басейну проводиться за шкалою, наведеною у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Класифікація рівнів небезпеки забруднення повітря за кратністю перевищення $ГДК$ забруднювача в атмосфері [35]

Кратність перевищення $ГДК$, N	Відсоток випадків перевищення $ГДК$, P	Рівень забруднення	Ступінь небезпечності
$N < 1$	$P = 0$	Припустимий	Безпечний
$1 \leq N < 2$	$0 < P < 4$	Неприпустимий	Слабко небезпечний
$2 \leq N < 4,4$	$4 \leq P < 10$	Неприпустимий	Помірно небезпечний
$4,4 \leq N < 8$	$10 \leq P < 25$	Неприпустимий	Небезпечний
$8 \leq N$	$25 \leq P$	Неприпустимий	Дуже небезпечний

Оцінку рівня забруднення повітря на урбанізованих територіях також проводять за рівнем перевищення $ГДК$ середніми річними концентраціями ЗР осередненими за багаторічний період за шкалою, наведеною у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Класифікація забруднення повітря урбанізованих територій за рівнем перевищення $ГДК$ середніми річними концентраціями забруднюючих речовин за багаторічний період [31]

Кратність перевищення $ГДК_{cd}$	Рівень забруднення
$ГДК_{cd} < 1$	Допустимий рівень
$1 \leq ГДК_{cd} < 2$	Підвищений рівень
$2 \leq ГДК_{cd} < 3$	Високий рівень
$3 \leq ГДК_{cd} < 6$	Екстремально високий рівень
$6 \leq ГДК_{cd}$	Екстремально високий рівень

Для оцінки якості атмосферного повітря використовують інтегральні показники, які дозволяють виконати аналіз рівня забруднення за окремими ЗР (групою ЗР) або оцінку фонового забруднення по місту в цілому.

Оцінку рівня забруднення атмосфери здійснюють за значенням індексу забруднення атмосфери (I), який розраховують за формулою:

$$I_i = \left(\frac{q_i}{ГДК_{м.рi}} \right)^{K_i}, \quad (2.1)$$

$$\text{або } I_i = \left(\frac{\bar{q}_i}{ГДК_{с.дi}} \right)^{K_i}, \quad (2.2)$$

де q відповідно максимальна та середня концентрації ЗР в атмосферному повітрі, мг/м³;

$ГДК_{м.р}$, $ГДК_{с.д}$ – максимальноразова та середньодобова гранично допустима концентрація ЗР в атмосферному повітрі, мг/м³;

K_i – константа, що має значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки ЗР і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої ЗР до ступеня шкідливості SO_2 [28].

При значеннях $I \leq 1$ вважається, що якість повітряного басейну за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [36].

Комплексний індекс забруднення атмосфери (I_n) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного n речовинами, наявним в атмосфері міста. Його значення розраховують за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}_i}{ГДК_{с.дi}} \right)^{K_i} \right)_i \quad (2.3)$$

Комплексний індекс забруднення атмосфери (I_n) може розраховуватись по одному або декількох постах контролю у містах як сума всіх індексів забруднення атмосфери (I) [36].

За значенням I_n виділяють такі класи забруднення атмосферного повітря:

$I_n < 2,5$ – чисте атмосферне повітря;

$2,5 \leq I_n < 7,5$ – слабо забруднене;

$7,6 \leq I_n < 12,5$ – забруднене;

$12,6 \leq I_n < 22,5$ – сильно забруднене;

$22,6 \leq I_n < 52,5$ – високо забруднене;

$I_n \geq 52,5$ – екстремально забруднене атмосферне повітря [36].

За результатами аналізу описаних методів оцінки якості атмосферного басейну, що використовуються на території України, було встановлено, що особливістю I та I_n є його чутливість до значення $ГДК$ речовин і врахування класу небезпеки речовини, що особливо характерно для специфічних ЗР. Крім того, основною областю застосування I та I_n – це порівняльний аналіз рівня забруднення атмосферного повітря населених пунктів, пунктів постійного спостереження і їх ранжування.

2.3 Методи оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням автоматизованих систем спостережень

На сьогоднішній день на території України існує стандартна система моніторингу де встановлюються стаціонарні пости контролю. Однак ці дані дуже часто з'являються та оприлюднюються з великими затримками, потрібно багато часу для обробки цих даних. Для вирішення цієї проблеми одним із методів полегшення цього питання є впровадження автоматизованих систем спостережень.

Автоматизовані системи спостережень – це комплекси технологій, приладів та програмного забезпечення, які використовуються для збору, аналізу і моніторингу даних про якість повітря. Ці системи допомагають вимірювати концентрацію забруднюючих речовин, визначати рівень забруднення і виявляти потенційні джерела забруднення.

Дані системи спостережень можуть включати різні компоненти, такі як стаціонарні та мобільні датчики, вимірювальні прилади, системи збору і

передачі даних, системи аналізу та візуалізації даних. Вони забезпечують неперервний моніторинг рівнів забруднення повітря і дозволяють оперативно реагувати на негативні зміни.

Ці системи використовуються у містах, промислових комплексах, екологічних зонах та інших об'єктах, де контроль якості повітря має велике значення. Вони допомагають визначити ефективність заходів з охорони довкілля, сприяють розробці стратегій зменшення забруднення повітря та впровадженню необхідних заходів для збереження здоров'я населення та довкілля.

Одним із перших громадських проєктів автоматизованих системи спостережень якості повітря є EcoCity - за кордоном їх називають "Citizens Science". Хоч аналогічні проєкти існують вже доволі давно у розвинених країнах - ЄС, Китаї та США, проте вони не аналізують повітря за стількома параметрами як EcoCity [37].

Отримані дані про якість повітря в Україні передаються до всесвітнього сайту моніторингу World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index [38] які відображаються на карті. На інтерактивній карті можна побачити рівень забруднення повітря в різних регіонах України та дізнатися про наявність станцій моніторингу якості повітря (рис. 2.2). Мережа станції EcoCity дозволяє аналізувати забрудненість повітря в містах України та інформувати населення на мапі [38].

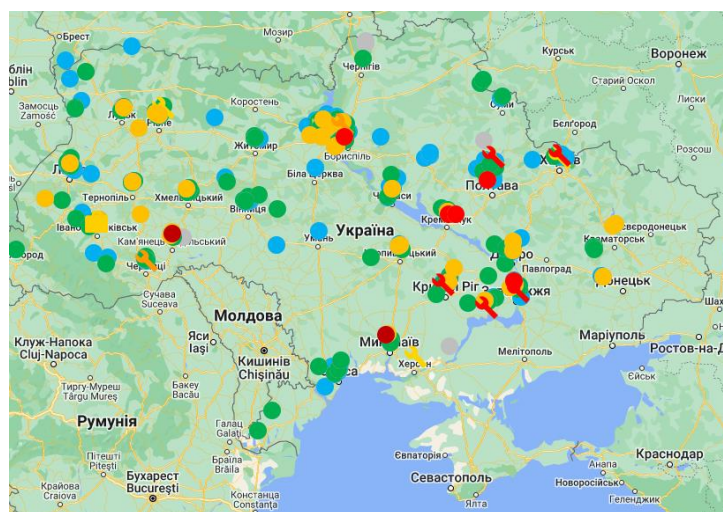


Рис. 2.2 – Інтерактивна карта EcoCity [38]

Сайт EcoCity надає доступ до даних, отриманих з автоматизованих систем спостережень за атмосферним повітрям. Ці дані можуть включати концентрацію різних забруднюючих речовин, таких як тверді частинки (PM₁₀, PM_{2.5}), діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), озон (O₃), чадний газ (CO) та інші (рис. 2.3).

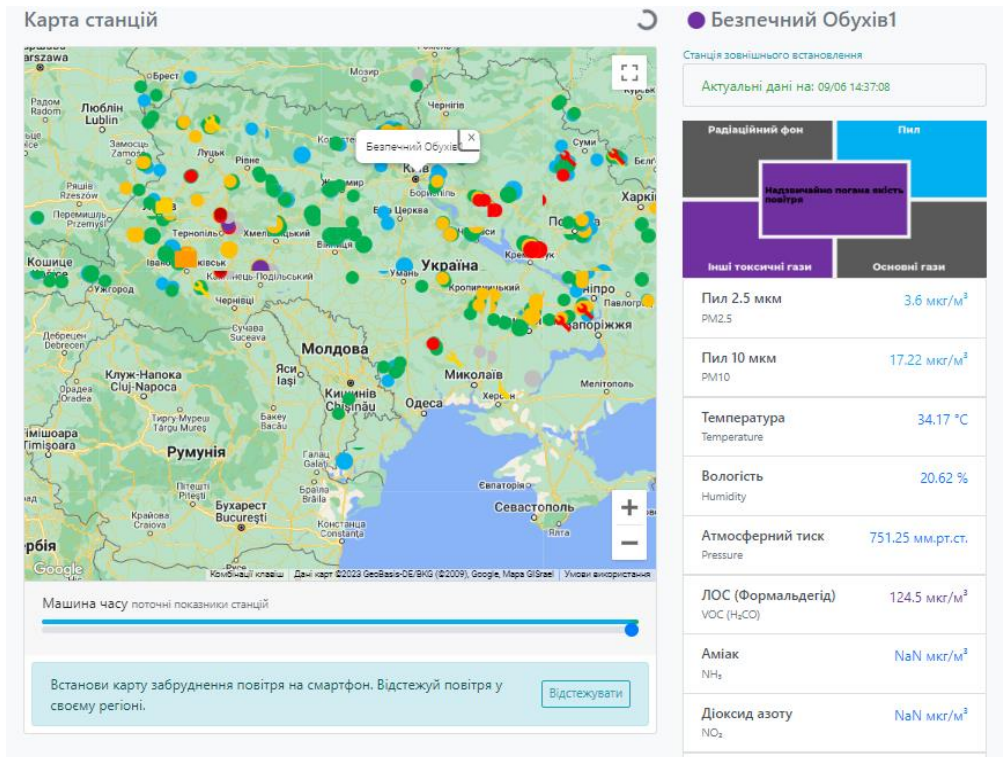


Рис. 2.3 Приклад інформування про стан атмосферного повітря мережі станцій EcoCity [38]

В залежності від концентрації забруднюючих речовин у повітрі визначають індекс якості повітря. Який є числовим показником, що відображає загальну якість повітря в певному місці та часі. Цей індекс може використовуватися для оцінки впливу забруднення повітря на здоров'я людей та навколишнє середовище. Зазвичай враховує рівні різних забруднюючих речовин у повітрі, таких як оксиди азоту, оксиди сірки, пил, PM_{2.5} та інші. Чим більше рівні цих речовин у повітрі, тим менше буде індекс якості повітря.

Індекс якості повітря може бути відображений у вигляді числа або кольорової шкали, де різні кольори відображають різні рівні якості повітря. У

таблиці 2.4 наведено шкалу оцінювання якості атмосферного повітря за значенням індекса якості AQI.

Таблиця 2.4 – Характеристика якості повітря

Значення індекса забруднення (AQI)	Клас якості	Якість повітря
0-50	I	добра
50-100	II	задовільна
100-150	III	не сприятлива
150-200	IV	погана
200-300	V	дуже погана
від 300	VI	надзвичайно погана

Індекс якості повітря може бути використаний для надання громадськості інформації про якість повітря та вживання заходів для зменшення забруднення повітря. Також він може бути використаний для прийняття рішень владою та бізнесом щодо контролю якості повітря та впливу на здоров'я людей. Інформування про забруднення дає можливість попередити населення про рівень шкідливого впливу забрудненого повітря на здоров'я.

На території м. Миколаїв працює 4 автоматизованих пости спостереження системи EcoCity (рис.2.5), які знаходять за адресами:

ПСЗ №1- вул. Силікатна, що розташований у Центральному районі;

ПСЗ №2- провулок Відродження, Центральний район;

ПСЗ №3 – вул. Залізнична, Інгульський район;

ПСЗ №4 – вул. Ольшанців - пр. Богоявленський, Інгульський район.



Рис. 2.5 – Карта автоматизованих постів спостереження у м. Миколаїв системи EcoCity

Отже, в загальному на території України на сьогоднішній день працює 254 автоматизованих пости спостереження, а на території м. Миколаїв – 4 пости (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Кількість постів спостереження за станом атмосферного повітря

	на території України			м. Миколаїв		
	2016-2021	2022	2023	2016-2021	2022	2023
Автоматизовані пости	296	205	254	5	0	4

Згідно таблиці 2.4 видно, що за останній період, на час військового стану такі датчики було відключено. На такий випадок ми можемо використовувати для оцінки якості атмосферного повітря методи дистанційного зондування.

2.4 Метод оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням дистанційних систем спостережень

Потужним інструментом для відстеження та оцінки широкого спектру показників якості повітря та зміни клімату середовища є дистанційний моніторинг атмосферного середовища. Супутники можуть забезпечити безперервне покриття всієї земної кулі в синоптичному масштабі, що неможливо з наземними мережами моніторингу. Це робить супутникове дистанційне зондування важливим інструментом для розуміння та управління атмосферним середовищем [39].

Дистанційний моніторинг атмосфери — це використання супутників та інших приладів дистанційного зондування для вимірювання таких властивостей атмосфери, як температура, вологість, швидкість і напрям вітру, а також забруднювачі. Ці дані можна використовувати для відстеження погодних умов, прогнозу зміни клімату та оцінки якості повітря [39].

Системи дистанційного моніторингу стану атмосферного повітря використовуються для вимірювання та збору даних щодо різноманітних параметрів якості повітря, включаючи тверді частинки (PM), озон (O₃), діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), чадний газ. (CO) і свинець (Pb). Ці дані можна використовувати для відстеження тенденцій якості повітря, визначення джерел забруднення та оцінки ефективності заходів контролю якості повітря [40].

Найбільш розповсюдженим в питанні моніторингу атмосферного повітря є використання геоінформаційних технологій та систем. Ці системи складаються з апаратного комплексу, програмного комплексу та інформаційного блоку. Проте, цілком виправданим є включення до складу компонентів геоінформаційних технологій та людей — розробників і користувачів, без яких неможливе існування останніх компонентів як системи. У цьому випадку

утворюється система, що складається з п'яти компонент [41]. Більшість програмних продуктів [42-43], розроблених для моніторингу атмосферного повітря, що надають можливість візуалізації результатів спостережень, потребують велику кількість вхідних даних.

Окрім точних параметрів джерел викидів, необхідно використовувати великий масив метеорологічних даних, отримати які не завжди є можливим. Також є необхідність у створенні системи інформування населення, що є легкою та швидкою у адмініструванні, та зручною та зрозумілою користувачеві.

Загалом системи дистанційного моніторингу є цінним інструментом для покращення якості повітря. Збираючи дані про різноманітні параметри якості повітря, ці системи можуть допомогти виявити та відстежувати проблеми якості повітря, а також їх можна використовувати для оцінки ефективності заходів контролю якості повітря [39].

Використання дистанційних систем спостережень дозволяє отримувати широкий обсяг даних про рівень забруднення атмосферного повітря, які потім аналізуються та оцінюються. Це дозволяє встановлювати тенденції, виявляти зони з високим рівнем забруднення та визначати ефективність заходів з контролю та зменшення забруднення.

Геоінформаційні системи – це програмно-технічний комплекс, що забезпечує автоматизований збір, обробку, зберігання, аналіз, відображення і розповсюдження просторово-координованої інформації.

Початковим етапом розроблення ГІС для спостереження за забрудненням атмосферного повітря є створення бази даних. Система збору даних по якості повітря буде одержувати інформацію про якісний та кількісний стан метеорологічних і фізичних величин від стаціонарних та мобільних датчиків, сенсорів, лабораторій. Інформація заноситься в пам'ять і обробляється для подальшого одержання параметрів, що будуть використовуватися при вирішенні екологічних проблем. База даних щодо якості повітря містить у собі базу даних викидів в атмосферу і базу даних забруднення атмосферного повітря в цілому.

Основою ГІС є дані з просторовими координатами, які пов'язані з конкретними об'єктами (системи) або явищами (зони забруднення) на місцевості. У загальному випадку ГІС-технології передбачають такі основні процедури (операції) з даними: формування даних, маніпулювання даними, нанесення і візуалізація даних та комплексний аналіз [44].

Для багатьох типів просторових ситуацій кінцевим результатом є представлення даних на картографічній основі. За допомогою ГІС-технологій карта може бути легко доповнена звітами, тривимірними зображеннями, фотографіями та іншими засобами [45, 46].

Застосування ГІС є ефективним для виявлення причинно-наслідкових ланцюгів та взаємозв'язків, оцінки несприятливих і негативних впливів на екосистему та її компоненти, прийняття оперативних природоохоронних рішень та їх коригування незалежно від зміни зовнішніх умов тощо.

Прикладом застосування геоінформаційних систем спостережень є платформа Ventusky — це сучасна геоінформаційна система, що надає користувачам широкий спектр даних про метеорологічні умови, включаючи якість повітря. Завдяки своїм інтерактивним функціям, платформа здатна стати ефективним інструментом для моніторингу стану атмосфери, аналізу забруднення повітря та прогнозування метеорологічних змін. У контексті України, Ventusky є важливим ресурсом для дослідників, екологів і громадськості.

Дана програма пропонує інтерактивні карти, які відображають ключові метеорологічні параметри: температуру, вітрові потоки, опади та інші. Ці карти дозволяють користувачам візуалізувати зміни атмосферних умов, аналізуючи їх вплив на якість повітря. Завдяки інтуїтивному інтерфейсу платформа стає доступною як для досвідчених дослідників, так і для звичайних користувачів.

Однією з ключових функцій Ventusky є доступ до інформації про індекс якості повітря (AQI) у реальному часі. Користувачі можуть отримувати детальні дані про концентрацію таких забруднюючих речовин, як $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 та

SO₂. Це дозволяє оперативно оцінювати стан повітря та виявляти регіони з підвищеним рівнем забруднення.

Завдяки можливостям картографування та анімації, Ventusky дозволяє проводити аналіз тенденцій забруднення повітря. Це особливо корисно для виявлення сезонних змін, впливу погодних явищ чи антропогенних факторів на якість атмосфери. Наприклад, дослідники можуть вивчати динаміку забруднення під час опалювального сезону або у зв'язку з промисловими викидами. Також сайт надає точні прогнози метеорологічних умов, таких як температура, атмосферний тиск, вологість і швидкість вітру. Прогнозування дозволяє оцінити, як зміни погодних умов вплинуть на концентрацію забруднюючих речовин у повітрі. Це особливо важливо для прийняття превентивних заходів у разі очікуваного підвищення рівня забруднення.

Ventusky можна інтегрувати з іншими системами моніторингу якості повітря, такими як GAIA або Giovanni. Така інтеграція дозволяє проводити більш комплексний аналіз, забезпечуючи користувачів повною картиною стану атмосфери. Це може бути корисним для міжнародних порівнянь або досліджень глобальних тенденцій.

Отже, використання сучасних прог є універсальним і потужним інструментом для аналізу якості повітря та метеорологічних умов. Завдяки інтерактивній візуалізації, доступу до реальних даних і можливостям прогнозування, платформа сприяє кращому розумінню проблем забруднення повітря. Її використання може допомогти в прийнятті обґрунтованих екологічних рішень, спрямованих на поліпшення якості життя та збереження довкілля.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Аналіз та оцінка якості повітря атмосферного повітря на території України та м. Миколаїв на стаціонарних постах спостереження

Забруднення повітря стаціонарними джерелами є серйозною проблемою, яка вимагає невідкладних заходів для зменшення його негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей. Статистика свідчить про значні обсяги викидів забруднюючих речовин, що походять від стаціонарних джерел.

Зокрема, в Україні щорічно зі стаціонарних джерел викидається понад 4 мільйони тонн забруднюючих речовин, що становить близько 64% від загального обсягу забруднюючих речовин. При цьому майже 90% від загального об'єму викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами припадає на підприємства теплової енергетики, чорної металургії, вугільної, нафтогазовидобувної та цементної промисловості [24].

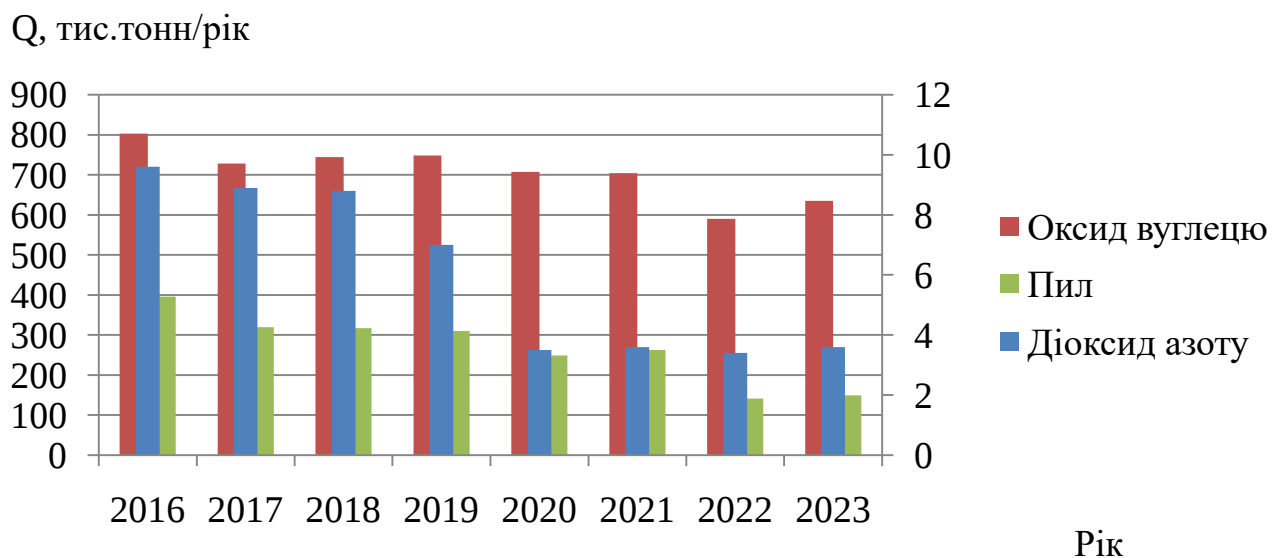


Рис. 3.1– Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел на території України [24]

Згідно графіку 3.1 видно, що з 2019 по 2024 рік по всій Україні відбулося незначне зниження викидів забруднюючих речовин зі стаціонарних джерел. Ймовірно, це пов'язано з рядом факторів, зокрема впровадженням екологічних норм, використанням чистіших видів палива та розробка більш ефективних технологій. Незважаючи на ці позитивні тенденції, все ще існує ряд проблем, які необхідно вирішити для подальшого скорочення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в Україні.

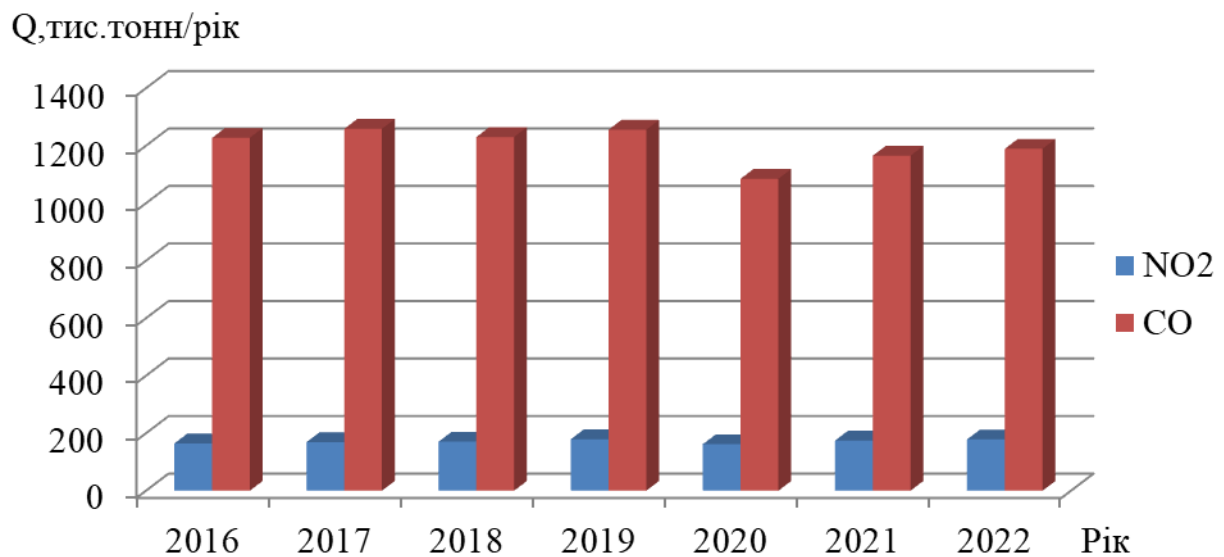


Рис. 3.2– Динаміка викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел на території України

Порівнюючи динаміку викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел (рис. 3.2) та стаціонарних, можна зробити висновок, що від стаціонарних джерел викидів утворюється більше. Порівнюючи дані за роками то, бачимо, що з кожним роком викиди ЗР як від стаціонарних так і від пересувних джерел знижуються.

Спостереження за якістю атмосферного повітря у м. Миколаїв виконуються Миколаївським обласним центром із гідрометеорології на 4 стаціонарних пунктах спостережень

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали моніторингових спостережень на мережі стаціонарних пунктів спостережень за якістю атмосферного повітря у 2019 – 2024 рр., надані Миколаївським обласним центром з гідрометеорології.

Спостереження в рамках моніторингу (повна програма) проводяться о 1, 7, 13, 19 годині в усі дні, крім неділі та святкових днів.

На даний час до основних ЗР атмосферного повітря відносяться пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю [12, 49]. Також до цього переліку рекомендовано відносити і формальдегід.

Оскільки на час військових дій такі данні не висвітлювались у засобах масової інформації, то було проведено ряд альтернативних замірювань на цих постах спостереження, де концентрації значно не перевищували показників за попередні роки.

На рисунку 3.3 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій пилу.

Спостереження за вмістом пилу в атмосферному повітрі м. Миколаїв проводяться на усіх ПСЗ.

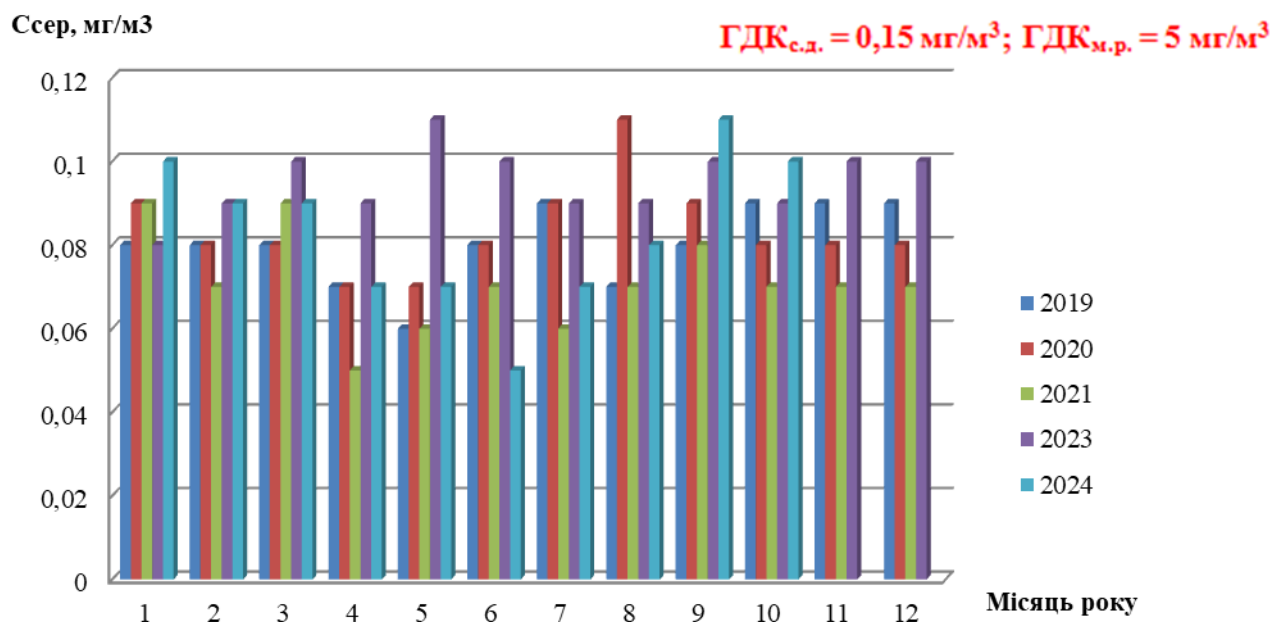


Рис. 3.3 – Річний хід зміни концентрацій пилу в атмосферному повітрі м. Миколаїв

З наведеного рисунку видно, що спостерігається зниження концентрації пилу у квітні-травні, а також відзначається тенденція збільшення вмісту пилу в атмосферному повітрі у осінньо-зимовий період.

Було проаналізовано просторовий розподіл пилу по території міста, на всіх пунктах спостереження, в окремі роки. Аналіз отриманих результатів показує, що розподіл вмісту пилу на протязі року по території міста характеризувався схожими тенденціями.

Однак, найбільш чистою є територія міста в районі розташування ПСЗ №1, в районі вул. Обсерваторної (рис. 3.4). Збільшення концентрацій пилу відзначалось у східному напрямку.

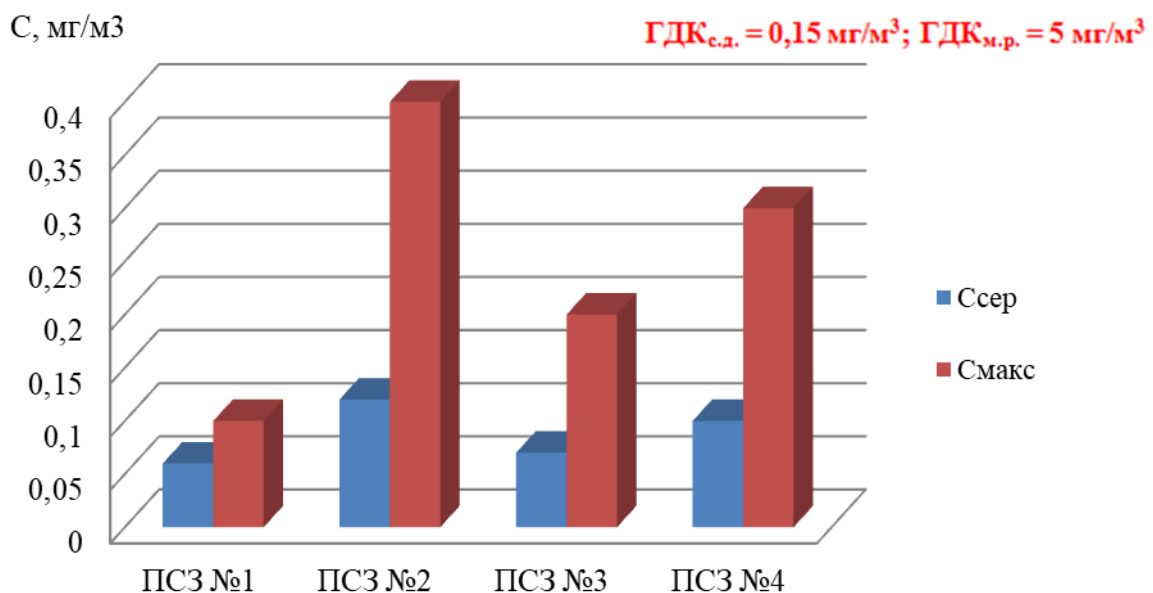


Рис. 3.4 – Рівень забруднення атмосферного повітря пилом по ПСЗ м. Миколаїв

Найбільш забрудненими були район міжміського автовокзалу (ПСЗ № 2) і центральна частина міста (ПСЗ № 4), що пояснюється інтенсивним рухом автотранспорту. При цьому середньорічний вміст пилу по території міста змінювався незначно.

Як і за вмістом пилу, спостереження за вмістом діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Миколаїв проводяться на усіх ПСЗ.

На рисунку 3.5 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій діоксиду сірки. З рисунку видно, що максимальні концентрації домішки відзначались у літньо-осінній період. Абсолютний максимум відзначено у липні та серпні. Підвищення концентрації діоксиду сірки у літній період може бути обумовлено більш інтенсивною роботою малих підприємств.

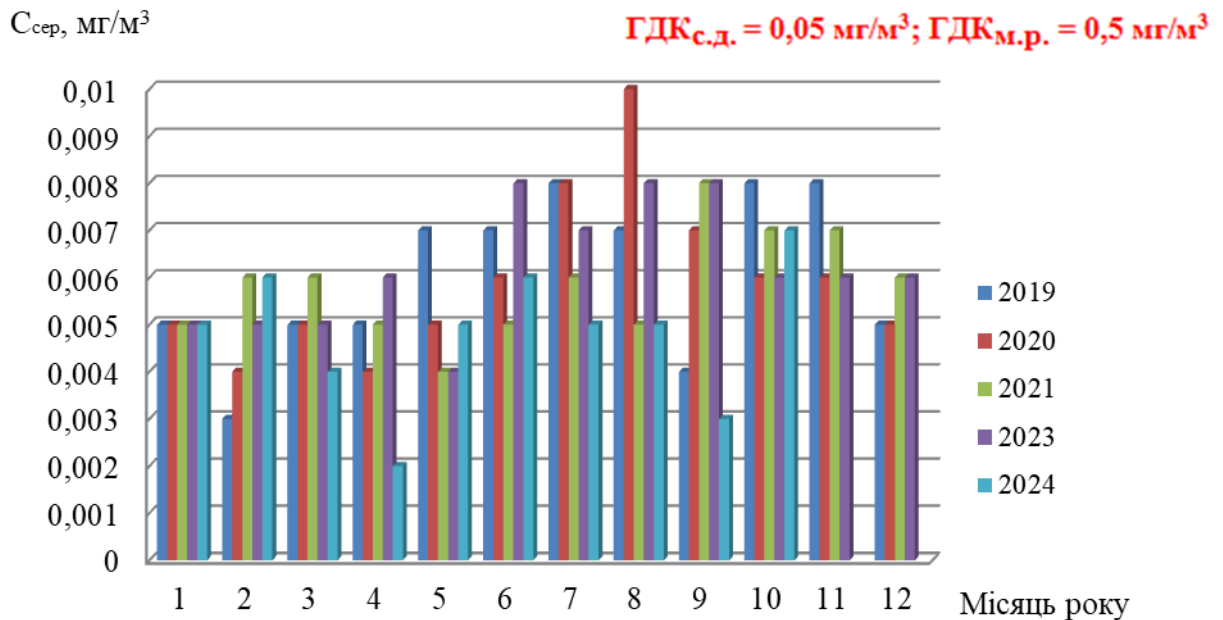


Рис. 3.5 – Річний хід зміни концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Миколаїв

Просторовий розподіл концентрацій діоксиду сірки по території міста в окремих ПСЗ наведено на рис. 3.6.

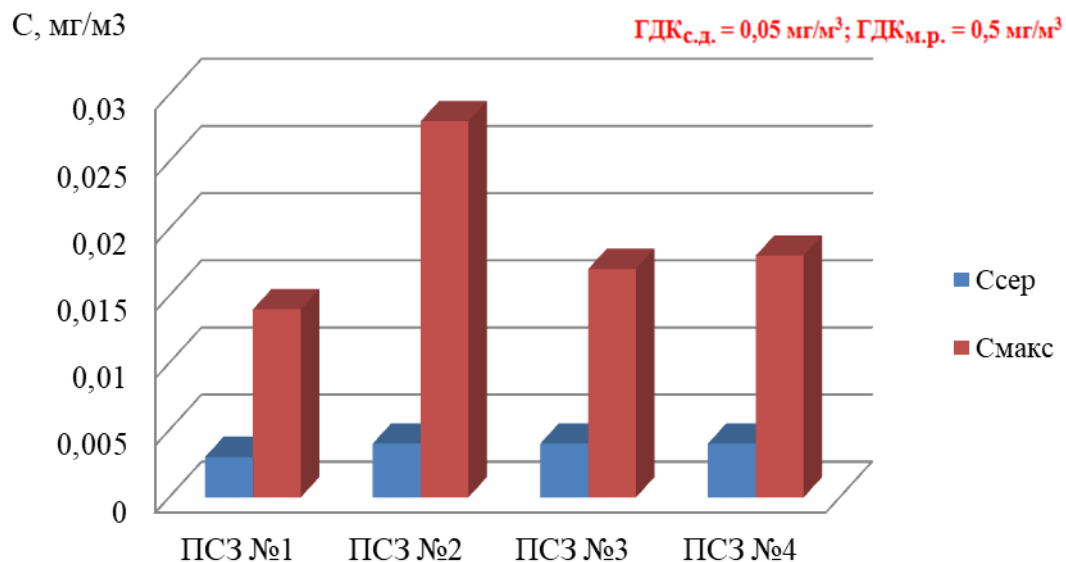


Рис. 3.6 – Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки по ПСЗ м. Миколаїв

З даного рисунку видно, що в цілому концентрації діоксиду сірки по території міста не зазнавали суттєвих змін, перевищень значень ГДК по всій території міста не було. Найбільші концентрації діоксиду сірки спостерігались в районі міжміського автовокзалу (ПСЗ №2), в районі інтенсивного руху автотранспорту, і складали 0,56 ГДК_{с.д.}.

Спостереження за вмістом діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Миколаїв проводяться на усіх ПСЗ. На рис. 3.7 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій діоксиду азоту.

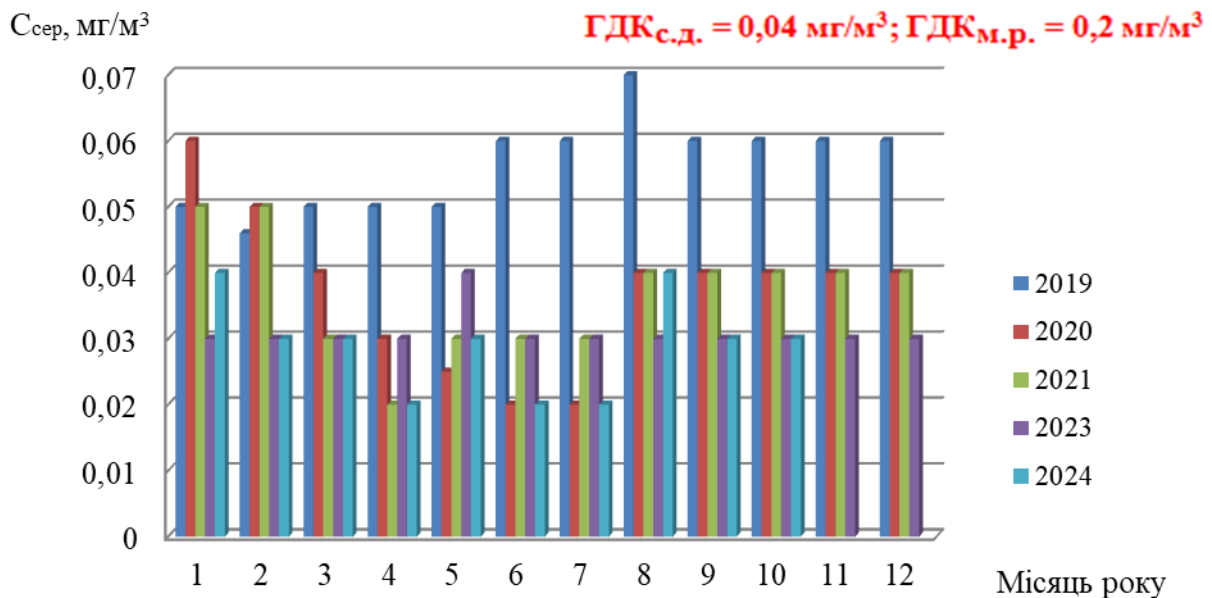


Рис. 3.7 – Річний хід зміни концентрацій діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Миколаїв

З наведеного рисунку видно, що у переважній більшості за період дослідження максимальні концентрації діоксиду азоту відзначались у 2019 р., що складає 1,25-1,75 ГДК_{с.д.} Підвищення вмісту вказаної ЗР відзначається у літній період року, що пов'язано з інтенсифікацією руху автотранспорту. Інша ситуація спостерігається у 2020 та 2021 роках, де у літній період спостерігається зниження рівня забруднення та підвищення концентрації діоксиду азоту у осінньо-зимовий період. Таку ситуацію можна пояснити, що основним джерелом забруднення є стаціонарні джерела, що працюють під час опалювального сезону. Тобто підвищення концентрації викликане викидами при спалюванні палива у котлах. Після повномасштабного вторгнення рф на територію України, спостерігається значне зниження концентрації діоксид азоту, дане явище можна пояснити зменшення викидів ЗР від стаціонарних джерел, так як багато підприємств тимчасово припили свою роботу

На рис. 3.8 наведено просторовий розподіл вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі по території міста по ПСЗ.

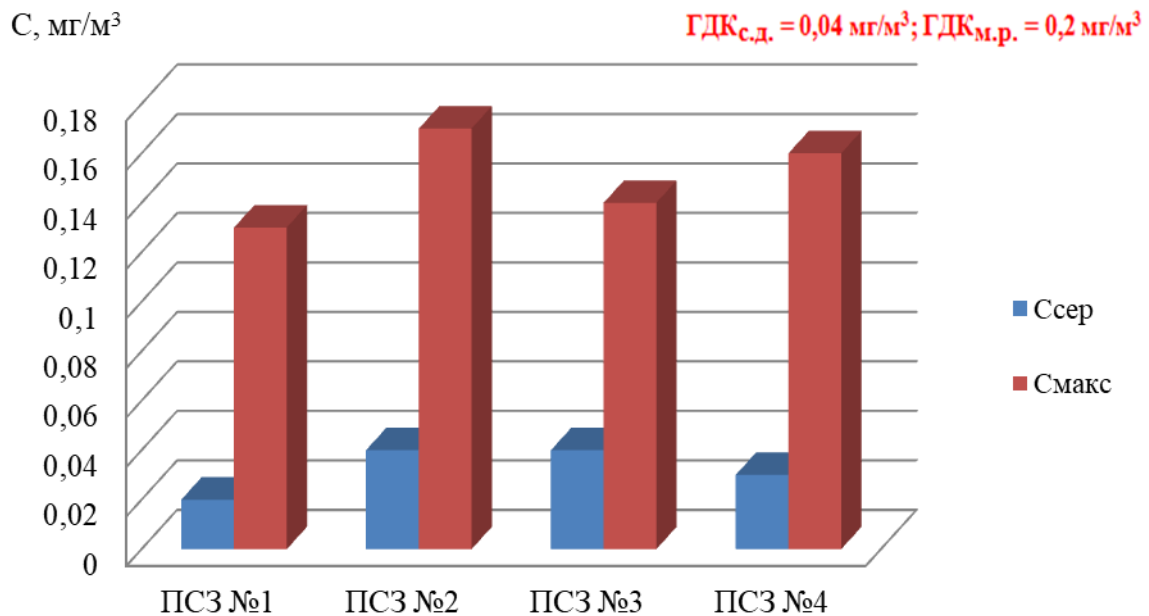


Рис. 3.8 – Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту по ПСЗ м. Миколаїв

Як видно з рисунку, у всі роки спостереження найбільш чистим районом міста є район розташування ПСЗ № 1, в районі вул. Обсерваторної. У східному напрямку відзначається різке суттєве збільшення вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі (в 2 рази і більше). Максимальні концентрації діоксиду азоту відзначаються переважно в районах інтенсивного руху автотранспорту.

Згідно аналізу сезонного ходу концентрацій діоксиду азоту по окремих ПСЗ м. Миколаїв, видно, що у всі роки по постах спостереження ПСЗ № 2, 3, 4 відзначаються підвищені концентрації діоксиду азоту.

Спостереження за вмістом оксиду вуглецю, як і за домішками, проаналізованими вище, проводяться у м. Миколаїв на всіх ПСЗ.

На рис. 3.9 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій оксиду вуглецю.

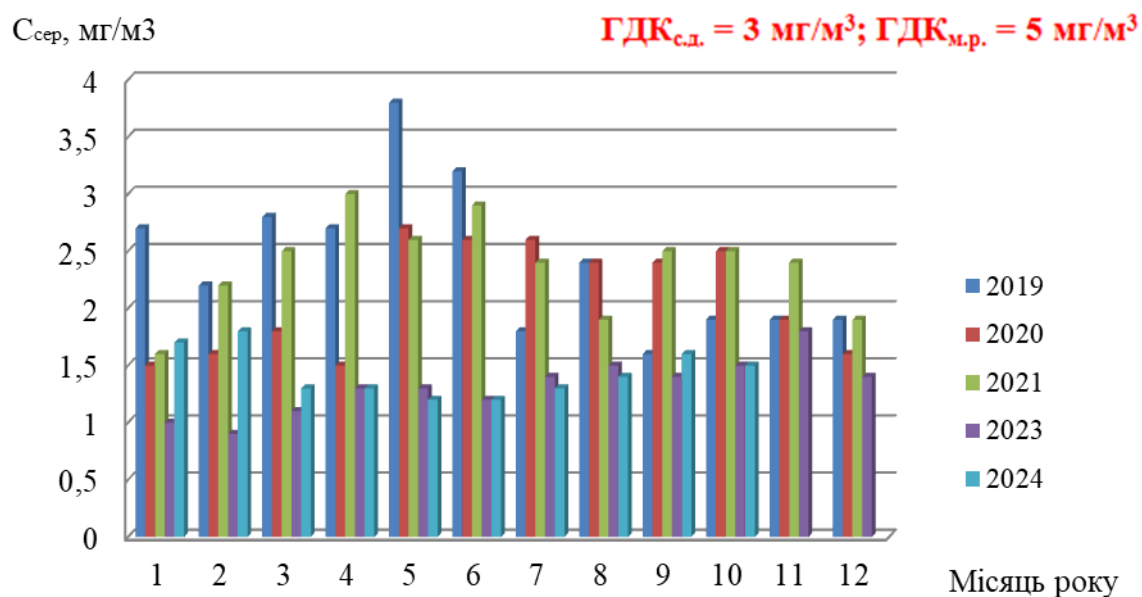


Рис. 3.9 – Річний хід зміни концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Миколаїв

З представленого рисунку видно, що максимальні концентрації оксиду вуглецю у повітряному басейні м. Миколаїв відзначались у 2019 р. Відзначається збільшення середнього вмісту оксиду вуглецю у весняно-літній період з інтенсифікацією руху автомобільного транспорту.

Розподіл середньорічних концентрацій та випадків найбільших концентрацій оксиду вуглецю по території міста наведено на рис. 3.10.

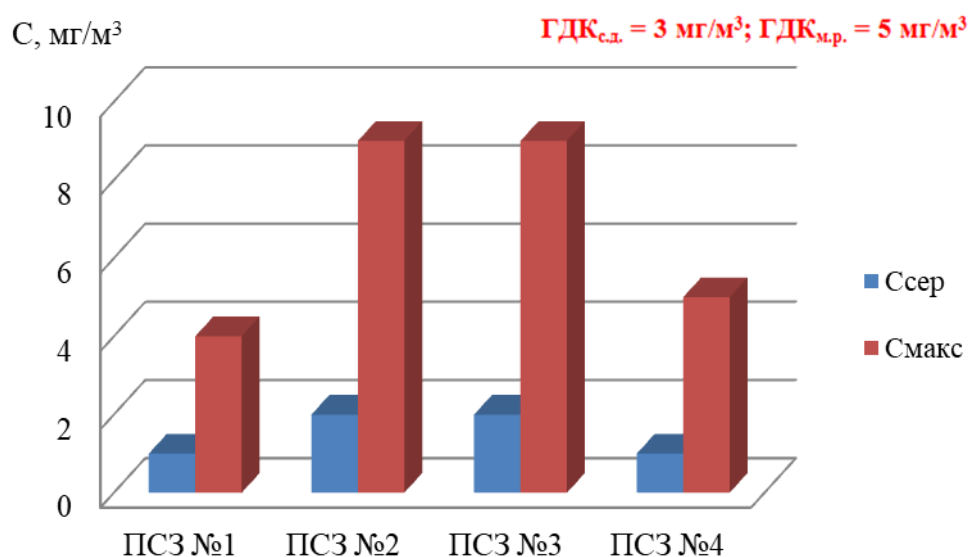


Рис. 3.10 – Рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю по ПСЗ м. Миколаїв

Як видно, просторовий розподіл оксиду вуглецю по території міста у характеризувався не однаковими тенденціями. Максимальні концентрації у відзначаються у східній частині міста в районі розташування ПСЗ № 2 (поблизу міжміського автовокзалу) та ПСЗ № 3 в районі Промзони. У цих районах концентрація оксиду вуглецю досягала 1,9 ГДК_{м.р.}

Загальний аналіз динаміки зміни концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Миколаїв показав, що максимальні концентрації даної домішки відзначаються у весняно-літній період і в районах інтенсивного руху автомобільного транспорту.

Спостереження за вмістом формальдегіду в атмосферному повітря м. Миколаїв ведуться на всіх ПСЗ. На рис. 3.11 представлено сезонну динаміку зміни концентрацій формальдегіду.

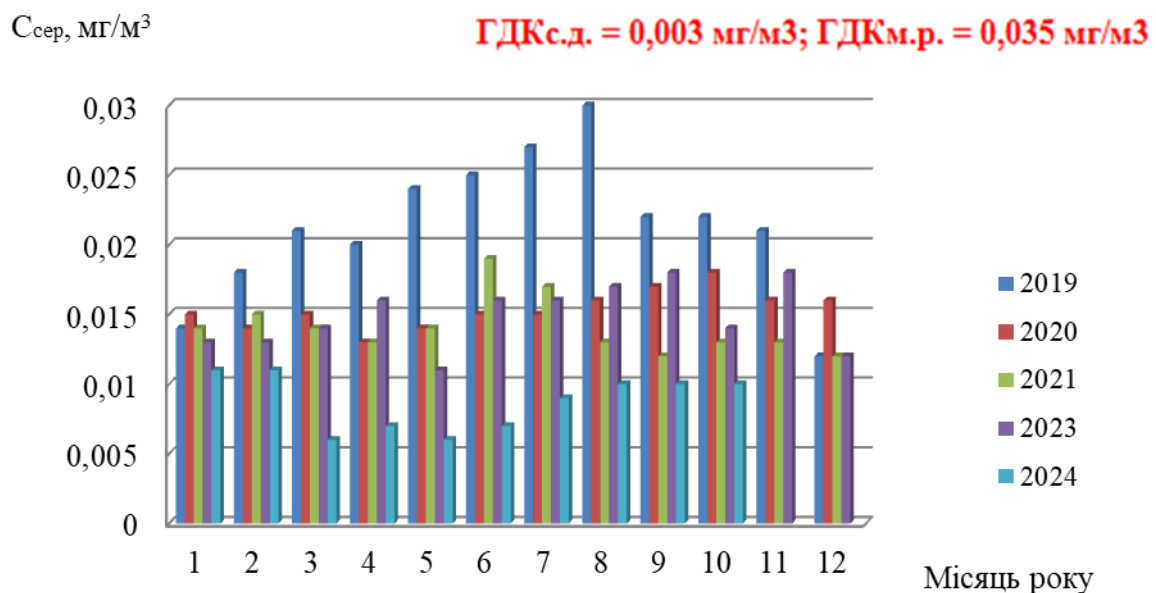


Рис. 3.11 – Річний хід зміни концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаїв

Аналіз даних на рисунку показує, що у 2021 та 2024 роках вміст формальдегіду суттєво зменшився (в середньому в 1,5-2 рази). Чітко відстежується збільшення концентрацій у літньо-осінній період. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря формальдегідом є пересувні джерела. У складі вихлопних газів автотранспорту вміст даної ЗР в декілька раз

більший у порівнянні з викидами стаціонарних установок, що спалюють паливо. Крім того, обсяги надходження формальдегіду в атмосферне повітря від різних автомобілів значною мірою визначаються типом пального. Найбільша кількість цієї ЗР надходить у повітря від автомобілів, що працюють на природному газі.

Тому саме зі зростанням частки автомобільного транспорту, який працює на природному газі, можуть бути пов'язані високі концентрації формальдегіду у повітрі. Саме тому у повітрі міст України, що характерно і для м. Миколаєва, у весняно-літній період відзначається підвищений вміст формальдегіду.

Просторовий розподіл середньорічних та максимальних концентрацій формальдегіду по території міста наведено на рис. 3.12.

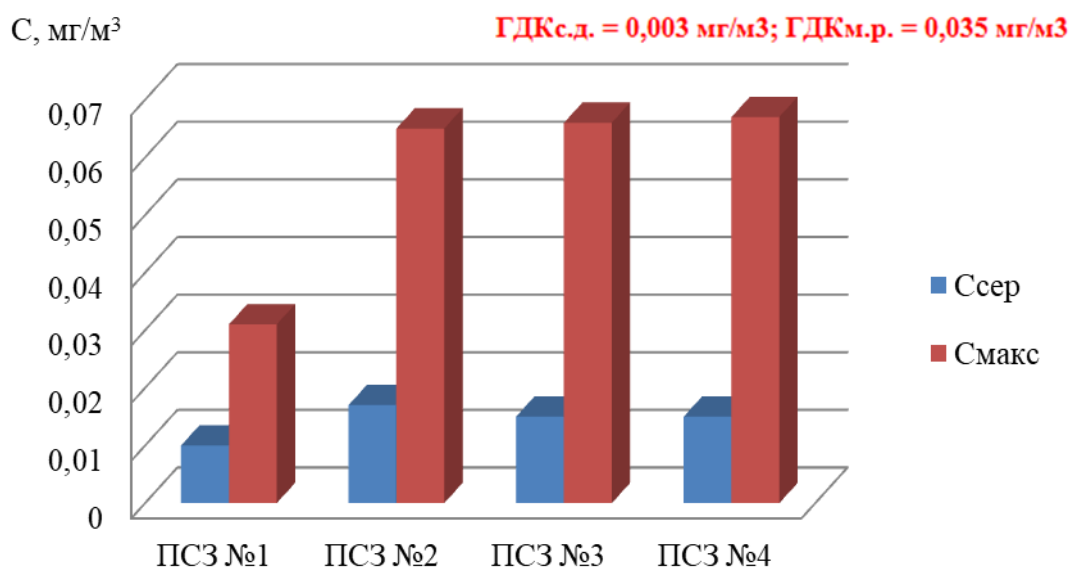


Рис. 3.12 – Рівень забруднення атмосферного повітря формальдегідом по ПСЗ м. Миколаїв

Як видно з рисунків, концентрація формальдегіду за весь період дослідження та у всіх точках контролю значно перевищувала значення ГДК. Найвищі концентрації спостерігаються на ділянках з інтенсивним рухом автотранспорту ПСЗ № 2, 3, 4. Відсоток повторюваності концентрацій, вищий за ГДК_{м.р.}, був найбільшим в районах міжміського автовокзалу та Промзони.

Оцінку рівня забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв основними ЗР було проведено на основі розрахунку комплексного індексу забруднення атмосфери [36]. Результати розрахунків одиничних індексів забруднення атмосфери I_i наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення індексів забруднення атмосфери м. Миколаїв основними забруднюючими речовинами

Забруднююча речовина	Період дослідження			2023 р.	2024р.
	2019 р.	2020 р.	2021 р.		
CO	1,93	1,15	1,40	0,51	0,48
SO ₂	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
пил	0,89	0,72	0,77	0,70	0,59
NO ₂	1,77	1,10	1,00	0,80	0,75
NO	0,44	0,44	0,18	0,15	0,12
H ₂ CO	7,96	4,98	4,59	4,26	2,68

Аналіз отриманих даних у таблиці показує, що індекс забруднення атмосфери I_i перевищує 1 для оксиду вуглецю, діоксиду азоту та формальдегіду (дані позначені червоним кольором), що свідчить про недотримання санітарно-гігієнічних вимог якості атмосферного повітря у м. Миколаїв. Усі ці ЗР входять до переліку речовин з максимальними значеннями концентрацій, тобто ті, які формують значення індексу I_n . На рисунку 3.13 наведено результати розрахунку та річний хід зміни комплексного індексу забруднення атмосфери у м. Миколаїв.

Як видно з представленого рисунку, рівень забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв у 2020 та 2021 роках суттєво знизився (в окремі періоди року в 2 і більше разів). В цілому максимальні значення I_n відзначаються у 2019р. Суттєве зниження рівня забруднення повітряного басейну Миколаєва відбулося, впершу чергу, за рахунок зменшення вмісту формальдегіду.

Згідно з отриманими даними, у 2019 р. стан повітряного басейну м. Миколаїв характеризувався категорією «забруднена» – «сильно забруднена», у 2020 та 2021 р.р. – категорією «забруднена» [50].

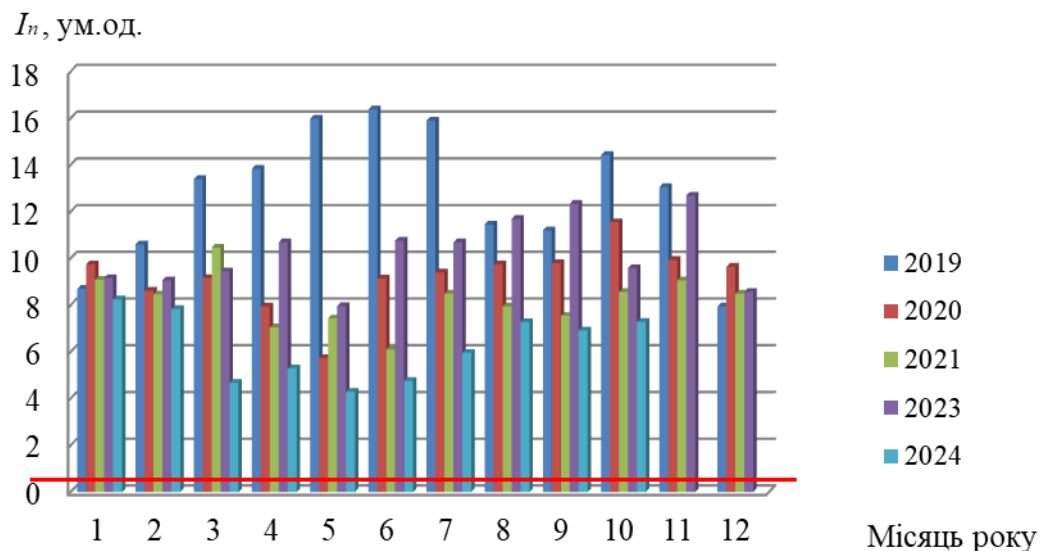


Рис. 3.13 –Значення комплексного індексу забруднення атмосфери I_n м. Миколаїв у 2019 – 2024 рр.

За даними багаторічних спостережень за забрудненням атмосферного повітря на постах спостереження у м. Миколаїв, було виконано оцінку рівня забруднення, виходячи із значень перевищення $ГДК$, та здійснено ранжування рівня забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв за вмістом основних ЗР (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв за рівнем перевищення $ГДК_{ср}$ окремими забруднюючими речовинами

Допустимий рівень ($ГДК < 1$)	Підвищений рівень ($1 \leq ГДК < 2$)	Високий рівень ($2 \leq ГДК < 3$)	Дуже високий рівень ($3 \leq ГДК < 6$)	Екстремально високий рівень ($6 \leq ГДК$)
пил				
2019, 2020, 2021, 2023, 2024 р.р	—	—	—	—
діоксид сірки				
2019, 2020, 2021, 2023, 2024 р.р	—	—	—	—
оксид вуглецю				
2023, 2024 р.р	2019,2020,2021р.р.	—	—	—
діоксид азоту				
2023,2024 р.р.	2019,2020,2021р.р	—	—	—
формальдегід				
—	—	—	—	2019,2020,2021, 2023,2024р.р

Як видно, рівень забруднення повітряного басейну міста:

- за вмістом пилу та діоксиду сірки у всі роки, а також за вмістом оксиду вуглецю у 2020-2024 роках характеризується як допустимий;
- за вмістом діоксиду азоту та оксиду вуглецю (у 2019–2021 роках) спостерігалось підвищення, тоді як у 2023–2024 роках їх рівні відповідають допустимим значенням.;
- за вмістом формальдегіду як екстремально високий.

Отже, за результатами аналізу отриманих даних, можна зробити висновок, що для повітряного простору м. Миколаєва характерне перевищення гранично допустимих концентрацій небезпечних поллютантів (формальдегід, діоксид азоту, оксид вуглецю). Характерним є не лише перевищення рівня середньодобових гранично допустимих концентрацій, а й максимально разових концентрацій. Особливо велика кратність перевищення ГДК_{с.д.} (до 8 разів і вище) характерна для формальдегіду. Перевищення гранично допустимих концентрацій більш характерне для весняно-осіннього періоду.

Серед основних поллютантів, за якими ведеться моніторинг у м. Миколаєві, у комплексному впливі на рівень забруднення атмосферного повітря міста їх можна розмістити наступним чином: *1 місце* – H_2SO ; *2 місце* – NO_2 ; *3 місце* – CO ; *4 місце* – пил.

Через те, що при одночасній присутності в повітрі NO_2 і H_2SO кожний із них підсилює негативний вплив іншого, тобто вони діють синергічно, збільшення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва стає суттєвим екологічним ризиком для населення міста.

За комплексною оцінкою забруднення атмосфери м. Миколаїв входить у першу п'ятірку найбільш забруднених міст України. За величиною комплексного індексу забруднення стан повітряного басейну оцінюється категорією «забруднена», а рівень забруднення атмосферного повітря м. Миколаєва – як високий (*In* більше 8).

3.2 Аналіз та оцінка якості повітря з використанням дистанційних методів

За останні роки широкого поширення набули автоматизовані системи спостереження, які працюють безперервно і дозволяють отримати інформацію в будь-який час. До таких систем відносяться системи громадського моніторингу з метою отримання більш повної інформації про якісні характеристики повітряного басейну над Україною. Прикладами громадських моніторингових організацій є SaveEcoBot [51], EcoCity [38], SaveDnipro [52].

Для детального аналізу впливу вибухів на атмосферне повітря датчик повинен знаходитися максимально близько до епіцентру подій. Це пов'язано з декількома ключовими факторами:

- під час вибухів в атмосферу викидаються значні обсяги токсичних речовин, таких як $PM_{2.5}$, PM_{10} , оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), а також формальдегід та інші органічні сполуки. Концентрація цих речовин є максимальною у зоні вибуху, але швидко зменшується з віддаленням від епіцентру через процеси дифузії, турбулентності та природного розсіювання. Відповідно, датчики, що встановлені на значній відстані, можуть не фіксувати пікові перевищення концентрацій.

- розподіл забруднюючих речовин у повітрі сильно залежить від напрямку та швидкості вітру. Вибух створює локальну хвилю забруднення, яка може бути швидко перенесена вітровими потоками на кілька кілометрів. Наприклад: при сильному вітрі концентрація ЗР у місці вибуху швидко зменшується, але підвищується у напрямку вітру. При штилі або слабкому вітру забруднення залишається локалізованим, формуючи високі концентрації поблизу епіцентру події.

Важливо зазначити, що під час вибухів вивільняються не лише тверді частки ($PM_{2.5}$, PM_{10}), а й газоподібні сполуки, які можуть бути особливо небезпечними для здоров'я населення.

Аналіз нічного ракетного обстрілу м. Миколаїв 15 жовтня 2024 року, зокрема Корабельного району, показує вплив вибухів на якість повітря, що наочно відображено на графіках 3.14-3.16, отриманих з автоматизованих станцій ГО «EcoCity».

Динаміка викидів дрібнодисперсних частинок $PM_{2.5}$ демонструє досить помітні коливання, що часто пов'язано з підняттям у повітря дрібного пилу та сажі в результаті вибухів. Зокрема, різке зростання концентрації $PM_{2.5}$ починається 14 жовтня приблизно з 21:00 і досягає піку близько 01:00 15 жовтня, коли значення піднімається до 10.95 $мкг/м^3$. Такі стрибки є типовими для ситуацій, коли відбуваються вибухи, оскільки детонація боєприпасів та руйнування інфраструктури призводять до викиду величезної кількості мікрочастинок у повітря. При руйнуванні будівель у результаті обстрілів пил та інші тверді частинки утворюються миттєво та розсіюються в атмосфері, особливо у нічний час, коли погодні умови часто сприяють їх затриманню у нижніх шарах повітря.

Після досягнення пікових значень концентрація $PM_{2.5}$ починає поступово знижуватись протягом ранку та дня 15 жовтня, досягаючи відносно низьких показників у межах 2-3 $мкг/м^3$. Це свідчить про те, що пилові хмари або дим розсіюються завдяки руху повітряних мас або змінам погодних умов. Проте ввечері того ж дня відбувається нове зростання концентрацій, що, можливо, пов'язане з повторними обстрілами чи займанням нових ділянок, де продовжується горіння матеріалів.

PM_{10} — більш великі частинки — мають подібну динаміку, проте їх концентрації є вищими через розміри частинок, які можуть утворюватися в процесі руйнування будівельних конструкцій. Вибухи, особливо у міських районах, викидають значні обсяги будівельного пилу, що складається з бетону, цегли, скла та інших твердих матеріалів. У результаті, значення PM_{10} зростають до 15.65 $мкг/м^3$ о 01:00 15 жовтня, а ще один стрибок фіксується увечері — 15.95 $мкг/м^3$ о 17:00. Важливо розуміти, що такі підвищення мають не лише локальний, але й тривалий вплив на якість повітря, оскільки великі

частинки осідають повільніше, а їхня концентрація залишається підвищеною навіть після завершення обстрілів.

Окрему увагу слід приділити формальдегіду, концентрація якого зазвичай є стабільною у звичайних умовах, проте значно підвищується під час горіння або неповного згоряння матеріалів. Формальдегід є токсичним продуктом, що утворюється під час займання будівельних матеріалів, меблів, пластикових та полімерних виробів, а також під час детонації боєприпасів, коли хімічні речовини вивільняються у повітря. У даних видно, що його концентрація зростає вже ввечері 14 жовтня, піднімаючись з 12.77 мкг/м³ до 13.47 мкг/м³, що свідчить про початок руйнівних процесів або займання. Найбільш значний стрибок спостерігається 15 жовтня о 17:00, коли значення досягають 17.32 мкг/м³. Такий стрибок є характерним для ситуацій, коли тривають інтенсивні пожежі або нові вибухи призводять до викиду токсичних речовин у повітря.

Вплив обстрілів на стан повітря є складним та багатогранним процесом. По-перше, миттєві вибухи призводять до підняття пилу та дрібних частинок у повітря, що формує локальні пилові хмари. Ці частинки можуть бути як інертними (бетон, цегла), так і токсичними, якщо в їхньому складі присутні важкі метали або залишки хімічних речовин від боєприпасів. По-друге, горіння матеріалів, особливо синтетичних, викидає у повітря токсичні сполуки, такі як формальдегід, бензол та інші канцерогени. У цьому випадку формальдегід слугує індикатором процесів горіння, які супроводжують обстріли.

Особливо небезпечними є нічні години під час обстрілів, оскільки атмосферні умови у цей час (зокрема, інверсія повітря) можуть сприяти накопиченню забруднень у нижніх шарах атмосфери. Це означає, що концентрація шкідливих речовин залишається високою протягом тривалого часу, особливо у районах, де відбуваються інтенсивні бойові дії

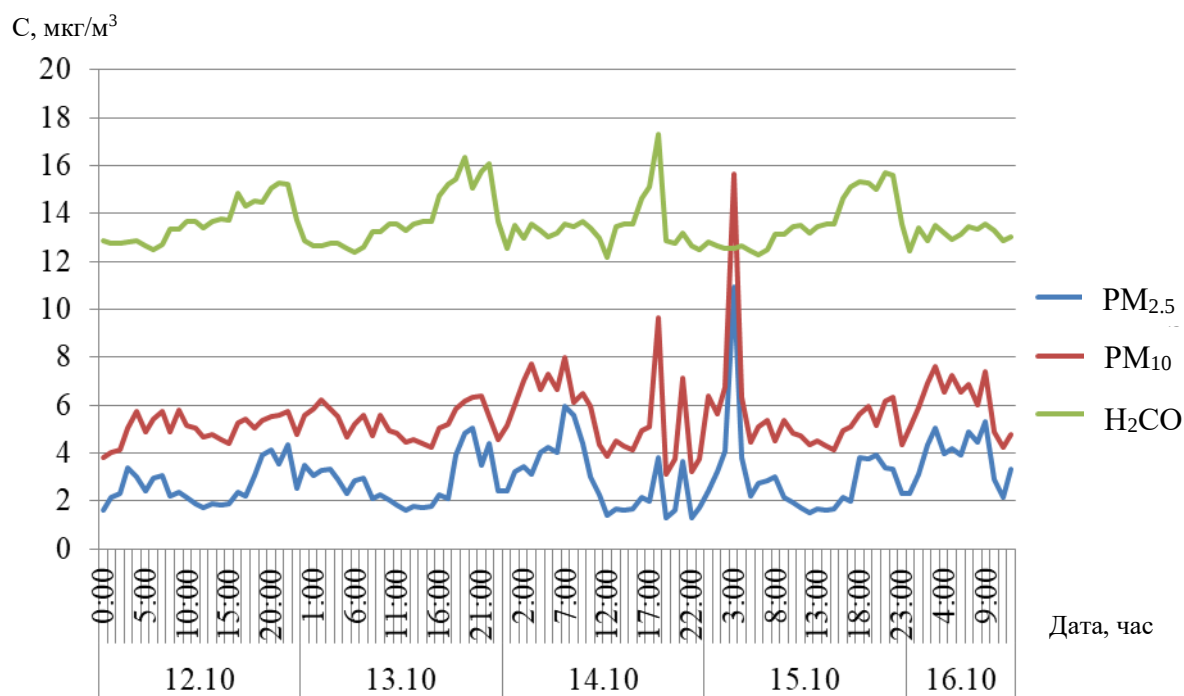


Рис. 3.14 Дані ГО «ЕcoCity» ПЗ№4 вул. Олега Хлівного
з 12.10-16.10.2024 р.

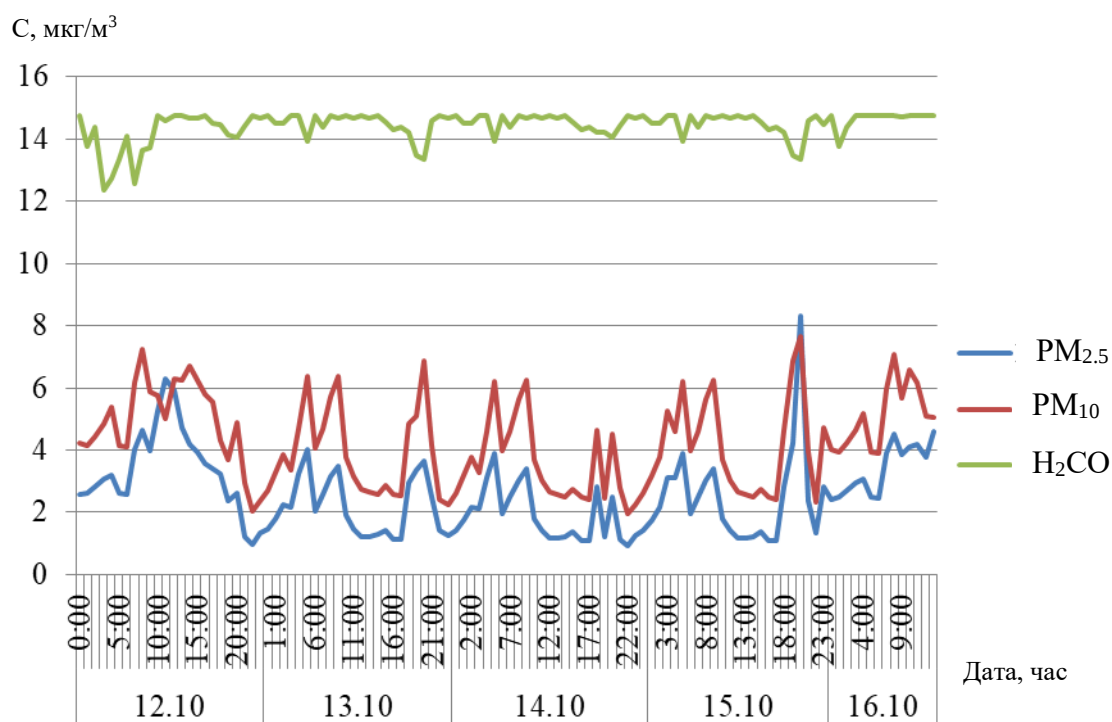


Рис. 3.15 Дані ГО «ЕcoCity» ПС №3 вул.Залізнична
з 12.10 по 16.10.2024 р.

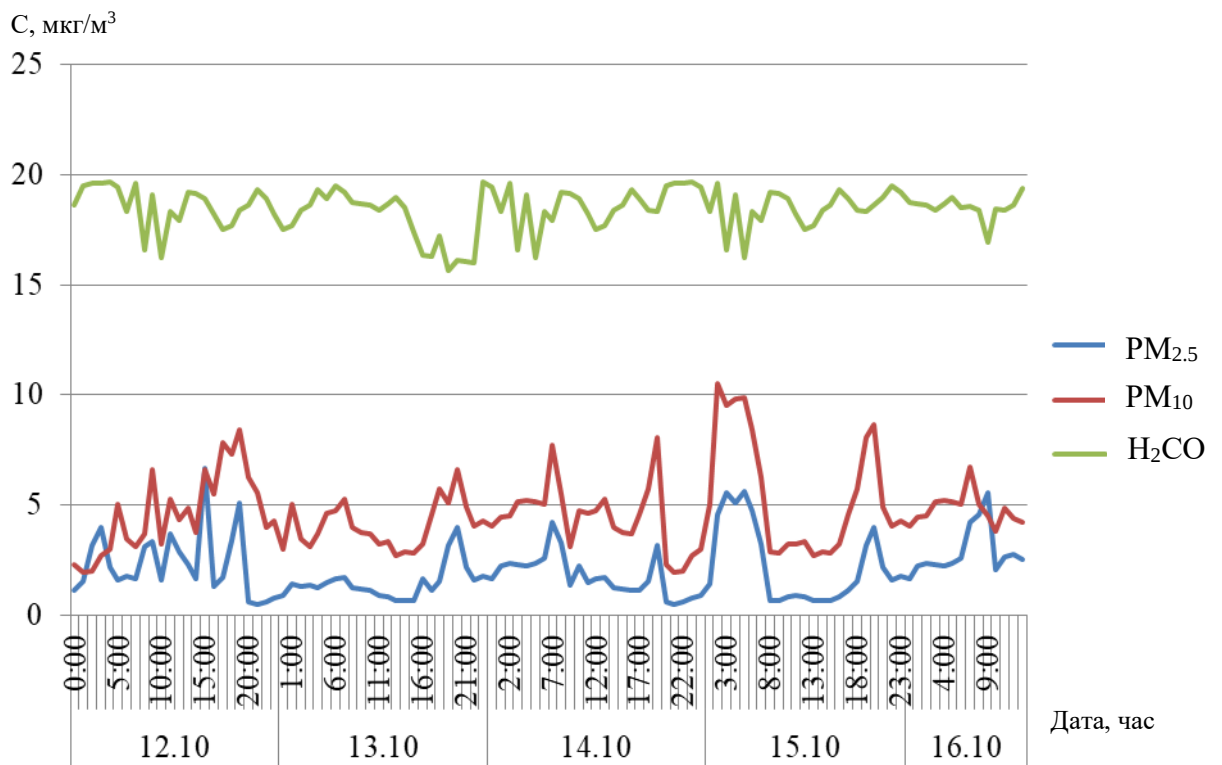


Рис. 3.16 Дані ГО «ЕcoCity» ПС №2 вул. 68 Десантників
з 14.10 по 16.10.2024 р.

Найбільш помітні зміни спостерігалися зі станції «MriyDiy», де концентрації дрібнодисперсних частинок $\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10} досягли свого піку приблизно 3:00 годині ночі. Це свідчить про значний вплив вибухів на якість повітря. Підвищення рівня забруднення в цьому районі пояснюється викидом у повітря дрібного пилу, сажі та інших мікрочастинок, які утворюються під час детонації боєприпасів та руйнування інфраструктури.

У районі станції "Залізнична" також зафіксовано коливання рівнів забруднення, зокрема концентрацій $\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10} . Проте ці зміни менш виражені порівняно зі станцією «MriyDiy». Це може свідчити про те, що обстріл мав слабший вплив на цю територію, ймовірно, через її віддаленість від епіцентру вибухів або специфічні локальні умови, що сприяли меншому розповсюдженню забруднюючих речовин.

На станції «Еco-Rozum» ситуація була значно стабільнішою. Рівні забруднення залишалися майже незмінними, з незначними коливаннями. Така стабільність свідчить про мінімальний вплив обстрілу на цю частину міста.

Ймовірно, географічне розташування цієї станції або інші чинники, такі як напрямок вітру (рис. 3.17) сприяли тому, що забруднюючі речовини від вибухів практично не досягли цього району.

Згідно даним автоматизованих систем під час аналізу даних щодо викидів $PM_{2.5}$, PM_{10} та формальдегіду після обстрілів м.Миколаїв, а також оцінки впливу обстрілів на стан повітря у місті, стає очевидним, що вибухи та їх наслідки значно погіршують якість атмосфери, створюючи локальні забруднення та викликаючи стрибки у концентраціях шкідливих речовин. У наведених даних спостерігається чіткий зв'язок між моментами підвищення концентрацій цих речовин та часовими проміжками, коли, відбувались інтенсивні обстріли.

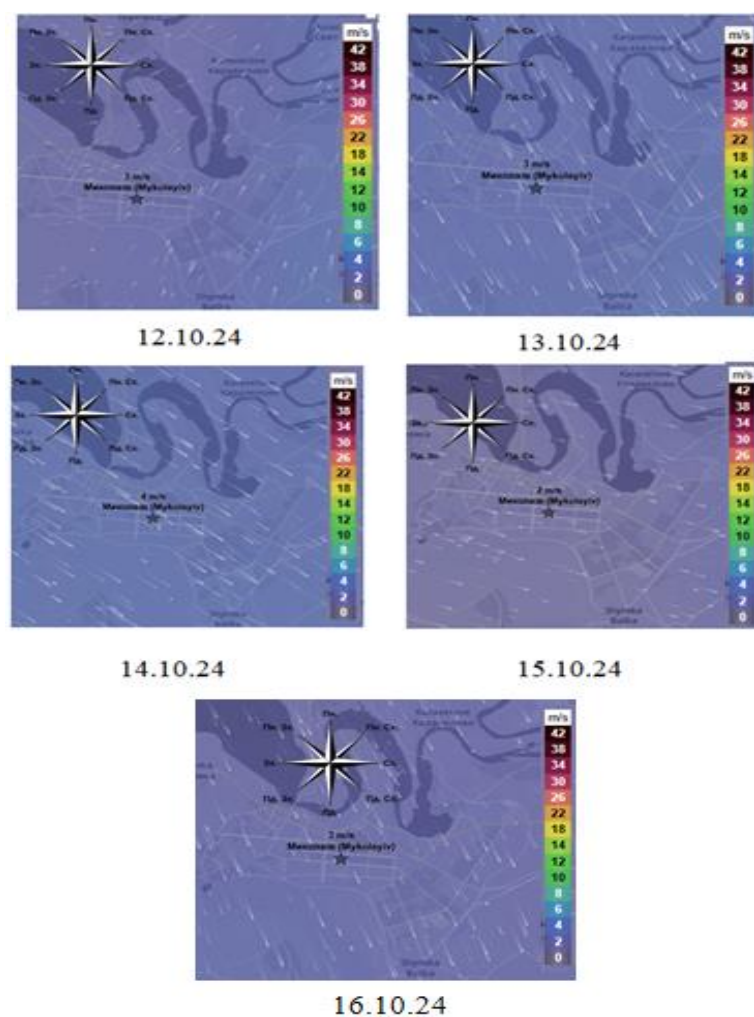


Рис.3.17 Карта напрямку та швидкості вітру м.Миколаїв з 12.10-16.10.2024

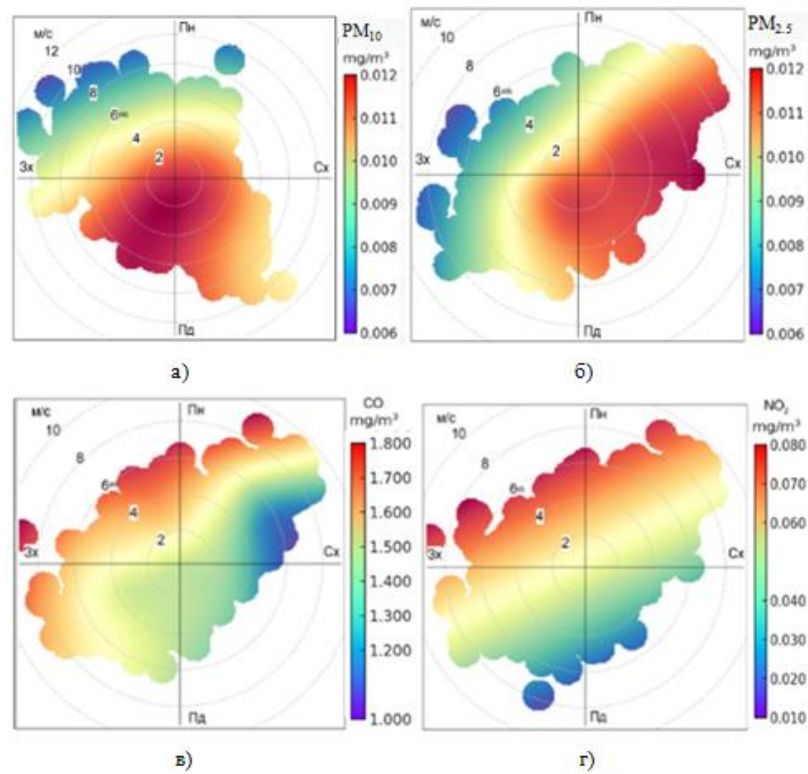


Рис. 3.18 Залежність середнього вмісту PM10 (а), PM2.5 (б), CO (в) та NO2 (г) від напрямку та швидкості вітру станом на 15 жовтня 2024

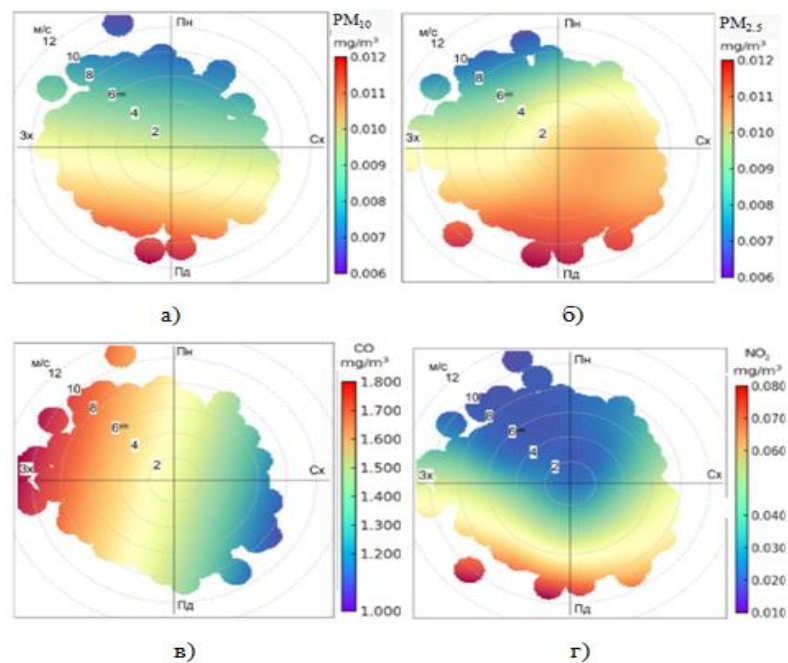


Рис. 3.19 Залежність середнього вмісту PM10 (а), PM2.5 (б), CO (в) та NO2 (г) від напрямку та швидкості вітру станом на 16 жовтня 2024

Аналізуючи дані рис. 3.17 та 3.19 взаємозв'язок між концентраціями дрібнодисперсних частинок $PM_{2.5}$, PM_{10} , формальдегіду та параметрами вітру (швидкість і напрямок) проявляється через їх вплив на механізми розсіювання та накопичення забруднювальних речовин у атмосфері.

При відсутності вітру або при низьких швидкостях (0 м/с), як це спостерігалось 15.10.2024 о 3:00 і 4:00, повітряна маса залишається застійною. Це створює сприятливі умови для накопичення забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери. У таких умовах концентрації $PM_{2.5}$, PM_{10} і формальдегіду досягають високих значень через відсутність турбулентності, яка б сприяла їх переносу або розсіюванню.

Зі збільшенням швидкості вітру (наприклад, до 3 м/с, як 16.10.2024 з 4:00 до 12:00), відбувається більш ефективне розсіювання забруднювальних речовин. Це призводить до зниження концентрацій $PM_{2.5}$ і PM_{10} , хоча їх рівень може залишатися на помірному рівні внаслідок постійного надходження від джерел викидів. Таким чином, вища швидкість вітру зазвичай асоціюється зі зменшенням локального забруднення, оскільки збільшується масштаб горизонтального і вертикального переносу речовин.

Таким чином, на основі даних можна зробити висновок, що обстріли мають суттєвий вплив на стан повітря у місті, створюючи локальні та регіональні забруднення, що включають пилові частинки, дим від горіння та токсичні гази. Підвищення концентрацій $PM_{2.5}$, PM_{10} та формальдегіду є серйозним ризиком для здоров'я населення, особливо для вразливих груп, таких як люди з хронічними захворюваннями органів дихання, діти та літні люди. Збереження підвищених концентрацій протягом кількох годин або днів після обстрілів вказує на те, що наслідки забруднення повітря можуть бути тривалими та потребують особливої уваги з боку місцевих служб моніторингу та реагування.

3.3 Кореляційний аналіз залежності метеорологічних показників із підвищенням рівня забруднення повітря

Для проведення даного аналізу було використано програму Ventusky, яка є одним із найбільш доступних і функціональних інструментів для моніторингу метеорологічних умов та якості повітря. Завдяки її можливостям з візуалізації даних, збору інформації про концентрацію забруднюючих речовин і прогнозування, маємо змогу проводити глибокий аналіз залежностей між параметрами погоди та рівнем забруднення атмосфери. Зокрема, платформа дозволяє оцінити вплив температури, вологості, швидкості вітру та атмосферного тиску на концентрацію забруднюючих речовин, таких як $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 і SO_2 .

Цей розділ висвітлює методологічний підхід до проведення кореляційного аналізу з використанням даних Ventusky, описує основні результати дослідження та пропонує рекомендації для подальших досліджень. Температура є одним із ключових метеорологічних факторів, що впливають на рівень забруднюючих речовин в атмосфері. Згідно з даними, представленими у дослідженні, зв'язок між температурою та іншими забруднювальними речовинами, такими як $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 , O_3 та CO , демонструє складну картину взаємодії.

	$PM_{2.5}$	PM_{10}	NO_2	SO_2	CO	Температура	Вологість	Атмосферний тиск	Опади
$PM_{2.5}$	1								
PM_{10}	0,66045309	1							
NO_2	0,281219583	0,095816223	1						
SO_2	0,267632403	0,177522337	0,517248806	1					
CO	0,367517649	0,24409568	0,575669199	0,508138161	1				
Температура	-0,133059357	0,016417835	-0,565300973	-0,185914182	0,624363805	1			
Вологість	0,227039245	0,083918681	0,550364983	0,075994524	0,481053486	-0,774313442	1		
Атмосферний тиск	-0,079618821	-0,074667903	0,049007498	0,014567494	0,041006089	-0,140612316	0,075546896	1	
Опади	-0,694448221	-0,871696276	0,107355318	-0,056142733	0,07179046	-0,0938365	0,277394499	-0,038762854	1

Рис. 3.20 Кореляційна матриця

Згідно даними рис. 3.19 одним із найбільш помітних аспектів є негативна кореляція між температурою і концентрацією SO_2 , яка має коефіцієнт $-0,1859$. Це свідчить про те, що підвищення температури може супроводжуватися зниженням рівня діоксиду сірки в атмосфері. Це може бути пов'язано з тим, що в тепліші місяці зростає ефективність фотохімічних реакцій, які ведуть до окиснення SO_2 в атмосфері. Таким чином, більша температура може сприяти перетворенню цього забруднювача на інші сполуки.

Проте температура має сильний зв'язок з рівнем озону (O_3), який демонструє кореляцію $0,7486$. Це означає, що підвищення температури часто супроводжується підвищенням концентрації озону в атмосфері. Озон є вторинним забруднювачем, що утворюється в результаті хімічних реакцій між оксидами азоту (NO_x) та летючими органічними сполуками (ЛОС) під впливом сонячного світла. Тобто в літній період, коли температура знижується і сонячна активність зростає, відбувається активація цих реакцій, що призводить до підвищення рівня O_3 .

Що стосується твердих часток $\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10} , то їхня залежність з температурою є обернено слабкою (-0.1331 для $\text{PM}_{2.5}$ і 0.0164 для PM_{10}), тобто збільшення одного показника призводить до зменшення іншого. Тому, можна стверджувати, що при підвищеній температурі концентрації цих часток можуть знижуватися або залишатися стабільними. Це може бути наслідком кращого розсіювання забруднень у тепліші дні за рахунок підвищеної вітрової активності та меншої ймовірності інверсії температури.

Водночас оксид вуглецю демонструє обернено значний зв'язок з температурою ($-0,6244$), що негативно впливає на те, що підвищення температури фактично супроводжується зниженням рівня оксиду вуглецю. Це може бути пов'язано з тим, що підвищення температури сприяє активізації хімічних реакцій, у яких CO окислюється до CO_2 , або з тим, що за вищих температур відбувається підвищення атмосферної турбулентності, що сприяє більшому розсіюванню забруднювачів у повітрі. Інший можливий фактор —

зменшення використання джерел викидів оксиду вуглецю (наприклад, опалювальних систем) у теплі періоди.

Таким чином, температура впливає на рівень забруднюючих речовин у повітрі через складні механізми взаємодії фізичних та хімічних процесів в атмосфері. Підвищення температури може призвести до збільшення концентрації певних забруднювачів, таких як озон, водночас як інші забруднювачі, таких як діоксид сірки та оксид вуглецю, можуть зменшуватися. Розуміння цих взаємозв'язків є важелем для розробки ефективних стратегій контролю за якістю повітря та покращення екологічної ситуації в регіонах із високим рівнем забруднення.

Вологість є одним із ключових метеорологічних показників, які також впливають на якість повітря і рівень забруднюючих речовин. Її роль у формуванні концентрацій таких забруднювачів, як $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 та CO , є складною і багатогранною, оскільки вологість взаємодіє з іншими атмосферними умовами та забруднюючими речовинами.

Згідно з даними, вологість має прямий зв'язок з рівнями діоксид азоту, діоксид сірки, а також оксид вуглецю. Значення кореляції для NO_2 становить приблизно 0,55, що впливає на те, що підвищення вологості може супроводжуватися збільшенням концентрацій цих забруднювачів. Це може бути пов'язано з тим, що волога ускладнює утворення аерозолів, які можуть затримувати забруднення у повітрі. Коли вологість набувається, частки води конденсуються на поверхні забруднюючих часток, що може привести до їх збільшення і подовження часу перебування в атмосфері.

Проте вологість також може мати і протилежний ефект. Наприклад, у випадку з $PM_{2.5}$ через обернено сильний зв'язок (-0.72). Це означає, що підвищення вологості може призвести до зменшення концентрації дрібних часток у повітрі. Якщо волога конденсується на частинах пилу, це може привести до їх осадження на поверхні землі або інших об'єктах. Таким чином, у вологих умовах частки можуть швидше зменшити осадження, використовуючи їх концентрацію в атмосфері.

Взаємодія вологості з іншими метеорологічними умовами також має велике значення для розуміння її впливу на забруднення. Наприклад, у зимовий період із низькими температурами та високою вологістю збільшується використання опалення, яке часто базується на спалюванні пального (рис. 3.21). Водночас підвищена вологість може сприяти осадженню часток, але якщо температура залишається низькою, це може призвести до накопичення в приземній шарі атмосфери через інверсію температури.

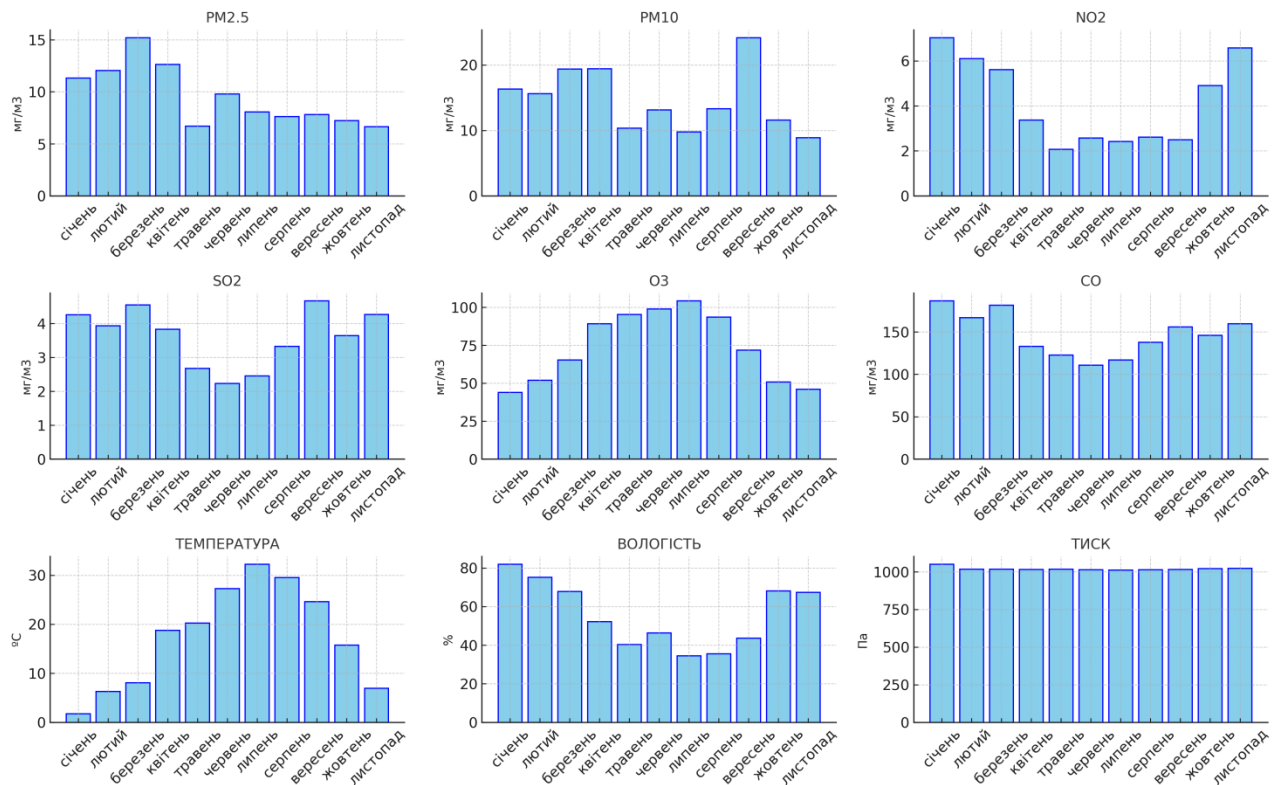


Рис. 3.21 Зміни середньомісячних показників згідно даними Ventusky за 2024 р.

Літні місяці характеризуються підвищеною температурою і часто меншими рівнями вологості. У таких умовах фотохімічні реакції можуть сприяти утворенню озону (O_3), але концентрації $PM_{2,5}$ і PM_{10} залишаються нижчими через активніше розсіювання впливають на вітрову активність.

Атмосферний тиск впливає на формування погодних умов. Коли тиск досягається, це означає стабільну погоду з ясным небом і низькою вітровою активністю. У таких умовах відзначається тенденція до накопичення

забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери. Високий тиск може створювати інверсії температури, коли тепле повітря стає холоднішим на нижніх шарах атмосфери. Це явище заважає нормальному розсіюванню забруднень і може привести до їх концентрації.

На противагу цьому, низький атмосферний тиск часто супроводжується нестабільною погодою, дощами та сильними вітрами. У таких умовах відбувається очищення атмосфери: опади вимивають частки з повітря, а вітер сприяє їх розсіюванню. Це може призвести до зниження рівня PM_{10} і $PM_{2,5}$, а також інших забруднюючих речовин.

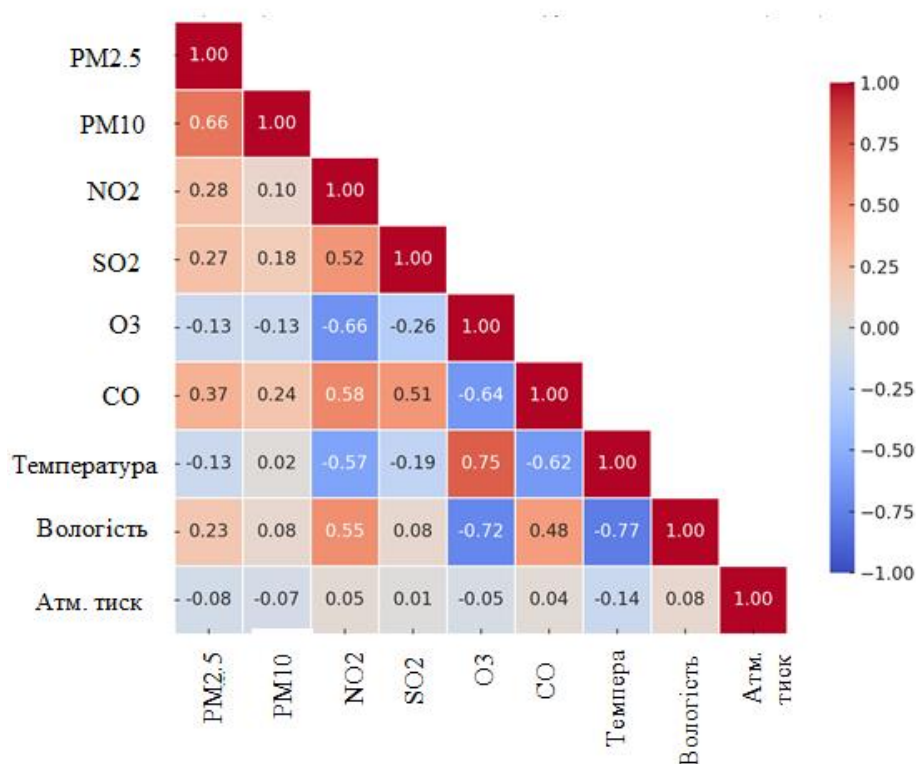


Рис. 3.22 Теплова карта кореляції між показниками забруднення та погодними факторами

Сезонні зміни також впливають на зв'язок між атмосферним тиском і рівнями забруднення (рис. 3.23). Наприклад, взимку, коли використання опалення досягає піку, підвищений попит на енергію може призвести до збільшення викидів забруднюючих речовин. Якщо в цей час високий

атмосферний тиск, це може створити умови для накопичення накопичень у повітрі. У літній період ситуація може змінюватися: підвищення температури та активні вітри можуть сприяти розсіянню забруднення.

Рівень діоксиду азоту (NO_2) є показником забруднення повітря, і його концентрація може змінюватися залежно від температури. Відповідно до даних, представлених у дослідженнях, існує обернено значний зв'язок між температурою та рівнем NO_2 , що має коефіцієнт -0,5653. Це відомо про те, що з підвищенням температури рівень NO_2 , як правило, знижується.

Максимальна динаміка збудливих речовин у повітрі через кілька механізмів. По-перше, в тепліші дні збільшується активність фотохімічних реакцій, які можуть привести до утворення інших забруднювачів, таких як озон (O_3). Це може сприяти зниженню концентрації NO_2 , після чого він може взаємодіяти з іншими сполуками в атмосфері.

По-друге, підвищена температура часто створює сприятливі умови для розсіювання забруднюючих речовин. У літній період, коли температура вищої та вітрової активності закінчується, NO_2 також може бути розсіяний на більшій відстані, що призводить до зниження його концентрації в певних районах.

Сезонні зміни в рівнях забруднення повітря діоксид азоту є результатом комплексної взаємодії різних факторів, включаючи метеорологічні умови, антропогенну діяльність та природні процеси. У зимовий період низькі температури, збільшене використання опалення на твердому паливі та підвищена інтенсивність руху призводять до зростання викидів NO_2 . Слабкий вітер та температурні інверсії сприяють накопиченню забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери.

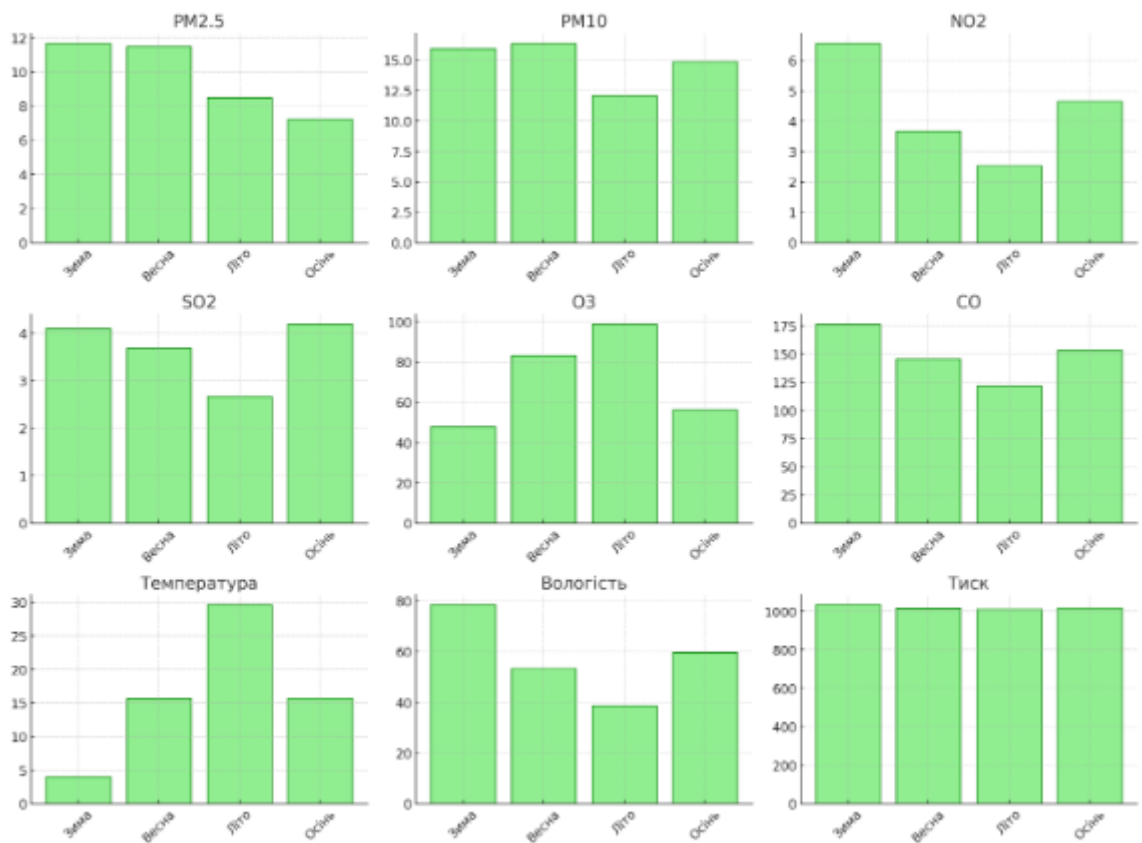


Рис. 3.23 Сезонні зміни за даними Ventusky 2024 р.

Влітку підвищена температура і сонячна радіація можуть сприяти зниженню концентрації NO_2 в результаті фотохімічних реакцій. Однак, одночасно відбувається утворення озону та інших фотооксидантів, що також негативно впливає на якість повітря.

Крім того, на рівень забруднення повітря впливають регіональні особливості, такі як тип промисловості, інтенсивність сільського господарства та кількість зелених насаджень. У промислових центрах з великою концентрацією автотранспорту рівень забруднення, як правило, вищий.

Розуміння сезонних змін рівня забруднення NO_2 є важливим для розробки ефективних заходів щодо поліпшення якості повітря. Необхідно враховувати як природні фактори, так і антропогенний вплив. Це дозволить розробити більш точні прогнози якості повітря та вживати відповідні заходи для захисту здоров'я населення.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА НАСЕЛЕННЯ

Якість повітря, як фундаментальний компонент нашого довкілля, безпосередньо впливає на наше здоров'я та добробут. Тому, збереження чистоти атмосферного повітря є одним з ключових завдань сучасного суспільства.

Цей розділ присвячений розробці та впровадженню ефективних стратегій для захисту атмосферного повітря. Ми прагнемо створити такі умови, за яких повітря буде чистим, а люди зможуть повноцінно жити і працювати.

Система EcoCity [38] пропонує комплексне рішення для покращення якості повітря. Вона передбачає впровадження різних заходів, адаптованих до конкретних умов забруднення. Залежно від рівня забруднення та якості повітря, система рекомендує низку дій, які можуть бути поділені на три основні категорії:

- **Рекомендації для активного відпочинку на свіжому повітрі:** Ці рекомендації допомагають людям безпечно проводити час на вулиці, навіть коли якість повітря погіршується.
- **Заходи безпеки в приміщеннях:** Система пропонує поради щодо того, як захистити своє здоров'я під час перебування в будинку чи офісі, особливо в періоди високого забруднення.
- **Особливі рекомендації для вразливих груп:** Особи з хронічними захворюваннями дихальних шляхів чи серцево-судинної системи потребують додаткового захисту. Система EcoCity надає їм конкретні рекомендації щодо поведінки в умовах забрудненого повітря.

Таблиці 4.1 - 4.2 містять детальний опис рекомендованих заходів для різних рівнів забруднення, розроблених спеціально для досліджуваних територій.

Таблиця 4.1 – Заходи щодо попередження та запобігання впливу забруднення атмосферного повітря на населення за даними стаціонарних постів спостереження м. Миколаїв

Стационарные посты					Ключові рекомендації		
Пункт спостереження	Значення індексу якості повітря	Категорія якості повітря	Характеристика забруднення	Дії на відкритому повітрі			Дії на випадок загострення симптомів
1	2	3	4	5	6	7	
ПСЗ №1	100-150	III Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	Вміст у повітрі забруднюючих речовин у межах норми, проте уразливі та чутливі до забруднення категорії населення можуть мати наслідки для стану здоров'я при довготривалому впливі.	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Без потреби не провітрюйте приміщення	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі	
ПСЗ №2	200-300	V Дуже погана якість повітря	Усі категорії населення, включаючи уразливі групи населення можуть відчувати сильне загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я небезпеку навіть при короткостроковому впливі	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі, довготривалих прогулянок та інших подій на відкритому повітрі. Скористайтеся засобами захисту органів дихання	Без крайньої потреби не провітрюйте приміщення. Виконайте позачергове вологе прибирання.	Уникайте надмірної фізичної активності. Відстежуйте зміни самопочуття	

Продовження таблиці 4.1

Станіонарні пости						
1	2	3	4	5	6	7
ПС3 №2	200- 300	V Дуже погана якість повітря	Усі категорії населення, включаючи уразливі групи населення можуть відчувати сильне загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я небезпеку навіть при короткостроковому впливі.	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі, довготривалих прогулянок та інших подій на відкритому повітрі. Скористайтесь засобами захисту органів дихання.	Без крайньої потреби не провітрюйте приміщення. Виконайте позачергове вологе прибирання.	Уникайте надмірної фізичної активності. Відстежуйте зміни самопочуття
			Усі категорії населення, включаючи уразливі групи населення можуть відчувати сильне загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я небезпеку навіть при короткостроковому впливі.	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі, довготривалих прогулянок та інших подій на відкритому повітрі. Скористайтесь засобами захисту органів дихання.	Без крайньої потреби не провітрюйте приміщення. Виконайте позачергове вологе прибирання.	Уникайте надмірної фізичної активності. Відстежуйте зміни самопочуття

Продовження таблиці 4.1

Станіонарні пости						
1	2	3	4	5	6	7
ПС3 №3	200- 300	V Дуже погана якість повітря	Усі категорії населення, включаючи уразливі групи населення можуть відчувати сильне загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я небезпеку навіть при короткостроковому впливі.	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі, довготривалих прогулянок та інших подій на відкритому повітрі. Скористайтеся засобами захисту органів дихання.	Без крайньої потреби не провітрюйте приміщення. Виконайте позачергове вологе прибирання.	Уникайте надмірної фізичної активності. Відстежуйте зміни самопочуття
ПС3 №4	150- 200	IV Погана якість повітря	Вміст у повітрі забруднюючих речовин становить небезпеку при довготривалому впливі. Усі категорії населення можуть відчувати загострення рефлекторних реакцій та мати наслідки для здоров'я при довготривалому впливі.	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі та довготривалих прогулянок	Закрийте вікна. Без потреби не провітрюйте приміщення	Відстежуйте зміни самопочуття. Зверніться за консультацією до сімейного лікаря

Таблиця 4.2 – Заходи щодо попередження та запобігання впливу забруднення атмосферного повітря на населення за даними автоматизованих постів спостереження в системі EcoCity м. Миколаїв

Пості спостереження в системі EcoCity						
Пункт спостереження	Значення індексу якості повітря	Категорія якості повітря	Характеристика забруднення	Ключові рекомендації		
				Дії на відкритому повітрі	Дії у приміщеннях	Дії на випадок загострення симптомів
1	2	3	4	5	6	7
ПСЗ №1	150-200	IV Погана якість повітря	Вміст у повітрі забруднюючих речовин становить небезпеку при довготривалому впливі. Усі категорії населення можуть мати наслідки для здоров'я при довготривалому впливі.	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі та довготривалих прогулянок	Закрийте вікна. Без потреби не провітрюйте приміщення	Відстежуйте зміни самопочуття Зверніться за консультацією до сімейного лікаря
ПСЗ №2	0-50	I Добра якість повітря	Вміст у повітрі забруднюючих речовин у межах норми та не становить небезпеки.	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Зверніться за консультацією до сімейного лікаря

Продовження таблиці 4.2

Пості спостереження EcoCity						
1	2	3	4	5	6	7
ПСЗ №3	50-100	II Задовільна якість повітря	Вміст у повітрі забруднюючих речовин у межах норми та не становить небезпеки. У надзвичайно чутливих груп населення можуть виникнути дискомфорт та рефлекторні реакції – кашель, задишка тощо.	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі
ПСЗ №4	50-100	II Задовільна якість повітря	Вміст у повітрі забруднюючих речовин у межах норми та не становить небезпеки. У надзвичайно чутливих груп населення можуть виникнути дискомфорт та рефлекторні реакції – кашель, задишка тощо.	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Плануйте діяльність без спеціальних обмежень	Уникайте активної фізичної діяльності на відкритому повітрі

Отже, в залежності від рівня забруднення атмосферного повітря, реалізуються різноманітні заходи та рекомендації. Ступінь жорсткості цих рекомендацій залежить від рівня забруднення і може включати радикальні дії, такі як обмеження перебування на відкритому повітрі та використання засобів захисту для дихальних шляхів.

Основні рекомендації щодо покращення якості повітря:

- Слідкуйте за інформацією про якість повітря у вашій місцевості.
- Обмежуйте час перебування на вулиці в періоди поганої якості повітря.
- Закривайте вікна під час забруднення і провітрюйте приміщення, коли ситуація покращується.
- Дотримуйтесь рекомендацій щодо фізичної активності та прогулянок на свіжому повітрі відповідно до категорії якості повітря.

Ці дії спрямовані на зменшення негативного впливу забруднення на здоров'я людей і навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЗБИТКУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

5.1 Розрахунок розмірів відшкодування збитків за наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Порядок визначення розмірів відшкодування збитків від забруднення атмосферного повітря визначається Методикою розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами (юридичних і фізичних осіб) [57].

Розрахунок маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду забруднюючих речовин, віднесеного до основних джерел викидів, здійснюється за формулою:

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot (\rho_{Vi} - \rho_{V_{\text{норм}}}) \cdot q_v \cdot T, \quad (5.1)$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини, т;

ρ_{Vi} – середнє значення масової концентрації i -тої забруднюючої речовини, мг/м³;

$\rho_{V_{\text{норм}}}$ – значення затвердженого нормативу викиду i -тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, мг/м³;

q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду i -тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с;

або за формулою:

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot (q_{mi} - q_{m_{\text{норм}}}) \cdot T, \quad (5.2)$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини, т;

q_{mi} – середнє значення масової витрати i -тої забруднюючої речовини, г/с;

$q_{m \text{ норм}}$ – значення затвердженого нормативу викиду i -тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, г/с;

T – час роботи джерела викиду i -тої забруднюючої речовини в режимі наднормативного викиду, год.

Розрахунок маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду, який здійснюється без дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами визначається за результатами інструментально-лабораторних вимірювань за формулою:

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{Bi} \cdot q_v \cdot T, \quad (5.3)$$

де m_i – маса викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду (утворення) цієї забруднюючої речовини без дозволу, т;

ρ_{Bi} – середнє значення масової концентрації i -тої забруднюючої речовини за результатами вимірювань її вмісту в газопиловому потоці від джерела викиду (утворення) цієї забруднюючої речовини, мг/м³;

q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду (утворення) i -тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с;

T – час роботи джерела викиду (утворення) i -тої забруднюючої речовини без дозволу, год.

У разі невиконання в установлені в дозволі на викиди забруднюючих речовин терміни запланованих заходів щодо скорочення викидів забруднюючих речовин розрахунок маси наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря здійснюється за формулою:

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot (\rho_{B1} - \rho_{B2}) \cdot q_v \cdot T, \quad (5.4)$$

де m_i – маса наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря у разі невиконання в установлені терміни запланованих заходів, т;

ρ_{B1} – значення затвердженого граничнодопустимого викиду i -тої забруднюючої речовини, мг/м³;

ρ_{B2} – значення граничнодопустимого викиду i -тої забруднюючої речовини відповідно до законодавства, мг/м³;

q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду i -тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с;

T – час роботи джерела викиду i -тої забруднюючої речовини в режимі наднормативного викиду у разі невиконання в установлені терміни запланованих заходів, год.

Розмір відшкодування збитків за наднормативний викид однієї тонни забруднюючої речовини в атмосферне повітря розраховується на основі розміру мінімальної заробітної плати, установленої на час виявлення порушення, помноженої на коефіцієнт 1,1, з урахуванням регулювальних коефіцієнтів і показника відносної небезпечності кожної забруднюючої речовини.

Розмір збитків розраховується за формулою:

$$З = m_i \cdot 1,1П \cdot A_i \cdot K_T \cdot K_{zi}, \quad (5.5)$$

де $З$ – розмір збитків, грн;

m_i – маса i -тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно, т;

$1,1П$ – розмір мінімальної заробітної плати ($П$) на момент виявлення порушення за одну тонну умовної забруднюючої речовини, помноженої на коефіцієнт (1,1), грн/т;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої забруднюючої речовини;

K_T – коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості;

K_{zi} – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною.

Загальний розмір відшкодування збитків розраховується як сума розмірів збитків за наднормативний викид в атмосферне повітря кожної забруднюючої речовини.

Безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої забруднюючої речовини A_i визначається із співвідношення за формулою:

$$A_i = 1 : \text{ГДК}_i, \quad (5.6)$$

де ГДК_i – середньодобова граничнодопустима концентрація або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ) i -тої забруднюючої речовини, мг/м³.

Для речовин з ГДК більше одиниці в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10.

Для речовин, за якими відсутня величина середньодобової граничнодопустимої концентрації, при визначенні показника відносної небезпечності береться величина максимальної разової ГДК забруднюючої речовини в атмосферному повітрі.

Для речовин, за якими відсутні величини ГДК і ОБРВ, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500.

Коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості K_T , залежить від чисельності мешканців населеного пункту, його народногосподарського значення і розраховується за формулою:

$$K_T = K_{\text{нас}} \cdot K_{\text{ф}}, \quad (5.7)$$

де $K_{\text{нас}}$ – коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту та визначається згідно табл. 5.1;

$K_{\text{ф}}$ – коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту та визначається згідно табл. 5.2.

Коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною K_{zi} , визначається за формулою:

$$K_{zi} = \rho_{Vi} : \text{ГДК}_{\text{СД}i}, \quad (5.8)$$

де ρ_{Vi} – середньорічна концентрація i -тої забруднюючої речовини за даними прямих інструментальних вимірів на стаціонарних постах за попередній рік, мг/м³;

$ГДК_{сдi}$ – середньодобова гранична допустима концентрація i -тої забруднюючої речовини, мг/м³.

У разі якщо в даному населеному пункті інструментальні вимірювання концентрації даної забруднюючої речовини не виконуються, а також якщо рівні забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною не перевищують ГДК, значення коефіцієнта K_{zi} приймається рівним одиниці.

Табл. 5.1. Коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту

Численність населення, тис. чол.	$K_{нас}$
до 100	1,00
100,1 – 250	1,20
250,1 – 500	1,35
500,1 – 1000	1,55
більше 1000	1,80

Таблиця 5.2. Коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту

Тип населеного пункту	K_{ϕ}
Організаційно-господарські та культурно-побутові центри місцевого значення з перевагою аграрно-промислових функцій (районні центри, міста, селища районного підпорядкування) та села	1,00
Багатофункціональні центри, центри з перевагою промислових і транспортних функцій (республіканський та обласні центри, міста державного, республіканського, обласного значення)	1,25
Населені пункти, віднесені до курортних*	1,65

5.2 Приклад розрахунку при невиконанні у заплановані терміни заходів по досягненню нормативів ГДВ

На підприємстві по виробництву залізобетонних виробів м. Миколаїв проектом нормативів ГДВ передбачено встановлення другого ступеня очистки викидів від технологічного обладнання приготування бетону з терміном

виконання до 03 вересня 2021 року з метою зменшення концентрації пилу цементу з 1 г/м^3 до $0,05 \text{ г/м}^3$ по даному джерелу при об'ємній витраті газопилового потоку $30000 \text{ м}^3/\text{год}$.

При перевірці виконання вимог законодавства про охорону атмосферного повітря 12 жовтня 2018 року зафіксовано невиконання заходу. Контрольні інструментальні виміри показали, що концентрація пилу по цьому джерелу складає 1 г/м^3 . Потужність дозволеного викиду складає $0,05 \text{ г/м}^3$.

Установка працює 8 годин на добу при 5-ти денному робочому тижні. Розмір мінімальної заробітної плати на момент перевірки – 3723,00 грн.

Середньодобова граничнодопустима концентрація пилу цементу, ГДК = $0,02 \text{ мг/м}^3$. Чисельність населення в м. Миколаїв – до 100 тис. чоловік. В м. Миколаїв не проводяться спостереження за рівнями забруднення атмосферного повітря.

Визначити суму компенсації збитків за наднормативний викид забруднюючої речовини в атмосферне повітря.

Порядок розрахунку

Час роботи джерела в режимі наднормативного викиду складає:

$$T = 30 \text{ діб} \cdot 8 \text{ год.} = 240 \text{ годин.}$$

Маса наднормативного викиду пилу цементу розраховується за формулою (5.4):

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot (\rho_{B1} - \rho_{B2}) \cdot q_v \cdot T,$$

$$\text{де } \rho_{B1} = 1000 \text{ мг/м}^3; \rho_{B2} = 50 \text{ мг/м}^3;$$

$$q_v = 30000 \text{ м}^3/\text{год} = 8,333 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$m = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot (1000 - 50) \cdot 8,333 \cdot 240 = 6,84 \text{ тонн.}$$

Розмір відшкодування збитків за наднормативний викид розраховується за формулою (5.5):

$$З = m_i \cdot 1,1\Pi \cdot A_i \cdot K_T \cdot K_{zi}.$$

$\Pi = 3723,00 \text{ грн.}$ – розмір мінімальної заробітної плати на момент виявлення порушення;

Безрозмірний показник відносної небезпечності пилу цементу A_i визначається із співвідношення за формулою (5.6):

$$A_i = 1 : \text{ГДК}_i,$$

де $\text{ГДК} = 0,02 \text{ мг/м}^3$ – середньодобова граничнодопустима концентрація пилу цементу.

$$A = 1 : 0,02 = 50$$

Коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості K_T розраховується за формулою (5.7):

$$K_T = K_{\text{нас}} \cdot K_{\text{ф}},$$

де коефіцієнт $K_{\text{нас}} = 1,0$ визначається згідно табл. 5.1; коефіцієнт $K_{\text{ф}} = 1,0$ визначається згідно табл. 5.2.

$$K_T = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

Коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту K_{zi} , приймається рівним 1,0 тому, що в м. Миколаїв не проводяться спостереження за рівнями забруднення атмосферного повітря.

$$K_z = 1,0.$$

Розмір компенсації збитків складає:

$$З = 6,84 \cdot 1,1 \cdot 3723,00 \cdot 50 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1400592,60 \text{ гривень.}$$

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ В ЛАБОРАТОРІЯХ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

При виконанні кваліфікаційної роботи визначено шкідливі та небезпечні фактори при аналізі проблеми забруднення. Працівники, що проводять моніторинг та систематизацію даних щодо стану атмосферного повітря користуються санітарними нормами, що забезпечують безпеку при надзвичайних ситуаціях, а саме дотримуються відповідно до стандарту [54].

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на працівника лабораторії обробки даних щодо стану атмосферного повітря

В процесі своєї трудової діяльності всі працівники лабораторії обробки та систематизації даних моніторингу про стан атмосферного повітря піддаються впливу тих, чи інших небезпечних та шкідливих виробничих факторів. До основних виробничих факторів при роботі з комп'ютерною технікою у лабораторії належать:

1. Підвищений рівень електромагнітних випромінювань. Цей фактор може відноситися до роботи з електронною технікою, такої як комп'ютери, монітори, мобільні телефони.

2. Незадовільний мікроклімат у приміщенні. Це включає погану вентиляцію, недостатню або надмірну температуру, низьку вологість повітря. Необхідно забезпечити належну вентиляцію, оптимальну температуру та вологість, а також використовувати засоби індивідуального захисту (наприклад, одяг або пристрої для охолодження або зволоження повітря) [55].

3. Підвищений рівень шуму або вібрацій у приміщенні. Працівники можуть бути піддані впливу шуму або вібрацій, особливо якщо вони працюють з обладнанням, що генерує шум або вібрації. Для запобігання цьому можна використовувати захисні пристрої, такі як навушники або навушники, а також забезпечити ефективну ізоляцію від джерел шуму або вібрацій.

4. Недостатнє природне або технічне освітлення робочої зони: Відповідне освітлення є важливим для запобігання напруження зору та інших проблем зі здоров'ям. Дослідники повинні мати достатнє природне або штучне освітлення, а також коректно розташовувати світлові джерела.

5. Інтенсивність праці. Високий рівень навантаження на центральну нервову систему, монотонність роботи та інші фактори можуть впливати на здоров'я працівників. Необхідно регулярно виконувати перерви, фізичні вправи та забезпечити раціональний режим роботи для запобігання негативним наслідкам.

Ураження електричним струмом можуть бути небезпечними та призводити до серйозних травм на робочому місці. Причини уражень електричним струмом можуть включати: неналежне використання, старіння або пошкодження кабелів живлення, що може призвести до витоку електричного струму. Розетки та вилки, які не працюють належним чином, також можуть створювати небезпеку. Якщо ізоляція проводів або електричних пристроїв пошкоджена або зношена, то може виникнути небезпека ураження електричним струмом. Коротке замикання в електричних пристроях може призвести до великої кількості електричного струму, що створює небезпеку для працівників.

Ураження електричним струмом можуть мати наступні наслідки:

Електричний струм, що проходить через тіло людини, може призвести до нагрівання тканин, спричиняючи опіки та обвуглення. Проходження електричного струму через тіло може спричинити розкладання рідин у тканинах, що може вплинути на функціонування органів та тканин. Електричний струм може впливати на нервову систему та інші системи організму, призводячи до різних фізіологічних і патологічних змін.

Втома зору є однією з найпоширеніших проблем зі здоров'ям, пов'язаних із роботою зі статистичними методами та порівнянням даних. Це пояснюється тим, що тривале використання екрана комп'ютера може призвести до ряду проблем із очима, зокрема:

Напруга очей: це стан, який виникає, коли очі перевантажуються. Симптоми напруги очей включають головний біль, розмитість зору, сухість очей і втому.

Синдром комп'ютерного зору: це більш серйозний стан, який може призвести до незворотного пошкодження очей. Симптоми синдрому комп'ютерного зору включають напругу очей, головний біль, розмитість зору, двоїння в очах, сухість очей, біль у шиї та плечі [56].

Окрім зорової втоми, робота зі статистичними методами та порівняння даних може призвести до ряду інших фізичних та нервово-психічних стресів. До них належать:

Фізичний стрес: тривале сидіння може призвести до ряду фізичних проблем, включаючи біль у спині, шиї та плечах.

Нервово-психологічний стрес: тривала робота зі статистичними методами та порівняння даних може призвести до ряду нервово-психологічних проблем, включаючи тривогу, депресію та виснаження.

6.2 Вимоги до організації робочих місць користувачів ПК

Робоче місце - це просторова зона дії, оснащена технічними засобами, в якій здійснюється трудова діяльність працівника або групи працівників.

При розміщенні робочих місць з персональними комп'ютерами рекомендується дотримуватись певних відстаней між робочими столами з відеомоніторами. Згідно з нормативними вимогами, відстань між робочими столами з відеомоніторами у напрямі тилу поверхні одного і екрану іншого повинна бути не менше 2,0 метра. Це допомагає уникнути непотрібного перекриття візуального поля працівників і забезпечити комфортні умови сприйняття інформації [56].

Також рекомендується дотримувати відстань між бічними поверхнями відеомоніторів не менше 1,2 метра. Це дозволяє забезпечити достатнє просторове розташування між екранами, що сприяє зручності сприйняття візуальної інформації та запобігає впливу сусідніх екранів на очі працівників.

При розміщенні робочих місць з персональними комп'ютерами в приміщеннях з шкідливими виробничими факторами рекомендується використовувати ізольовані кабінки з організованим повітрообміном. Це допомагає зменшити вплив шкідливих факторів на працівників та створити безпечні умови праці.

Крім того, при виконанні творчої роботи, що вимагає значного розумового напруження або високої концентрації уваги, рекомендується ізолювати робочі місця з персональними комп'ютерами одне від одного за допомогою перегородок висотою 1,5-2,0 метра. Це дозволяє забезпечити незалежність працівників, що сприяє підвищенню продуктивності та якості роботи.

Щодо розміщення екрану відеомонітора, рекомендується розміщувати його на відстані 600-700 мм від очей користувача. Проте, відстань не повинна бути менше 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів на екрані. Це допомагає забезпечити оптимальну зону зорового сприйняття, комфорт при роботі з відеомонітором.

Важливою вимогою до організації робочих місць користувачів ПК, є конструкція робоча стола.

Робочий стіл повинен мати достатньо простору для розташування комп'ютера, клавіатури, миші, монітора та інших необхідних пристроїв. Рекомендується, щоб ширина столу була не менше 120 см, а глибина - не менше 80 см. Висота повинна бути належною, щоб користувач міг сидіти зручно і мати правильну позицію тіла. Рекомендується, щоб висота столу була на рівні ліктів користувача, коли він сидить зі стегнами паралельно підлозі. Однак, враховуйте індивідуальні потреби та зріст користувача.

Робочий стіл повинен бути стійким і надійним, щоб утримувати всі необхідні пристрої без ризику перекидання або пошкодження. Він має мати міцну конструкцію та стійкі ніжки. Бажано мати можливість регулювання висоти робочого столу, щоб адаптувати його до потреб користувача. Це дозволяє змінювати висоту столу відповідно до індивідуальних вимог і забезпечує зручність роботи в різних позиціях. Стіл повинен мати спеціальні вирізи або отвори для проведення кабелів та забезпечення належного розташування комп'ютера, монітора, клавіатури, миші та інших пристроїв. Це сприяє організації кабельного магістралювання та зберіганню робочого простору в порядку.

Робочий стіл повинен мати рівну, неглянцеву поверхню, яка не відбиває відблиски. Це допомагає уникнути надмірного напруження очей під час роботи з відеомонітором. Для комфорту працівника, робочі столи можуть мати додаткові функції, такі як вбудовані полиці, шухлядки або підставки для документів. Вони забезпечують зручність організації робочого простору та підвищують продуктивність.

6.3 Розробка заходів техніки безпеки

Для запобігання ураженням електричним струмом необхідно дотримуватись наступних заходів безпеки:

- завжди перевіряйте стан кабелів живлення, розеток та вилок перед використанням. Не використовуйте пошкоджені або ненадійні електричні пристрої;
- регулярно перевіряйте ізоляцію проводів та електричних пристроїв і вчасно замінюйте їх, якщо вони пошкоджені або зношені;
- встановлюйте пристрої захисту, такі як автоматичні вимикачі, розетки зі заземленням та інші системи, що зменшують ризик ураження;
- отримайте належну підготовку та навчання з питань електробезпеки та дотримуйтесь правил безпеки при роботі з електричними пристроями.

Загальний принцип полягає в тому, щоб уникати контакту з відкритими струмоведучими частинами та дотримуватись належних заходів безпеки для запобігання ураженню електричним струмом.

Для зменшення зорового напруження та негативного впливу дисплея рекомендується вживати наступні заходи:

- забезпечення належного освітлення робочого місця згідно з нормами та стандартами;
- уникання яскравих плям на робочій поверхні або екрані шляхом правильного розміщення джерел світла та використання антиблікових покриттів на екранах;
- регулярні перерви для очей, під час яких рекомендується зосереджувати погляд на віддалених об'єктах або виконувати вправи для очей. Сумарний час регламентованих перерв залежить від тривалості роботи, виду та категорії трудової діяльності з використанням ПК (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 Сумарний час регламентованих перерв залежно від тривалості роботи, виду та категорії трудової діяльності з ПК

Категорія роботи з ПК	Сумарний час регламентованих перерв, хв	
	при 8-годинній зміні	при 12-годинній зміні
I (сумарна кількість прочитуваних знаків за робочу зміну, яка не перевищує 60 тисяч знаків за зміну)	50	80
II (сумарна кількість зчитуваних або введених знаків за робочу зміну, яка не перевищує 40 тисяч знаків за зміну)	70	110
III (сумарний час безпосередньої роботи з ПК за робочу зміну, який не перевищує 6 годин за зміну)	90	140

Для попередження передчасної стомлюваності користувачів ПК рекомендується організовувати робочу зміну шляхом чергування робіт з використанням персонального комп'ютера і без нього.

- використання екранів з належною якістю зображення та контрастністю;
- забезпечення належної вентиляції приміщення для зменшення сухості очей;
- використання спеціальних антиблікових окулярів або захисних екранів для зменшення впливу відблисків та мерехтіння;
- здійснення регулярних оглядів зору та консультацій з офтальмологом для виявлення та виправлення проблем.

Виконання цих заходів може допомогти зменшити зорове напруження та негативний вплив на очі при роботі з екранами та забезпечити комфортні умови праці.

ВИСНОВКИ

У виконаній науковій роботі проведено оцінку та аналіз якості атмосферного повітря за даними автоматизованих та дистанційних систем спостереження.

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розглянуто загальну характеристику стану забруднення атмосферного повітря на території України та Миколаївської області. Було встановлено, що найбільшими джерелами забруднення атмосферного повітря в Україні є промислові підприємства, енергетичний сектор та транспорт, а в Миколаївській області переважаючим є пересувні джерела забруднення. Встановлено, що основними забруднюючими речовинами є тверді частки (РМ), оксиди азоту та діоксиди вуглецю.

2. Описано сучасний стан системи моніторингу атмосферного повітря на території України та Миколаївської області. Визначили, що на території України застосовуються автоматизовані системи моніторингу забруднення, які використовуються для вимірювання та збору даних про якість повітря в режимі реального часу.

3. Встановлено, що на час військового стану у країні інформація стосовно стану забруднення атмосферного повітря не висвітлюється в засобах масової інформації, тому в таких випадках для аналізу використовуються методи оцінки рівнів забруднень атмосферного повітря з використанням автоматизованих та дистанційних систем спостережень.

4. Детально розглянуто динаміку викидів забруднюючих речовин стаціонарними та пересувними джерелами. Визначено, що з кожним роком викиди ЗР як від стаціонарних так і від пересувних джерел знижуються. Ймовірно, це пов'язано з рядом факторів, зокрема впровадженням екологічних норм, використанням чистіших видів палива та розробка більш ефективних технологій. Незважаючи на ці позитивні тенденції, все ще існує ряд проблем, які необхідно вирішити для подальшого скорочення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в Україні.

5. За результатами аналізу та оцінки якості повітря на території України та Миколаївської області, встановлено, що для повітряного простору м. Миколаєва характерне перевищення гранично допустимих концентрацій небезпечних політантів (формальдегід, діоксид азоту, оксид вуглецю). Характерним є не лише перевищення рівня середньодобових гранично допустимих концентрацій, а й максимально разових концентрацій. Особливо велика кратність перевищення ГДКс.д. (до 8 разів і вище) характерна для формальдегіду. Перевищення гранично допустимих концентрацій більш характерне для весняно-осіннього періоду.

Аналізуючи дані з автоматизованої системи спостережень EcoCity, бачимо, що протягом досліджуваного періоду якість атмосферного повітря перебувала в межах норми. Це може свідчити про ефективність заходів, спрямованих на контроль і зменшення забруднення довкілля, або про природні фактори, які підтримують чистоту повітря у досліджуваній області.

Додатково також проаналізовано рівень основних забруднюючих речовин з використанням геоінформаційної системи Ventusky. За результатами порівняння даних, побудовано кореляційну матрицю та було встановлено, що сезонні зміни також впливають на зв'язок між метеорологічними показниками та рівнями забруднення. Наприклад, взимку, коли використання опалення досягає піку, підвищений попит на енергію може призвести до збільшення викидів забруднюючих речовин. У літній період ситуація може змінюватися: підвищення температури та активні вітри можуть сприяти розсіянню забруднення.

6. На основі отриманих результатів оцінки якості повітря для кожної території дослідження, залежно від рівня забруднення, було розроблено заходи та рекомендації щодо запобігання та зниження впливу забруднення атмосферного повітря на населення. Для деяких територій такі рекомендації включають радикальні заходи, такі як уникання перебування на відкритому повітрі та використання засобів захисту органів дихання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яценко Ю., Шевченко О., Сніжко С. Класифікація міст України за рівнем забруднення атмосферного повітря. Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Серія: Географія. 2017. № 3 (68). 4 (69). С. 25 – 30
2. Беяева И. В., Орлова С.А., Боробова Н.А. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха города Донецка формальдегидом
Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Сб. трудов междунар. науч.-практ. конф., Донецк, 26–28 мая 2010 г. Донецьк, 2010. С. 78–82.
3. Гомонай В. І., Лобко В.Ю., Ходаковский В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України Еколог. вісн. 2007. № 1 (41). С. 10–12.
4. Сніжко С. І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. К.: Обрії, 2011. 297 с.
5. Сніжко С. І., Шевченко О.Г., Данілова Н.О. Оцінка сучасного рівня та тенденцій забруднення формальдегідом атмосферного повітря міст України. Укр. гідрометеоролог. журн. 2014. Вип. 15. С. 5–15.
6. Сніжко С., Шевченко О., Яценко Ю., Данілова Н. Особливості часових змін концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі міст України. Вісн. Київ. ун-ту. Військово-спеціальні науки. 2016. Вип. 2(35). С. 24–29.
7. Шевченко О. Г., Кульбіда М.І. Сніжко С.І. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. Укр. гідрометеоролог. журн. 2014. № 14. С. 25–34.
8. Snizhko S., Shevchenko O., Jacenko Ju., Danilova N. Osoblyvosti chasovyh zmin koncentracij formal'degidu v atmosfernomu povitri mist Ukrai'ny. Visn. Kyi'vs'kogo universytetu. Vijs'kovo-special'ni nauky. 2016. Vyp. 2(35). P. 24–29
9. Кліматичні дані по м. Миколаїв за період з 1899 року. Електронний ресурс: URL: https://meteo.gov.ua/ua/33345/cli-mate/climate_stations/153/23/
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища

в Миколаївській області у 2019 році. Миколаїв, 2020. 175 с.

11. Екологічна енциклопедія: У 3 т. Толстоухов А.В. та ін. Київ: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006. Т. 1, 2007 Т. 2, 2008 – Т. 3.

12. Стан навколишнього природного середовища м. Миколаїв. Електронний ресурс: URL: <https://mkrada.gov.ua/content/stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha.html>

13. Клімат м. Миколаїв. Електронний ресурс: URL: <https://www.meteo-blue.com/ru/historyclimate/climatemodelled/> Николаев_Украина_700569

14. Викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення за регіонами (2016-2020). Державна служба статистики України. Електронний ресурс: URL: <http://ukrstat.gov.ua/>

15. Гомонай В. І., Лобко В.Ю., Ходаковский В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України Еколог. вісн. 2007. № 1 (41). С. 10–12

16. STATUS OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN UKRAINE PRIOR TO THE FULL-SCALE RUSSIAN INVASION. PART 2: POLLUTANTS TOTAL CONTENT ACCORDING TO THE SATELLITE DATA M. V. Savenets, L. M. Nadtochii, T. V. Kozlenko, K. M. Komisar, N. S. Zhemera

17. Institute for the Study of War. *Ukraine Conflict Updates*; Press ISW: Oxford, UK, 2022; Електронний ресурс: URL: <https://www.understandingwar.org/backgroundunder/ukraine-conflict-updates> .

18. Sannigrahi, S.; Kumar, P.; Molter, A.; Zhang, Q.; Basu, B.; Basu, A.S.; Pilla, F. Examining the status of improved air quality in world cities due to COVID-19 led temporary reduction in anthropogenic emissions. *Environ. Res.* 2021, 196, 110927.

19. Liu, F.; Wang, M.; Zheng, M. Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health. *Sci. Total Environ.* 2021, 755, 142533.

20. Mankoff, J.; Centre for Strategic and International Studies. Russia's War in Ukraine: Identity, History, and Conflict. 2022. Електронний ресурс: URL: www.csis.org/analysis/russias-war-ukraine-identity-history-and-conflict

21. Wan, K., Shackley, S., Doherty, R. M., Shi, Z., Zhang, P., & Golding, N. (2020). Science-policy interplay on air pollution governance in China. *Environmental Science & Policy*, 107, 150-157. doi:10.1016/j.envsci.2020.03.003

22. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2019 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2020. 44 с

23. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2020 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2020. 43 с. Електронний ресурс: URL: http://cgosreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn= u_zabrud&f=Ukraine

24. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році, 514 с. Електронний ресурс: URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>

25. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2022 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2022. 37 с. Електронний ресурс: URL: http://www.cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/images/ОГЛЯД_2022.pdf

26. Yu.O. Krykhtina, S.M. Dombrovska, S.V. Maistro, S.V. Stankevych. Review of public policy for reducing the transport environmental impact. *Ukraine Journal of Ecology*, 2021, 11(2). Ecological Risk Assessment, doi:10.15421/2021_63

27. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області. Електронний ресурс: URL: <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/ regionalreport/>

28. Екологічний паспорт Миколаївської області. Електронний ресурс: URL: <https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1631168384.pdf>

29. Вплив пересувних та стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин на якість атмосферного повітря в місті Києві в 2009-2010 роках / Н.С. Клебанова, Д.О. Клебанов // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр. — 2011. — Вип. 260. — С. 235-

249. — Бібліогр.: 11 назв. — укр.

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

31. Сніжко С. І., Шевченко О.Г., Данілова Н.О. Оцінка сучасного рівня та тенденцій забруднення формальдегідом атмосферного повітря міст України. Укр. гідрометеоролог. журн. 2014. Вип. 15. С. 5–15.

32. Сніжко С., Шевченко О., Яценко Ю., Данілова Н. Особливості часових змін концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі міст України. Вісн. Київ. ун-ту. Військово-спеціальні науки. 2016. Вип. 2(35). С. 24–29.

33. Кіптенко Є. М., Козленко Т.В. Прогнозування рівня високого забруднення атмосферного повітря у містах України. Наук. Пр. УкрНДГМІ. – 2002. Вип. 250. с. 288-297

34. Сафранов Т.А., Адаменко Я.О., Приходько В.Ю., Шаніна Т.П., Чугай А.В., Колісник А.В. Системний аналіз якості навколишнього середовища. Підручник. Одеса: Екологія, 2015. 244 с.

35. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201. Електронний ресурс: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>

36. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.

37. Магась Н.І., Соченінова І.О. Аналіз застосування сучасних інформаційних систем для моніторингу якості атмосферного повітря. Матеріали Четвертої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Євроінтеграція екологічної політики України». Одеса: Одеський державний екологічний університет. 2022, с. 153-157

38. Карта моніторингу якості повітря. Електронний ресурс: URL: <https://eco-city.org.ua/>

39. Дистанційний моніторинг. Електронний ресурс: URL: https://www.fiatu.com.ua/it-technology/remote_monitoring/

40. Savchuk S., Kalynych I., Prodanets I. Creation of ZAKPOS active network reference stations for Transcarpatian Region of Ukraine // Int. Symp. Global Navigation Satellite Systems, Spacebased and Ground-based Augmentation Systems and Applications, Berlin, 11—14 November 2008. — EUPOS Presentations

41. Шевченко О. Г., Кульбіда М.І. Сніжко С.І. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. Укр. гідрометеоролог. журн. 2014. № 14. С. 25–34.

42. Snizhko S., Shevchenko O., Jacenko Ju., Danilova N. Osoblyvosti chasovyh zmin koncentracij formal'degidu v atmosfernomu povitri mist Ukrai'ny. Visn. Kyi'vs'kogo universytetu. Vijs'kovo-special'ni nauky. 2016. Vyp. 2(35). P. 24–29

43. Берлянд М. Е. Исследование атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Современные исследования Главной Геофизической обсерватории. СПб., 2001. Т.2. С.117-145.

44. Екологічне картографування та основи ГІС-технологій : навч. посіб./ за ред. А. П. Багмет. Житомир, 2010. 256 с.

45. Картографічна діяльність. Збірник нормативних документів. Вінниця, 2009. 308 с.

46. Ставровський А.Б., Карнаух Т.О., Ямборак Р.В. Алгоритми і структури даних в розробці електронної карти міста : навч. посіб. К., 2002. 72 с.

47. Карта моніторингу якості повітря. Електронний ресурс:
<https://www.ventusky.com>

48. Access, Visualization, and Interoperability of Air Quality Remote Sensing Data Sets via the Giovanni Online Tool. URL:
https://www.researchgate.net/publication/224137516_Access_Visualization_and_Interoperability_of_Air_Quality_Remote_Sensing_Data_Sets_via_the_Giovanni_Online_Tool

49. Стан атмосферного повітря у м. Миколаїв. Електронний ресурс: URL:
<https://ecolog.mk.gov.ua/ua/standovk/air/>

50. Магась Н.І. Соченінова І.О. Оцінка рівня забруднення повітряного басейну в місті Миколаєві. «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»: Матеріали

II Міжнародної науково-практичної конференції, Полтава. 2021р. с.219-223

51. SaveEcoBot. Єдиний в Україні екологічний чат-бот URL: <https://www.saveecobot.com/>

52. SaveDnipro. URL: <https://www.savednipro.org/>

53. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Електронний ресурс: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>

54. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Електронний ресурс: URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#n254>.

55. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Електронний ресурс: URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

56. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. Електронний ресурс: URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>.

57. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Наказ охорони навколишнього природного середовища України від 10.12.2008 р. № 639. Електронний ресурс: URL: <http://zakon.rada.gov.ua>

58. Leuchner, M. et al. (2016). Seasonal and Diurnal Variation of Formaldehyde and its Meteorological Drivers at the GAW Site Zugspitze. Aerosol Air Qual. Res, 16, pp. 801-815.

59. Wu, Y. et al. (2023). Measurement report: Production and loss of atmospheric formaldehyde at a suburban site of Shanghai in summertime. Atmos. Chem. Phys., 23, pp. 2997–3014