

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

« 16 » червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **Оцінка екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря у м. Миколаїв**

Виконала студентка 4 курсу, групи 4271з

(підпис)

Петренко Т.М.

Керівник роботи:

доцент кафедри екології та

природоохоронних технологій

к.т.н, доцент

(підпис)

Магась Н.І.

Миколаїв 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Факультет: економіки та екології моря
Кафедра: екології та природоохоронних технологій
Спеціальність: 101 «Екологія»
Освітня програма: Екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


«__» _____ 2025 року

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

Студентці Петренко Тетяні Миколаївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря у м. Миколаїв

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

затверджені наказом ректора № _____ від «_____» _____ 2025 р.

2. Термін подання роботи: 16.06.2025

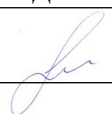
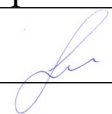
3. Вихідні дані по роботі: регіональні доповіді та статистичні дані про рівень забруднення атмосферного повітря у Миколаївській області, нормативно-правові акти про систему моніторингу за якістю повітря в Україні, відомості про систему та пости спостереження за якістю повітря у м. Миколаїв, методики оцінювання якості повітря та екологічного ризику від забруднення

4. Перелік питань, що належать до розробки: аналіз та характеристика стану системи моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаїв, аналіз методів оцінки рівня забруднення повітря та методик оцінки екологічного ризику, аналіз та оцінка сучасного стану забруднення атмосферного повітря, оцінка екологічного ризику забруднення атмосфери для здоров'я населення.

5. Перелік презентаційних матеріалів:

Презентація – 16 аркушів А4

6. Консультанти розділів роботи

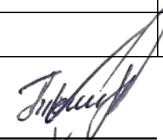
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Маринець О. М., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 04.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел за темою дослідження, актуальність дослідження якості атмосферного повітря	27.02.25	Виконано
2	Характеристика системи моніторингу атмосферного повітря	17.03.25	Виконано
3	Аналіз методів оцінки рівня забруднення, методик оцінки екологічного ризику від забруднення атмосфери	08.04.25	Виконано
4	Аналіз та оцінка сучасного стану забруднення атмосферного повітря	29.04.25	Виконано
5	Оцінка екологічного ризику забруднення атмосфери для здоров'я населення	12.05.25	Виконано
6	Подання КР на допуск до захисту	16.06.25	Виконано
7	Захист КР	23.06.25	Виконано

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Петренко Т.М.

(прізвище та ініціали)

Магась Н.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Петренко Т.М. Оцінка екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря у м. Миколаїв.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання оцінки та аналізу рівня забруднення повітряного басейну м. Миколаїв основними забруднюючими речовинами. За результатами екологічного моніторингу стану атмосферного повітря в м. Миколаєві здійснено комплексний аналіз забруднення поллютантами повітряного простору міста, визначено індекс забруднення атмосферного повітря у 2019-2024 рр. Представлено результати оцінки екологічних ризиків для населення урбанізованих територій. Проаналізовано річну динаміку потенційних ризиків для здоров'я населення. Визначено райони міста Миколаїв з найбільшим потенційним ризиком для здоров'я населення від забруднення атмосфери.

Ключові слова: забруднення атмосфери, індекс забруднення атмосфери, екологічний ризик, токсичний ефект, хронічна інтоксикація.

SUMMARY

Petrenko T.M. Assessment of environmental risk from air pollution in Mykolaiv.

The qualification work presents the results of analyzing environmental problems, assessment and analysis of the level of pollution of the air basin of Mykolaiv by the main pollutants. According to the results of environmental monitoring of the state of atmospheric air in Mykolaiv, a comprehensive analysis of pollution of the city's airspace by pollutants, and the air pollution index was determined. air pollution index in 2019-2024. the results of environmental risk assessment for the population of urbanized areas. The following are analyzed the annual dynamics of potential risks to public health. It was determined the districts of Mykolaiv city with the highest potential risk to public health from air pollution.

Keywords: air pollution, air pollution index, environmental risk, toxic effect, chronic intoxication.

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Фізико-географічне положення і кліматичні особливості	10
1.2 Основні джерела забруднення атмосферного повітря на території м. Миколаїв	16
1.3 Коротка характеристика мережі спостережень за забрудненням атмосфери	20
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА НАСЕЛЕННЯ	25
2.1 Характеристика чинників, що впливають на рівень забруднення атмосферного повітря	25
2.2 Методика оцінки рівня забруднення атмосферного повітря	31
2.3 Методика оцінки ризику для здоров'я населення в залежності від якості атмосферного повітря	33
РОЗДІЛ 3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. МИКОЛАЇВ	40
3.1 Аналіз динаміки забруднення атмосфери пилом	40
3.2 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом сірки	43
3.3 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом азоту	45
3.4 Аналіз динаміки забруднення атмосфери оксидом вуглецю	47
3.5 Аналіз динаміки забруднення атмосфери формальдегідом	48
3.6 Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв	49
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	50
4.1 Оцінка потенційного ризику для здоров'я населення при хронічному впливі забруднення атмосфери	50

4.2 Оцінка ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря	51
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ В ЛАБОРАТОРІЯХ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ	54
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на працівника лабораторії обробки даних щодо стану атмосферного повітря	54
5.2 Вимоги до організації робочих місць користувачів ПК	56
5.3 Розробка заходів техніки безпеки	58
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	63

ВСТУП

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 NO₂ 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].

Стрімке зростання чисельності населення та високий рівень споживчого попиту спричиняють загострення проблеми забруднення атмосферного повітря. Основними факторами, що призводять до його забруднення, є урбанізація, виробництво енергії, важка промисловість (виписка чавуну та сталі, виробництво цементу, спалювання відходів, хімічна промисловість) та автотранспорт. Крім того, швидкий приріст населення і вплив забруднювальних речовин негативно позначаються на довкіллі та здоров'ї людей. За визначенням ВООЗ, забруднення повітря є найбільшим екологічним ризиком для здоров'я у світі. Близько 92 % населення Землі дихає повітрям, рівень забруднення якого перевищує допустимі норми. В Україні щорічно через забруднення повітря помирає близько 14 400 осіб. Забруднення повітря разом зі зміною клімату становить одну з найсерйозніших загроз глобальному здоров'ю: за оцінками ВООЗ, щороку близько 7 мільйонів людей у світі гине через вплив забрудненого повітря. Миколаїв як промислове, портове і туристичне місто України зазнає значного техногенного навантаження на атмосферне повітря. 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 бакалавра є аналіз рівня забруднення повітряного басейну м. Миколаїв основними забруднюючими речовинами та оцінка ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

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

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- дати загальну характеристику фізико-географічних і кліматичних особливостей м. Миколаїв;
- проаналізувати сучасний стан забруднення повітряного басейну м. Миколаїв;
- виконати просторо-часовий аналіз та оцінку рівня забруднення повітряного басейну м. Миколаїв основними забруднюючими речовинами;
- виконати оцінку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення повітря;
- виконати оцінку ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря.

Об'єктом дослідження є повітряний басейн м. Миколаїв, предметом дослідження – оцінка ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фізико-географічне положення і кліматичні особливості

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 [9]. 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 [10].

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

Циклонічна діяльність найбільш інтенсивна в зимовий період і восени. Зимово неодноразово відмічається вторгнення морського тропічного повітря, обумовленого рухом циклонів з боку Середземного моря, які народжують сильні і 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% [11, 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 [11-13].

На рисунку 1.1 приведена роза вітрів, що характерна для м. Миколаїв, а на рисунку 1.2 – характеристика та кількість днів у місяць, протягом яких швидкості вітру досягає певного значення.

Кількість опадів, що випадають на даній території, мають сезонний характер. Середньорічні опади в районі м. Миколаєва приведені на рисунку 1.3 та рисунку 1.4, де чітко прослідковується, що атмосферні опади нерівномірно розподіляються за порами року. 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% [10].

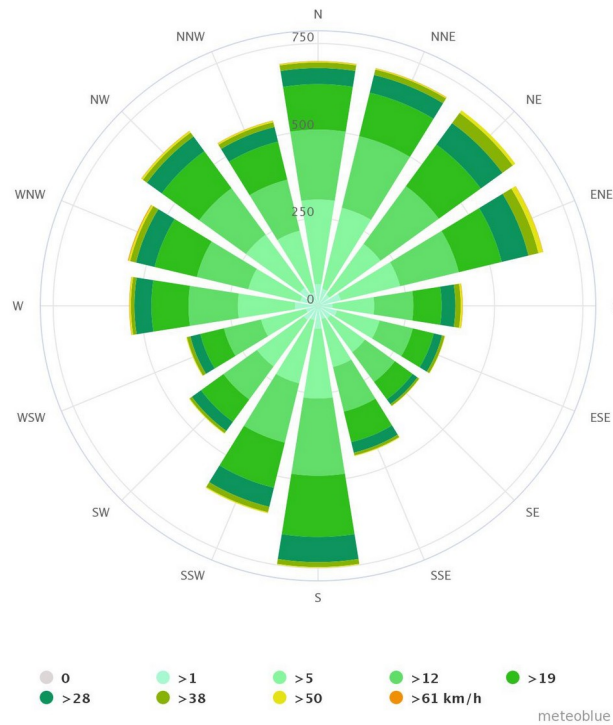


Рис. 1.1 – Роза вітрів та повторюваність напрямків вітру
в районі м. Миколаїв, % [13]

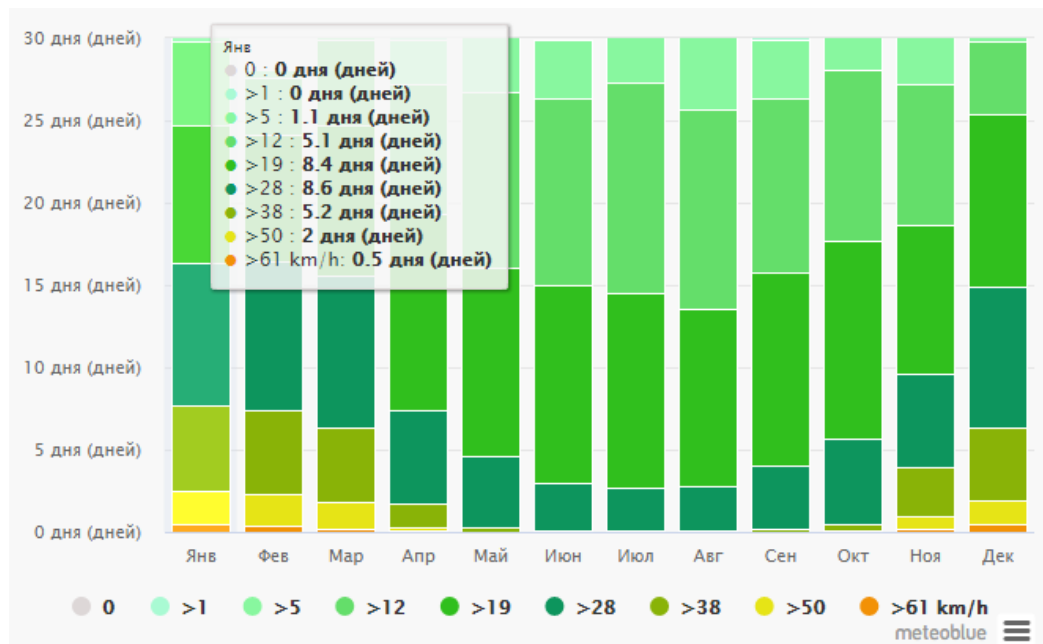


Рис. 1.2 – Характеристика швидкості вітру на території м. Миколаїв [12-13]

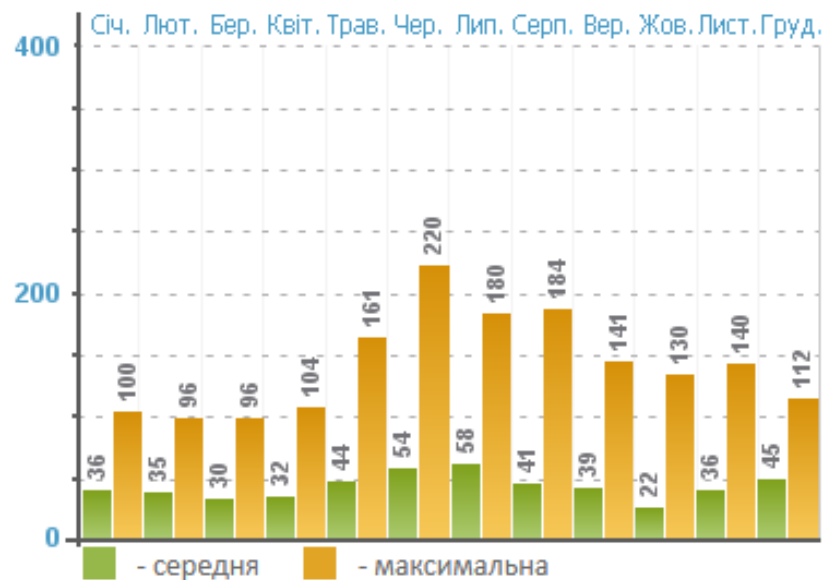


Рис. 1.3 – Середня місячна і максимальна кількість опадів (мм) з поправками на змочування у м. Миколаїв [12, 13]

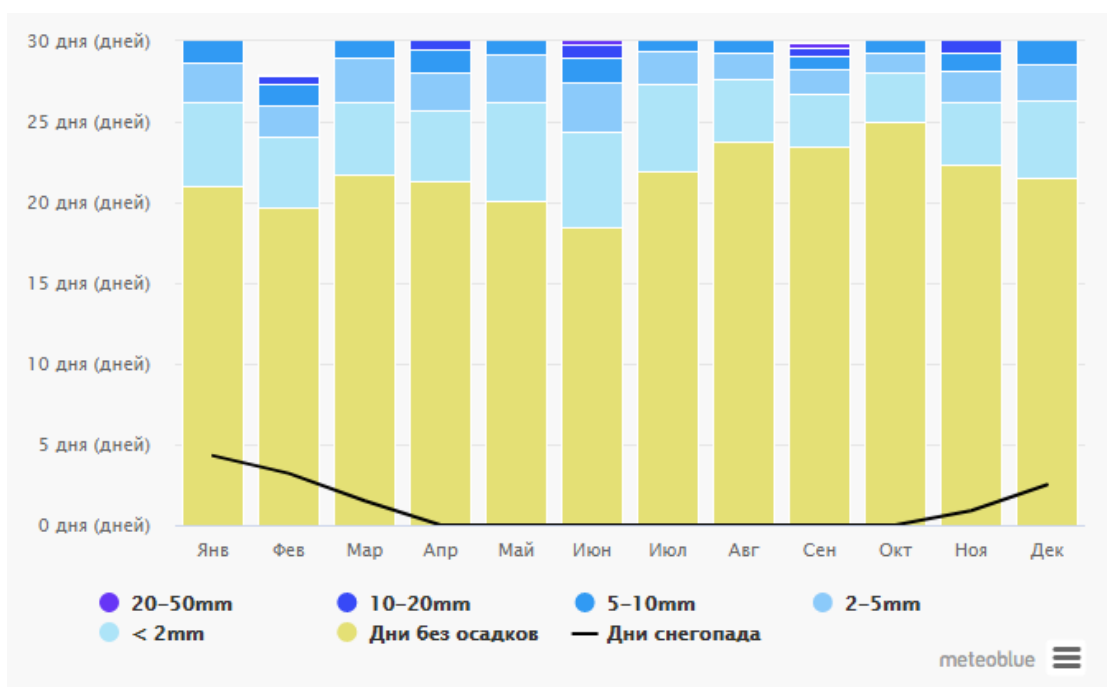


Рис. 1.4 – Кількість опадів у м. Миколаєві [12, 13]

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.

На рисунку 1.5 показано кількість сонячних, частково хмарних та туманних днів, а також днів випадання опадів протягом року у м. Миколаїв.

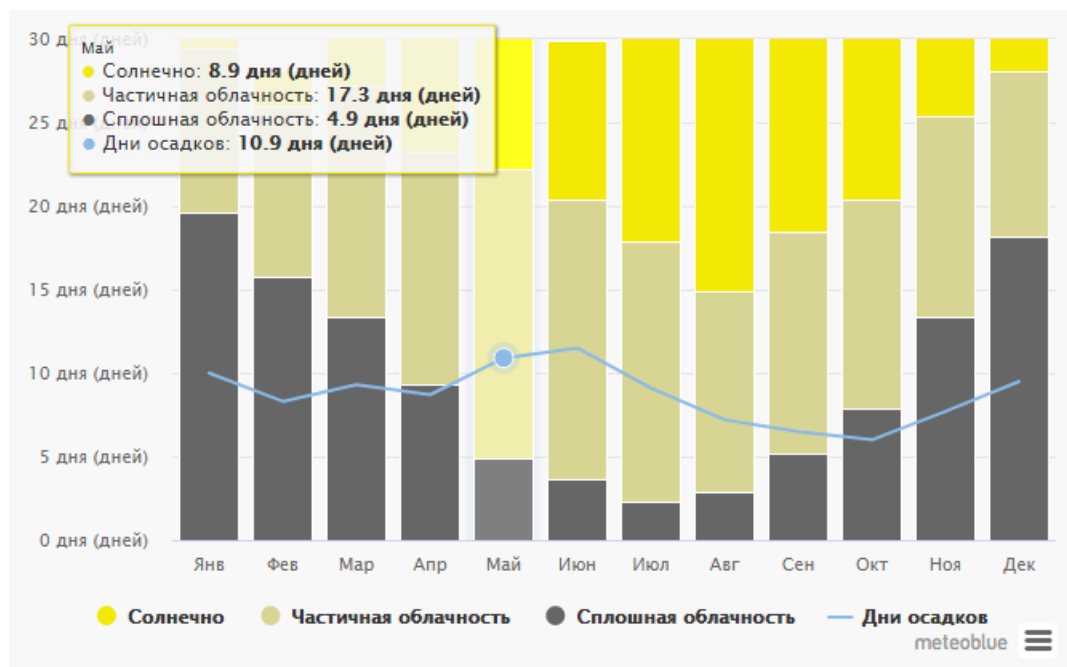


Рис. 1.5 – Кількість сонячних, хмарних та туманних днів, а також днів випадання опадів у м. Миколаєві [12, 13]

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 (рис. 1.6). Середня температура найбільш холодного періоду (січень-лютий) становить – 2,1°C. Абсолютний максимум температури – плюс 40,1 °C, абсолютний мінімум – мінус 29,7 °C [11, 12].

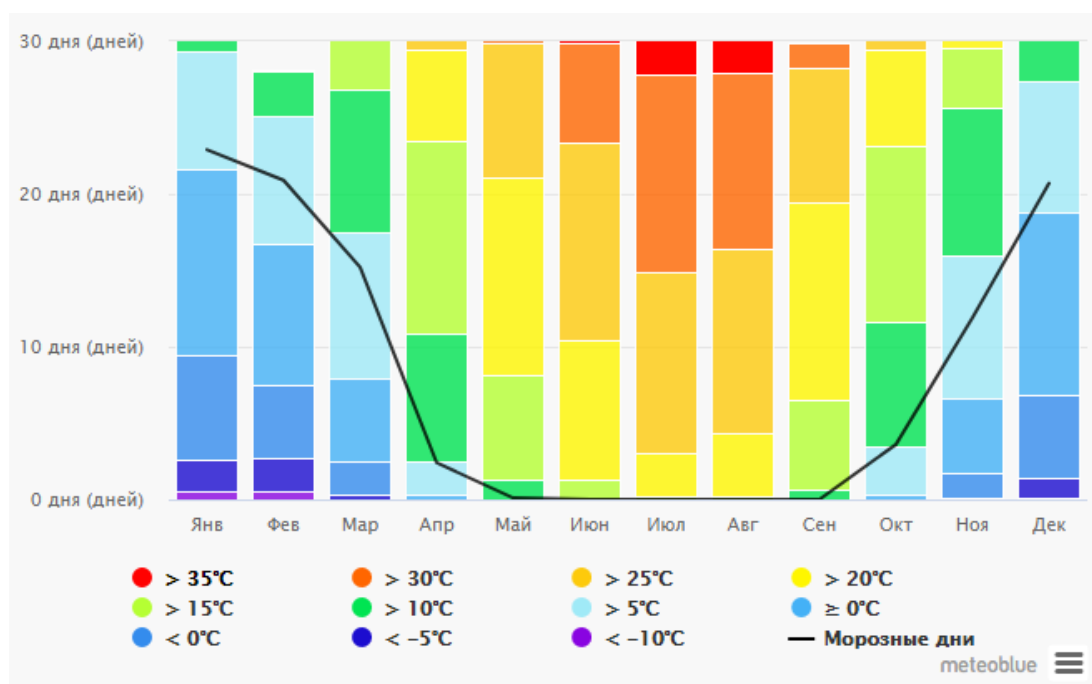


Рис. 1.6. Максимальні температури в м. Миколаїв [12, 13]

Основні метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, за даними Миколаївського обласного центру із гідрометеорології [12] представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному **повітрі**

Назва характеристик	Показник
Коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, А	200,0
Коефіцієнт рельєфу місцевості, η	1,0
Середня максимальна температура атмосферного повітря найбільш жаркого місяця року, Т, °С	24,4
Середня температура атмосферного повітря найбільш холодного періоду, Т, °С	-2,4
Середньорічна роза вітрів, %:	
Пн	20,4
ПнС	14,2
С	14,4
ПдС	7,3
Пд	12,4
ПдЗ	8,5
З	10,0
ПнЗ	12,8

1.2 Основні джерела забруднення та стан атмосферного повітря у м. Миколаїв

Стан атмосферного повітря є одним із головних факторів у формуванні сприятливих умов навколишнього природного середовища. До повітряного басейну міста 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 високим забрудненням атмосфери.

Згідно даних статистичної звітності, станом на 01.01.2024 р., на території Миколаївської області понад 445 суб'єктів господарювання у процесі діяльності здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. 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 %) [8, 9, 10, 4]. 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 від стаціонарних об'єктів (рис. 1.7). На рис. 1 відображено дані про викиди від автомобільного транспорту, які розраховано на основі статистичних даних про обсяг роздрібного продажу світлих нафтопродуктів і газу через АЗС (№1-торг (нафтопродукти)) та про кінцеве використання палива автомобільним транспортом юридичних осіб (№4-мтп (річна)) [12].

До початку воєнних дій, значна частина забруднення припадала на транзитний транспорт, що курсував містом до портів та перевантажувальних терміналів. З початком воєнних дій кількість вантажних перевезень значно зменшилась, що вплинуло на загальну кількість викидів від пересувних джерел по області.

Порівнюючи щорічні дані про викиди від стаціонарних джерел по області в цілому (рис. 1.8), чітко бачимо, що м. Миколаїв за обсягами посідає перше місце серед інших міст регіону, а об'єм викидів складає більше 30 % від загальних викидів по області. Загальні обсяги викидів ЗР у довоєнний період збільшувались, в першу чергу, за рахунок збільшення викидів у м. Миколаїв. Тимчасова зупинка роботи більшості підприємств в області у зв'язку з воєнними діями призвели до різкого зменшення об'ємів викидів.

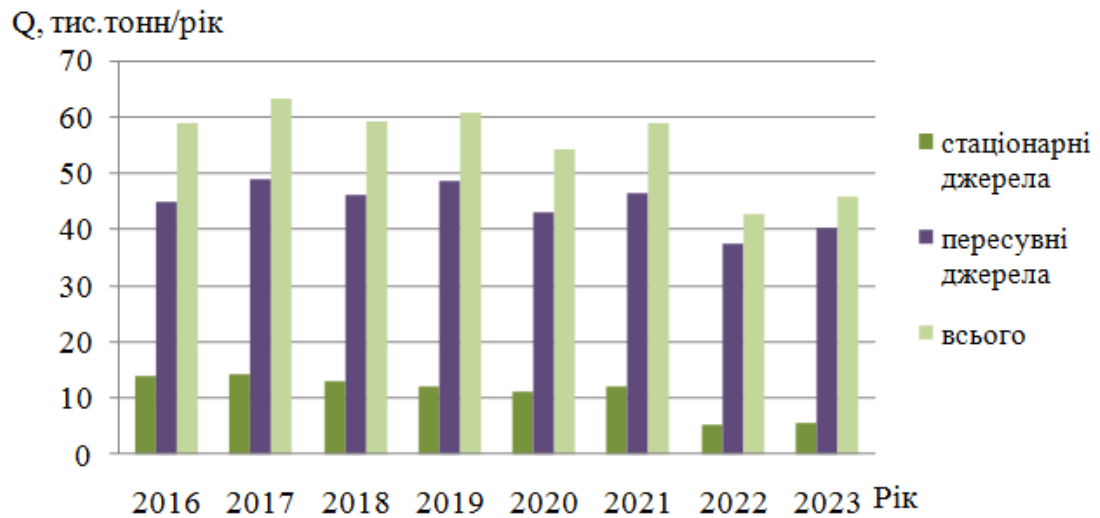


Рис. 1.7 – Динаміка викидів ЗР в атмосферне повітря на території Миколаївської області [9, 11, 14, 15]

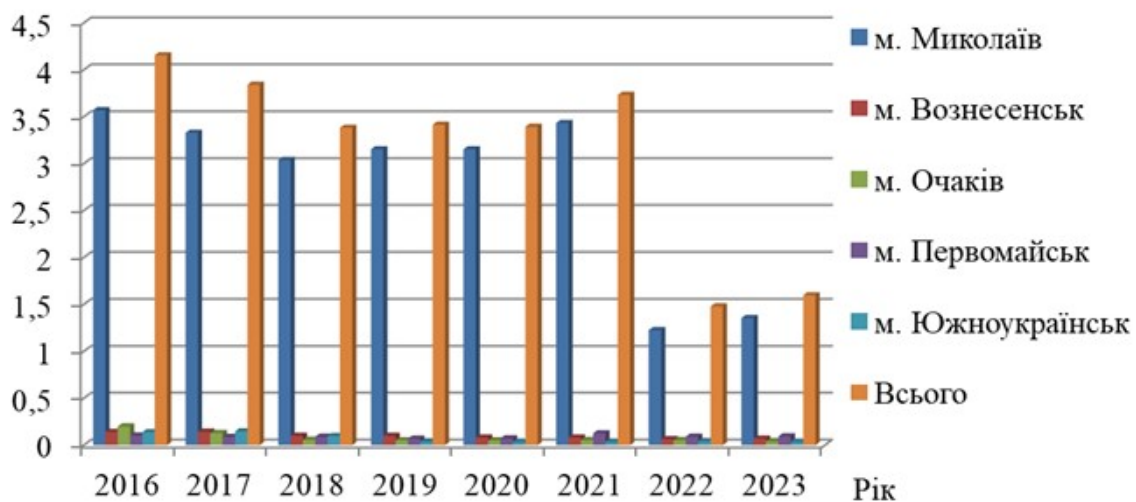


Рис. 1.8 – Обсяги викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Миколаївської області [9, 14]

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% [4, 8, 10]. На рисунку 1.9 показано співвідношення шкідливих забруднюючих речовин у викидах стаціонарних джерел.



Рис. 1.9 – Хімічний склад викидів шкідливих речовин від стаціонарних джерел за даними 2023 року, % [за даними 8, 10, 11]

Цікавим також є аналіз динаміки викидів основних забруднюючих речовин. На рисунку 1.10 наведено відомості щодо обсягів викидів цих речовин від стаціонарних джерел за багаторічний період.

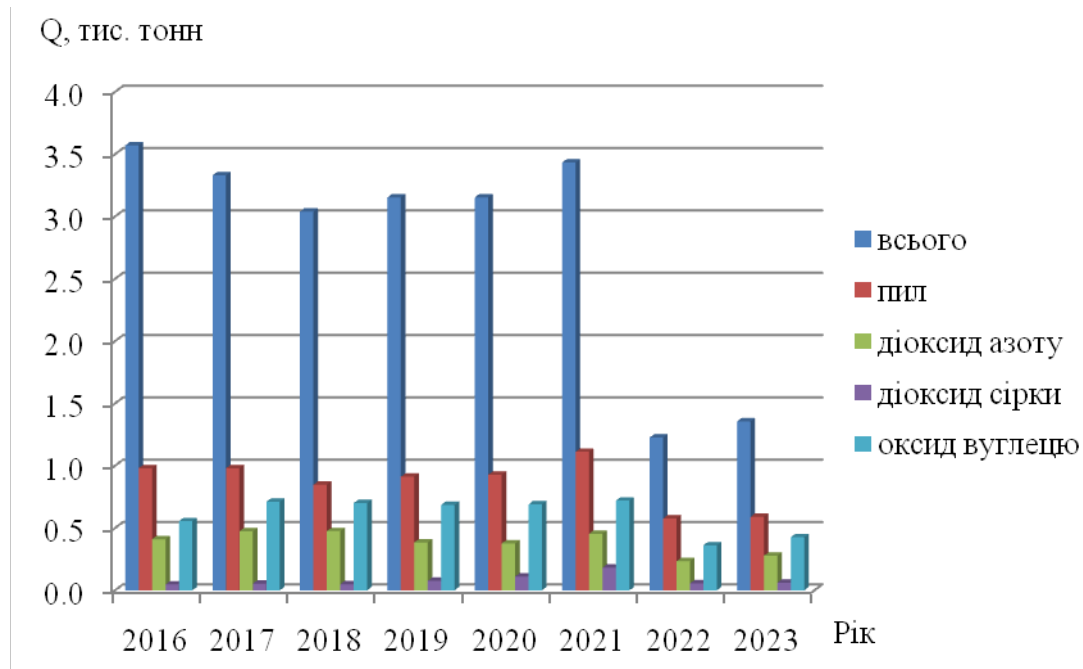


Рис. 1.10 – Динаміка викидів основних ЗР від стаціонарних джерел у м. Миколаїв [8, 9, 11]

Спостерігається значне зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у 2022 році, що можна пояснити тимчасовою зупинкою виробничих процесів після початку воєнних дій у країні. Значних змін у відсотковому відношенні між обсягами викидів по усім основним ЗР не стерігалось. Трохи зменшились показники викидів по пилу і діоксиду азоту. Максимальні значення показників викидів відзначаються у всі роки по пилу.

1.3 Коротка характеристика мережі спостережень за забрудненням атмосфери

Спостереження за якістю атмосферного повітря у м. Миколаїв виконуються Миколаївським обласним центром із гідрометеорології на 4 стаціонарних пунктах спостережень (рис. 1.11):

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.

Спостереження в рамках моніторингу (повна програма) проводяться о 1, 7, 13, 19 годині в усі дні, крім неділі та святкових днів. У м. Миколаїв виконуються спостереження за вмістом 7 ЗР, які й враховувались при виконанні оцінки якості атмосферного повітря: пил, окис вуглецю (CO), двоокис азоту (NO₂), окис азоту (NO), двоокис сірки (SO₂), формальдегід (H₂CO), фтористий водень (HF). В окремі роки також аналізувався вміст бенз(а)пірену та важких металів, але ці дані не є систематичними і в наших дослідженнях не враховувались.

Дані спостережень аналізуються і надаються місцевим органам влади [11], Управлінню екології та природних ресурсів Миколаївської облдержадміністрації [33] та по запитам всім зацікавленим організаціям.

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».



Рисунок 1.11 – Карта розташування стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря м. Миколаєва

Комплект технічних засобів лабораторії “ПОСТ-2” містить:

- прилади автоматичного контролю концентрацій забруднюючих речовин: газоаналізатори;
- групу приладів для автоматичного і ручного відбору проб повітря на вміст газоподібних домішок, сажі і пилу: електроаспіратори, автоматичний повітровідбирач «Компонент»;
- групу приладів для автоматичного і ручного контролю метеопараметрів: анеморумбограф, датчики температури і вологості.

Стіни павільйону з термоізолювального матеріалу: усередині – пластик, зовні – дюралюмінієві осередки. У спеціальній камері розташовується метеостанція М-49. З чотирьох сторін павільйону на висоті 1,5 м – люки з кришками, в які можна вставити блок для відбору проб на пил і сажу. Над кришкою на висоті 50 см розташований забірний трубопровід (з фторопласту чи скла) із захисним ковпачком для відбору газоподібних ЗР (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Обладнання стаціонарного поста спостереження за станом атмосферного повітря №4, м. Миколаїв

Такі лабораторії забезпечують:

- автоматичне вимірювання і фіксування на діаграмній стрічці концентрацій оксиду вуглецю і двооксиду сірки;

- автоматичний відбір проб повітря для визначення 5 газоподібних домішок, сажі і пилу;
- ручний відбір проб повітря для встановлення вмісту газоподібних домішок, сажі і пилу;
- автоматичне вимірювання і реєстрацію напрямку та швидкості вітру, температури, вологості атмосферного повітря;
- контроль за температурою, вологістю і тиском атмосферного повітря за допомогою переносних приладів.

Для забезпечення проведення додаткової перевірки підвищеної концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі на Миколаївщині заплановано використання мобільної еко-лабораторії.

Спеціалізований транспортний засіб — пересувна лабораторія використовується для автоматизованого моніторингу якості атмосферного повітря та інших параметрів довкілля (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Обладнання пересувного поста спостереження за станом атмосферного повітря, м. Миколаїв

Лабораторія укомплектована сучасними засобами вимірювань вмісту в атмосферному повітрі та воді забруднюючих речовин відповідно до вимог нормативних документів України. Лабораторія може працювати без підживлення [протягом доби](#). Усі необхідні виміри та дослідження можна робити одразу на місці та передавати дані на відстані.

Спеціалісти лабораторії матимуть змогу оперативно виявити небезпечні речовини та зробити висновки щодо причин забруднення довкілля в атмосферному повітрі: пил (речовини у вигляді суспендованих твердих часток), діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, формальдегід, фенол, сірководень, вуглеводні, аміак, бензол, толуол, етилбензол, ксилоли, озон.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТА ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА НАСЕЛЕННЯ

2.1 Характеристика чинників, що впливають на рівень забруднення атмосферного повітря

Дослідження формування рівня забруднення атмосферного повітря необхідно проводити з урахуванням всіх можливих чинників впливу. Так, аналіз літературних джерел [4, 20-22] показує, що рівні забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій залежать від сукупності різноманітних чинників. Однакові метеорологічні чинники по різному впливають на стан забруднення у місті [4, 22]. Це пояснюється тим, що у містах є різні джерела забруднення, різної висоти, а газові суміші, які вони викидають, різні за температурою, що спричиняє не однакові умови їх трансформації у повітрі та розповсюдження.

Дослідження процесів формування рівня забруднення атмосферного повітря показують, що рівень залежить від цілої низки чинників, які можна об'єднати у 2 блоки: метеорологічні чинники та антропогенні чинники [4, 22].

До метеорологічних чинників, що суттєво впливають на формування рівня забруднення атмосферного повітря відносять: напрям перенесення домішок, швидкість їх перенесення, термічний стан повітряних мас, циклонічна діяльність та атмосферна стійкість (рис. 2.1).

До антропогенних чинників, що формують рівень забруднення атмосферного повітря відносять: джерела забруднення (промислові підприємства міста, автотранспорт), забруднюючі речовини (загальнопоширені та специфічні), потужність їх викидів, архітектурне планування території (на основі ландшафтних особливостей території).

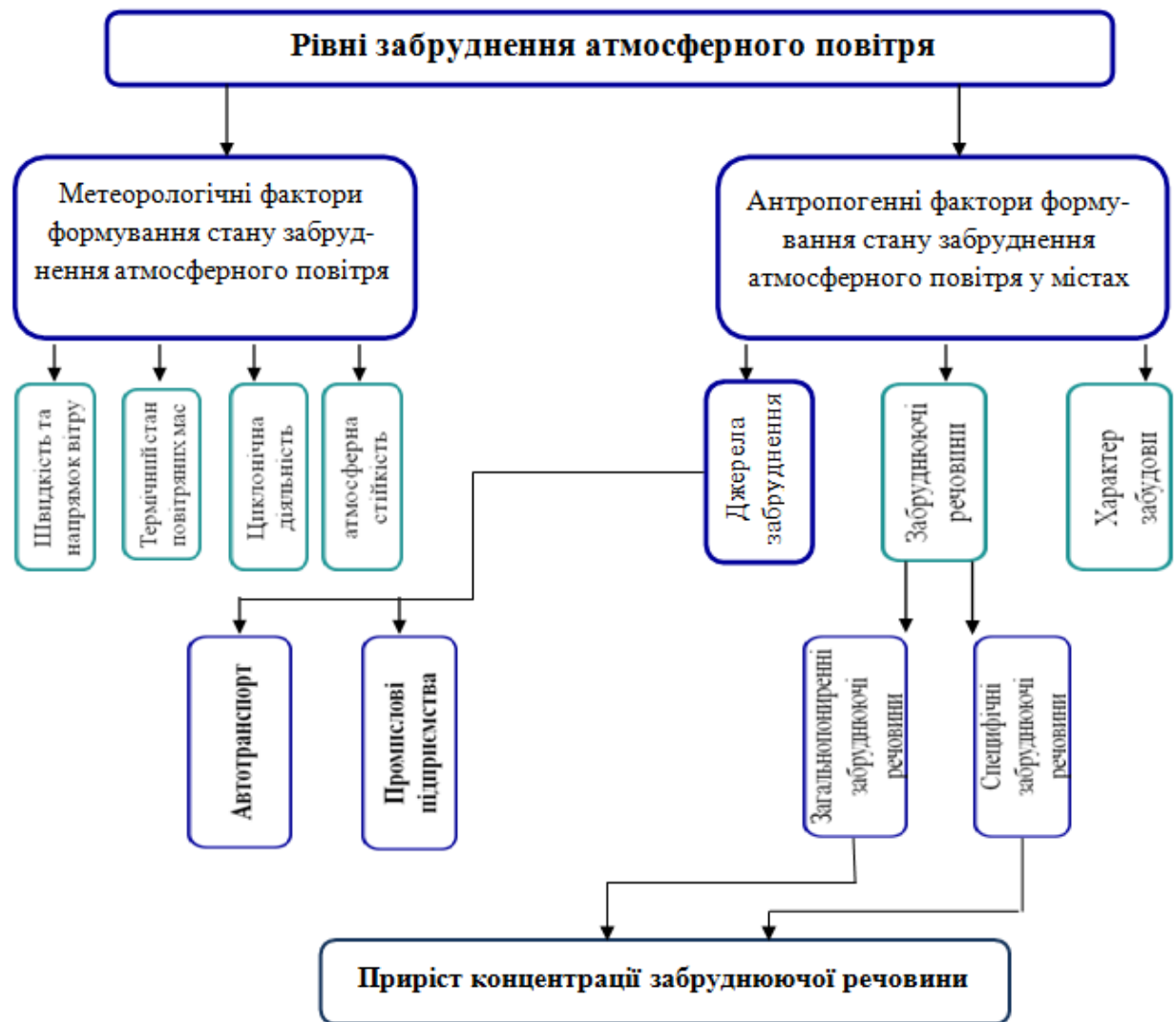


Рис. 2.1 – Схема формування рівнів забруднення атмосферного повітря урбанізованої території

Напрямок та швидкість вітру визначають на висоті флюгера на основній метеостанції. Залежність рівня забруднення повітря в місті від напрямку вітру в багатьох випадках є досить простою. Вплив цієї величини найчіткіше проявляється, коли джерела викидів розміщені за містом, або в навітряній чи підвітряній його частині. Однак і в цих простих випадках вплив напрямку вітру на рівень забруднення повітря в місті потрібно вивчати спеціально, оскільки треба враховувати те, що потік повітря може бути перекрученим через вплив складного рельєфу, водойми, а також через безпосередній тепловий вплив великих промислових комплексів [21, 23]. Наприклад, у місті напрям вітру відіграє важливу роль тому, що шкідливі домішки можуть потрапляти у повітря

атмосфери від джерел, які розташовані з навітряного боку від житлової забудови. Коли джерела розміщені рівномірно по території міста, напрям вітру на формування забруднення часто не впливає. Виявляти цей вплив на розподіл шкідливих домішок ускладнює розвиток місцевої циркуляції атмосфери, специфічні місцеві особливості та особливості просторового розміщення пунктів спостережень відносно джерел викидів тощо.

Але інколи несприятливі напрями вітру можуть чітко виявлятися і у випадках рівномірного розміщення джерел викидів на території міста внаслідок різних ефектів накладання викидів. У деяких містах, загальна територія яких подібна до прямокутника або еліпса, можна спостерігати підвищення забруднення повітря, коли напрям вітру спрямований вздовж цього прямокутника або великої осі еліпса.

Під час прогнозування забруднення повітря в містах, що розміщені біля морів, річок та великих водойм, потрібно враховувати місцеві особливості циркуляції. У періоди застійних ситуацій часто підсилюється бриз, що зумовлює зниження концентрацій домішок у приземному шарі атмосфери [23, 24]. В окремі періоди виникає замкнена циркуляція, яка призводить до повернення домішок, які піднялися над джерелом [23, 24, 25].

В умовах міста можна спостерігати два максимуми забруднення повітря залежно від швидкості вітру на рівні флюгера: під час штилю й слабого вітру (до 2 м/с) та за швидкості вітру в межах від 4 м/с до 6 м/с.

Максимум під час штилю найбільш чітко виявляється за наявності приземної інверсії, а коли її немає — під час помірного вітру.

Для різних міст і сезонів характерними є такі закономірності:

- за умов стійкої стратифікації забруднення повітря в місті зменшується з підвищенням швидкості вітру;
- за нестійкої стратифікації для основних джерел викидів міста максимум забруднення повітря виявляється за швидкостей вітру, близьких до небезпечних [26-28]

Турбулентне перенесення. Перенесення домішок у вертикальному й горизонтальному напрямках зумовлює режим турбулентної дифузії, яку визначає стан атмосфери, характеристики вітру, інсоляція, шорсткість підстильної поверхні, метеорологічні явища (хмарність, туман, запиленість атмосфери), що впливають на перенесення й осідання домішок; рівень турбулентності атмосфери визначають характеристики стійкості атмосфери, для яких заздалегідь оцінюють їхній зв'язок з параметрами розсіювання домішок (коефіцієнтом турбулентного обміну, дисперсією факела) [23, 28].

Загальний стан атмосфери визначають за температурною стратифікацією, кількісним показником якої є вертикальний градієнт температури повітря Y , який обчислюють за результатами висотного радіозондування [23].

Залежно від співвідношення між дійсним температурним градієнтом (Y) і нормальним сухо-адіабатичним градієнтом (Y_a), який становить $1^\circ/100$ м, виникають різні умови стійкості атмосфери, тобто здатність стратифікованої атмосфери гасити або підсилювати вертикальні потоки повітря. Якщо температурний градієнт менший сухо- адіабатичного градієнта ($Y < Y_a$) атмосфера перебуває у стійкому стратифікованому стані відносно сухого і ненасиченого повітря. Якщо температурний градієнт дорівнює сухо-адіабатичному градієнту ($Y = Y_a$), відбувається нейтральна (індиферентна) стратифікація, а коли температурний градієнт більший за сухо-адіабатичний градієнт ($Y > Y_a$) – стратифікація нестійка.

Чим більша величина вертикального температурного градієнта, тим нестійкіша атмосфера з інтенсивним турбулентним перемішуванням (стан конвекції) і тим інтенсивніше розсіювання домішок. За нададіабатичних градієнтів і слабких вітрів формуються вихори великого масштабу, які нерідко розсіюються коло поверхні землі поблизу джерел викидів. Отже, домішки від високих джерел забруднення сягають поверхні землі в результаті турбулентного обміну, інтенсивність якого збільшується зі зростанням нестійкості [23].

Найгіршими умовами для розсіювання домішок є застої повітря, які формуються за приземних інверсій і слабких вітрів, а також під час туману.

Застійні явища сприяють інтенсивному накопичуванню домішок у містах, де є переважно низькі джерела.

Температура атмосферного повітря. Поряд з процесами перенесення і розсіювання домішок від джерел забруднення повітря існують інші чинники, що зумовлюють рівень концентрації домішок в атмосфері міста. Одним з таких факторів є термічний стан повітряної маси, що характеризується температурою повітря. Температурний режим атмосфери, наряду з іншими величинами, визначає інтенсивність вертикального підйому димових газів і, отже, інтенсивність «розбавлення» забрудненого повітря [23, 26]. З температурою повітря також пов'язані: характер роботи окремих підприємств, витрати палива та електроенергії, що в свою чергу, впливає на валові викиди окремих виробництв (ТЕЦ, котельні тощо).

Взимку частіше за все відбувається зростання рівня забруднення повітря зі зниженням температури. Це, насамперед, характерно для антициклонічної погоди за адвекції тепла на холодну підстилаючу поверхню. Значну роль відіграють радіаційні тумани, що виникають у результаті нічного олодження приземного шару повітря. Щоб розрахувати вплив туману на забруднення повітря, потрібно встановити ряд характеристик туману: висоту, водність та розподіл температури в ньому.

Синоптичні умови забруднення атмосферного повітря. Синоптична ситуація відображає особливості атмосферних процесів і характеризується за допомогою комплексу аерометеорологічних параметрів, у зв'язку з чим синоптичний фактор відіграє досить важливу роль під час складання прогнозу забруднення [23, 25]. Відомо, що рівень приземного забруднення зростає в центральній, західній та північно-західній частинах антициклону, районах формування малоградієнтного баричного поля, і зменшується в районах розвитку циклонічної діяльності.

Аналіз умов формування високого рівня забруднення атмосфери в кількох містах України показав, що особливо важлива роль належить синоптичним умовам. Серед досліджуваних метеорологічних величин синоптичний

предиктор часто займає перше місце. Це пояснюється тим, що синоптична ситуація – складна комплексна характеристика, яка у стислій формі відображає основні риси метеорологічних та аерологічних умов у граничному шарі атмосфери.

Загальна закономірність полягає в тому, що підвищене забруднення атмосферного повітря спостерігається за антициклонального баричного поля; з його перетворенням у циклонічне — забруднення атмосфери зменшується.

Вплив синоптичних умов на формування певного рівня забруднення атмосферного повітря неоднаковий у різних містах.

У формуванні високого рівня забруднення атмосферного повітря визначають такі загальні риси: найбільша повторюваність випадків високого забруднення повітря спостерігається в малорухомих антициклонах і гребенях, на західній периферії антициклону, в розмитому баричному полі з вітрами змінних напрямів. Узимку в теплом секторі циклону та в передній його частині, що сприяє формуванню стійкості атмосфери, відмічають підвищені концентрації шкідливих домішок. Тип синоптичної ситуації визначають за фактичними й прогностичними картами баричного поля приземного тиску.

З метою врахування у прогностичній схемі залежності рівня забруднення повітря від синоптичних умов уводять кількісний синоптичний предиктор [23]. За матеріалами досліджень у кожному конкретному місті роблять деталізований аналіз синоптичних умов забруднення повітря, за результатами якого проводять типізацію синоптичних ситуацій, яку подають у вигляді індексів.

Опади, тумани. Вміст і коливання концентрацій шкідливих домішок у повітрі міст може бути зумовлене і такими факторами, як опади та тумани.

Опади вимивають домішки з повітря. Відновлення вихідного рівня забруднення повітря в місті відбувається поступово, протягом 12 год. Найчистішим повітря буває відразу після опадів. Протягом 12 год після опадів повторюваність високих рівнів забруднення повітря нижча, ніж у наступні години і в середньому. Аналіз даних концентрацій домішок у повітрі після

дощу показав, що його ступінь очищення залежить від кількості опадів: чим більше їх випадає, тим чистішим стає повітря [23, 24, 25].

У туманах відбувається підвищене забруднення повітря внаслідок поглинання краплями шкідливих домішок. При цьому домішки разом з краплями залишаються в приземному шарі повітря. У результаті утворення значних градієнтів концентрацій (поза краплями) відбувається перенесення домішок з навколишнього простору в область туману, в зв'язку із чим сумарна концентрація домішок зростає. Значну загрозу викликає розташування над туманом факелів диму, які під впливом вищезгаданого ефекту поширюються в приземному шарі повітря [24,25, 27, 29].

2.2 Методика оцінки рівня забруднення атмосферного повітря

Оцінка якості атмосферного повітря базується на двох основних підходах (методах) [30]:

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» [31] 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). **Оцінку рівня забруднення атмосферного повітря на урбанізованих територіях також проводять за рівнем перевищення ГДК середніми річними концентраціями забруднюючих речовин осередненими за багаторічний період.**

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.

Для оцінки рівня забруднення атмосфери отримані на стаціонарних (маршрутних) пунктах контролю концентрації полютантів нормуються на величину ГДК. Нормовані характеристики забруднення називають індексом забруднення атмосфери (I) і розраховують за формулою:

$$I_i = \left(\frac{q_i}{ГДК_{м.р_i}} \right)^{K_i}, \quad (1.1)$$

$$\text{або } I_i = \left(\frac{\bar{q}_i}{ГДК_{с.д_i}} \right)^{K_i}, \quad (1.2)$$

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 [32].

При значеннях $I \leq 1$ вважається, що якість повітряного басейну за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [32].

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

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{\bar{q}_i}{ГДК_{с.д_i}} \right)^{K_i} \right)_i, \quad (1.3)$$

Комплексний індекс забруднення атмосфери (I_n) може розраховуватись по одному або декількох постах контролю у містах як сума всіх індексів забруднення атмосфери (I) [32].

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 [32].

При цьому особливістю I та I_n є його чутливість до значення $ГДК$ речовин і врахування класу небезпеки речовини, що особливо характерно для специфічних ЗР. Основна область застосування I та I_n – це порівняльний аналіз рівня забруднення атмосферного повітря населених пунктів, пунктів постійного спостереження і їх ранжування.

2.3 Методика оцінки ризику для здоров'я населення в залежності від якості атмосферного повітря

Під оцінкою ризику розуміється процес аналізу гігієнічних, токсикологічних і епідеміологічних даних для визначення кількісної імовірності несприятливого впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього середовища.

Ризик для здоров'я - ймовірність розвитку загрози життю або здоров'ю людини чи здоров'ю майбутніх поколінь, обумовлена дією чинників навколишнього середовища.

На території України діють методичні рекомендації для оцінки ризику здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. При визначенні ризику впливу атмосферного повітря на здоров'я людей, необхідно враховувати весь спектр хімічних сполук, які діють на даній території.

Оцінка ризику здоров'ю населення дозволяє інтегрувати ризики за окремими забруднюючими речовинами, об'єктами навколишнього середовища,

адміністративними та ландшафтними одиницями з метою встановлення комбінованої або комплексної дії негативних чинників.

При трактуванні отриманих величин ризику здоров'ю населення користаються наступною ранговою шкалою (табл.2.1).

Таблиця 2.1 - Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення

Risk	Клас	Характеристика
<0,1	1	незначний вплив на здоров'я населення
0,1 – 0,19	2	слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2 – 0,59	3	значний вплив, важкі хронічні ефекти
0,6 – 0,89	4	великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9 – 1,0	5	дуже великий вплив на здоров'я населення

Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення дозволяє також рангувати ризики за окремими забруднюючими речовинами з метою встановлення причини забруднення на основі ідентифікації найбільш небезпечних джерел антропогенного впливу на стан довкілля.

Важливим етапом оцінки ризику здоров'ю населення є керування ризиком на основі економічної оцінки ризику, який дозволяє визначати еколого-економічну ефективність природоохоронних заходів з метою мінімізації впливу антропогенних чинників на стан навколишнього середовища та забезпечення комфортності життя населення.

Таким чином, методи оцінки ризику дуже перспективні, тому що дозволяють на основі адекватної оцінки впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на здоров'я населення ідентифікувати зони підвищеної екологічної небезпеки і виробляти необхідні управлінські рішення з пріоритетності реалізації природоохоронних заходів.

Повітря - це середовище, в якому людина дихає, і в якому ми живемо, подорожуємо і працюємо.

Чистий стан атмосферного середовища має вирішальне значення для забезпечення здорових умов життя, безпеки робочих місць і охорони

навколишнього середовища. Повітря є транспортним середовищем, в якому переносяться в природі гази і зважені частинки. Їм також переносяться і розповсюджуються забруднюючі речовини, утворені унаслідок діяльності людини.

В атмосферу поступають викиди, що містять забруднюючі гази і тверді частинки, джерелом яких є широкий діапазон сфер людської діяльності. Виробництво електроенергії, промисловість і транспорт є найбільшими забруднювачами атмосферного повітря. Вносять відповідний внесок і галузі сільського господарства, промислова діяльність і житлово-комунальні господарства. У всіх цих секторах основним джерелом забруднюючих викидів є спалювання викопних видів палива. Інші крупні джерела - це різні виробничі процеси, спалювання відходів, стічних вод і випаровування летючих хімічних сполук і розчинників, користування продукцією, а також пил, що утворюється при русі автотранспорту, будівництві і поводженні з різними матеріалами.

Забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферне повітря, розповсюджуються вітром, і у міру видалення від джерела викидів їх концентрація зменшується. Деякі первинні забруднюючі речовини трансформуються в атмосфері в нові фізичні або хімічні форми або у вторинні забруднюючі речовини.

Дії первинних забруднюючих речовин піддається практично все населення, тому що, залишаються дуже великі об'єми викидів від багатьох джерел забруднення атмосферного повітря. У таблиці 2.2 наведено короткий опис деяких з найбільш відомих забруднюючих речовин, дія яких має негативні наслідки для здоров'я людини.

Багато і інших забруднюючих речовин викидається в повітря або присутні в ній як фонове забруднення, проте вважається, що їх рівень не має скільки-небудь значущих наслідків для здоров'я. На населення, що проживає поряд з промисловими підприємствами, можуть надавати дію безліч сполук, що з'являються в результаті виробничих процесів і обробки матеріалів.

Таблиця 2.2 - Джерела найбільш значних забруднюючих речовин повітря і негативні наслідки їх викидів для здоров'я населення

Забруднююча речовина і її характеристика	Основні джерела	Негативні наслідки для здоров'я
Тверді частки (ТЧ) суміш твердих часток і крапель рідин	Крупні частки: дорожній пил, шліфовка, сільськогосподарська діяльність. Дрібні частки: вихлопні гази автомобілів, електростанції промисловість, спалювання	Підвищення рівня смертності збільшення респіраторних захворювань, болі в грудях посилення кашлю, збільшення числа випадків бронхіту у дітей
Двоокис азоту (NO ₂) червоно-коричневий газ, що є сильним окислювачем, добре розчинний у воді	Вихлопні гази автомобілів, електростанції, промислове і побутове спалювання	Ослаблення діяльності легенів загострення реакції на алергени у астматиків
Озон (O ₃) безбарвний або голубуватий газ, дуже сильний окислювач	Утворюється в атмосфері з оксидів азоту (NO _x) і летючих органічних сполук (ЛОС) в умовах високої температури і сонячного світла	Роздратування очей, носа і горла, погіршення легеневої функції, відчуття здавленості в грудях, кашель, головні болі, збільшення числа випадків респіраторних захворювань, загострення астми та інші респіраторні симптоми
Двоокис сірки (SO ₂) дратівливий, хімічно активний і розчинний у воді газ	Спалювання палива, що містить сірку, наприклад, вугілля, нафти, дизпалива; промислові процеси, що використовують сполуки сірки	Ослаблення функції легенів, збільшення випадків надання швидкої допомоги по гостро респіраторним захворюванням, підвищення смертності
Чадний газ (CO) безбарвний газ, що не має запаху і смаку.	Вихлопні гази автомобілів	Погіршення властивості крові переносити кисень. При високих рівнях дії інтоксикація мозку, серця, м'язів і плоду, що росте, збільшення смертності від серцевосудинних захворювань (серцеві напади)

Попадання речовин, що забруднюють атмосферу, в організм людини через систему дихання, в принципі, уникнути неможливо. Забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу, впливають на людей, коли вони знаходяться на відкритому повітрі.

Методика оцінки ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери

Ризик здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери визначається за формулою:

$$R = 1 - \exp (\ln(0.84) \times (C / \text{ГДК})^b / K_z), \quad (2.1)$$

де K_z - коефіцієнт запасу, b - коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоелементні ефекти домішок різних класів небезпеки відповідно з табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Значення коефіцієнтів K_z і b для речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт запасу K_z	Коефіцієнт b
1	7,5	2,35
2	6,0	1,28
3	4,5	1,0
4	3,0	0,87

Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря

Для характеристики частоти негативних змін в здоров'ї населення в медицині використовують термін «захворюваність».

Захворюваність – статистичний показник, який визначається як відношення число захворівших до середньої чисельності населення на території спостереження в період, для якого розраховується цей показник [11].

Захворюваність – величина, яка має розмірність потенціального ризику, близько пов'язана з поняттям екологічного ризику, однак не є тотожною йому.

Ризик слід розглядати як додаткову захворюваність, пов'язану з потраплянням в організм екотоксикантів. Ризик захворюваності є функцією дози токсиканта, який поступив в організм середньостатистичного представника даної групи населення за все життя. Відносно до забруднення атмосферного повітря доза токсиканта може бути оцінена на основі даних про концентрацію токсиканта в повітрі та тривалості перебування людей в умовах забрудненої атмосферного повітря.

Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення довкілля на здоров'я, що може бути реалізовано в формі миттєвих токсичних або хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних).

Оцінка ризику, яку виконують за таким алгоритмом, припускає реалізацію сценарію, при якому населення піддається впливу токсиканта, концентрація якого в повітрі c (мг/м³), а час експозиції (час перебування в умовах забрудненої атмосфери) не менше 30 хвилин [4].

Для вираження ризику хронічної інтоксикації – R_z (в тому числі й канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, частіше всього використовують лінійно-експоненціальну (безпорогову) модель [11]:

$$R_z = 1 - \exp(-UR \times \tau \times c\beta) \quad (2.2)$$

де UR – одиничний ризик – коефіцієнт пропорційності, який пов'язує значення ризику із концентрацією токсиканта;

C – концентрація або доза речовини, яка чинить негативний вплив на організм людини протягом часу експозиції – t ;

β – коефіцієнт, який враховує особливості токсичних властивостей речовин.

Параметри рівняння (2.2) можна виразити у більш зручному виді для виконання практичних розрахунків [11]:

$$R_z = 1 - \exp[-0,174 \times (c / (ГДК_{сд} \times K_z))\beta \times \tau] \quad (2.3)$$

де $ГДК_{сд}$ – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у атмосферному повітрі населених місць, мг/м³. Ця концентрація не повинна негативно впливати на організм людини прямо чи опосередковано при невизначено тривалому (десятки років) вдиханні [12].

Параметри β та K_z , рекомендовані для розрахунків [11] для часу експозиції 25 років, представлені в таблиці 2.4. Крім того, незалежно від класу небезпеки речовини, при концентрації, яка не перевищує значення $ГДК$, $\beta = 1,00$ [11].

Таблиця 2.4 – Параметри для розрахунку ризику хронічної інтоксикації (канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря [4]

Клас небезпеки токсиканта	Характеристика речовини	β	K_z
1-й	Надзвичайно небезпечні	2,40	7,5
2-й	Високонебезпечні	1,31	6,0
3-й	Помірно небезпечні	1,00	4,5
4-й	Малонебезпечні	0,86	3,0

Використання такого підходу дає можливість визначити час безпечного перебування людини в умовах відкритого повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому.

РОЗДІЛ 3

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. МИКОЛАЇВ

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 завислі речовини (пил), діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю [12, 49]. Також до цього переліку рекомендовано відносити і формальдегід.

На рисунку 3.1 наведено динаміку зміни концентрацій пилу за останні 5 років.

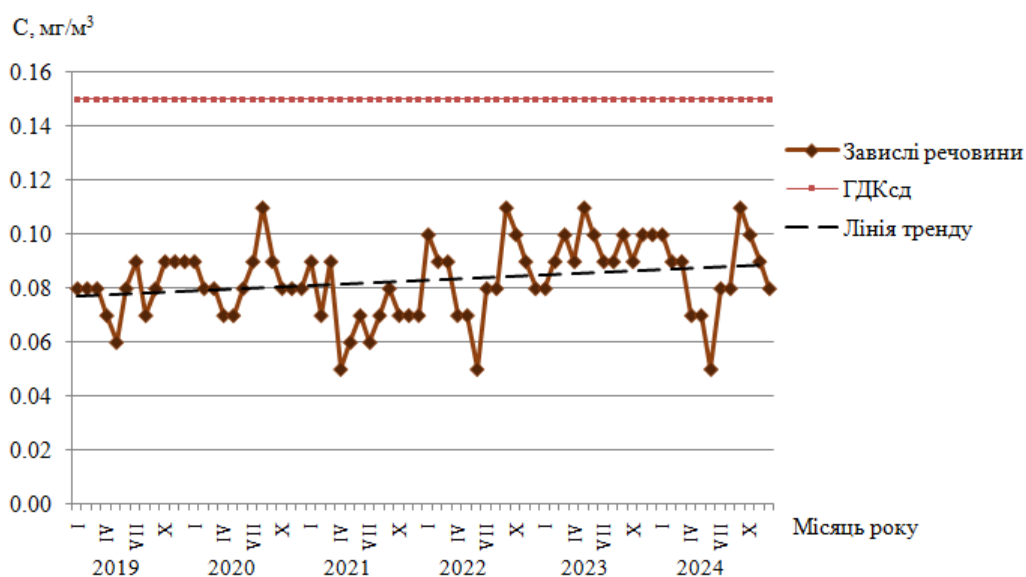


Рис. 3.1 – Динаміка концентрації пилу в атмосферному повітрі
м. Миколаїв

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. За весь період дослідження перевищень встановлених нормативів ГДК не спостерігалось. Однак, за останні 5 років прослідковується чітка тенденція до збільшення рівня вмісту завислих речовин (пилу) у повітрі в м. Миколаїв.

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. 3.2). Збільшення концентрацій пилу відзначалось у східному напрямку.

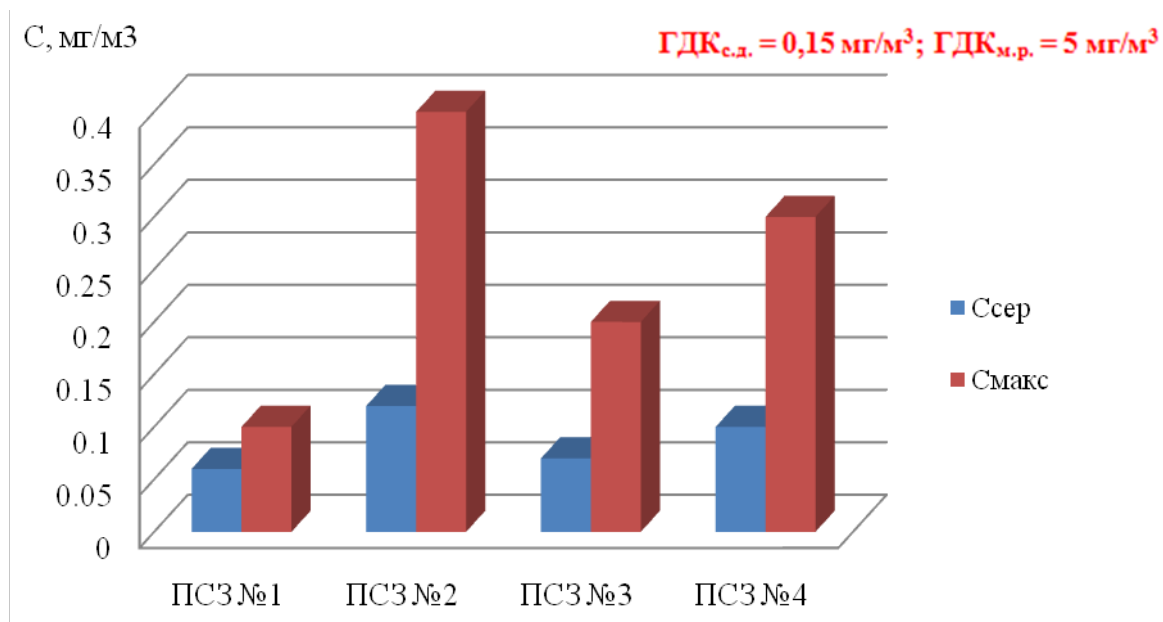


Рис. 3.2 – Рівень забруднення атмосферного повітря пилом по ПСЗ м. Миколаїв

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.

На рисунку 3.3 наведено 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. В загальному, спостерігається динаміка зниження вмісту діоксиду сірки у повітрі на території міста.

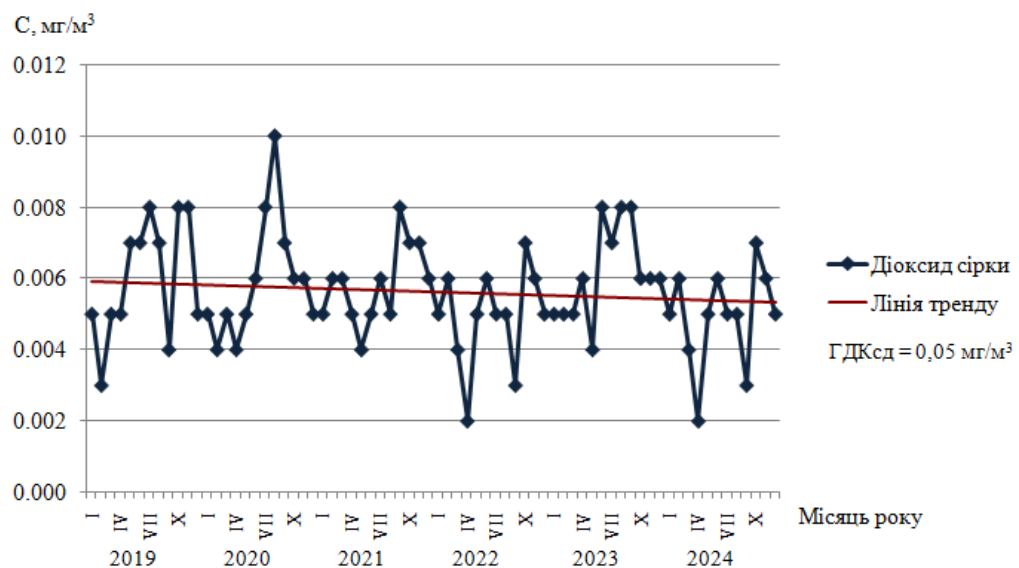


Рис. 3.3 – Динаміка концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Миколаїв

Просторовий розподіл концентрацій діоксиду сірки по території міста в окремих ПСЗ наведено на рис. 3.4.

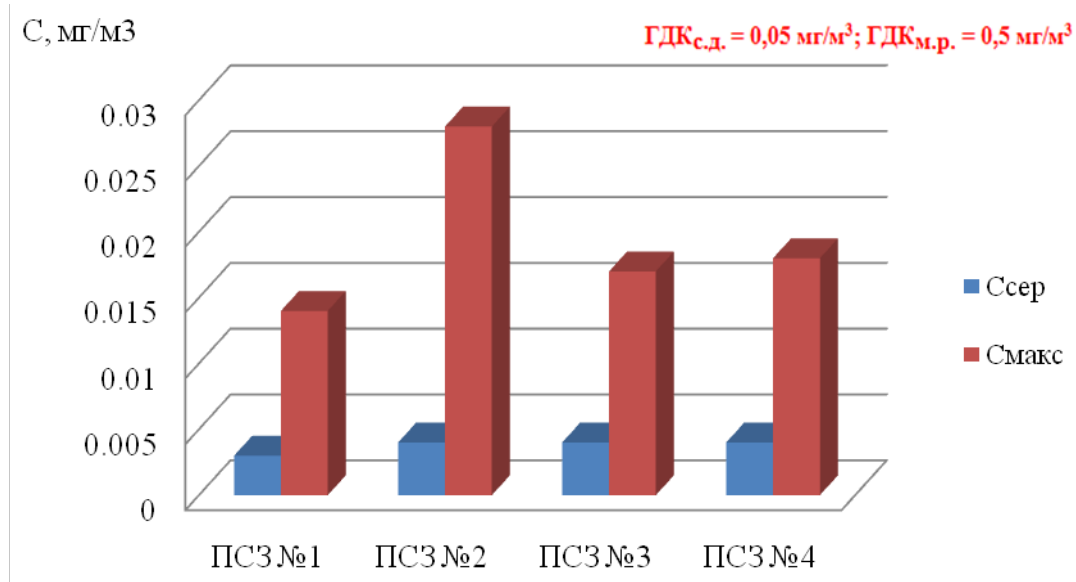


Рис. 3.4 – Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки по ПСЗ м. Миколаїв

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.}.

На рис. 3.5 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій діоксиду азоту.

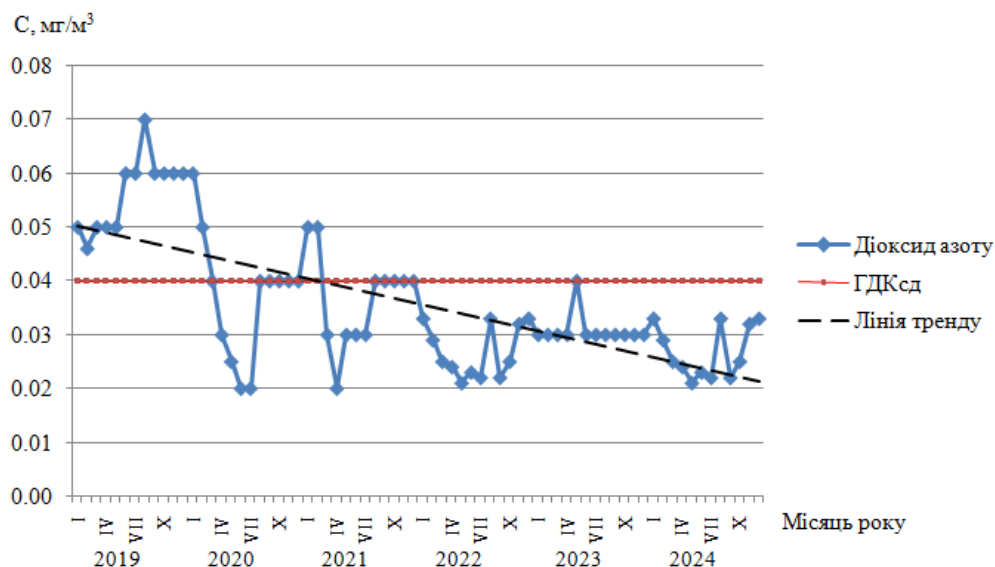


Рис. 3.5 – Динаміка концентрацій діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Миколаїв

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. 3.6 наведено просторовий розподіл вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі по території міста по ПСЗ.

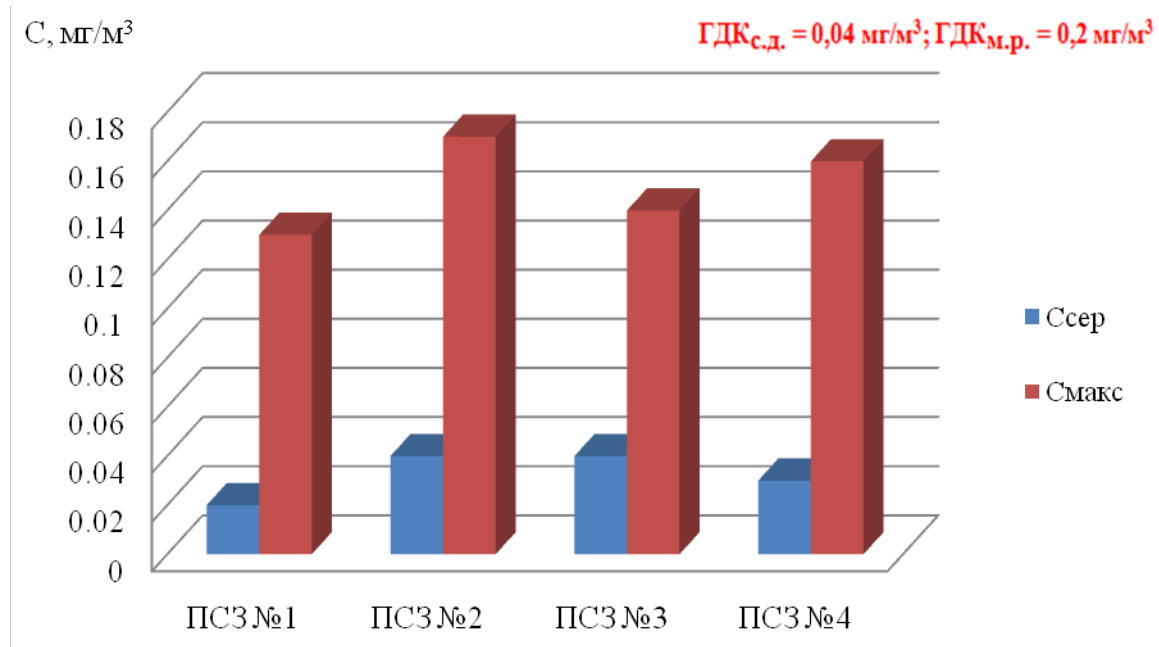


Рис. 3.6 – Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту по ПСЗ м. Миколаїв

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. 3.7 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій оксиду вуглецю.



Рис. 3.7 – Динаміка 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. 3.8.

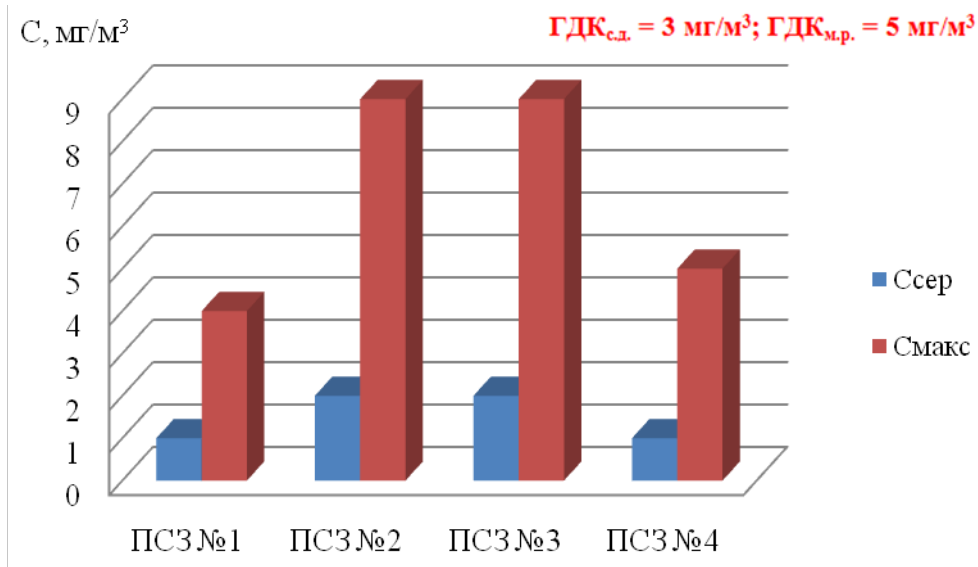


Рис. 3.8 – Рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю по ПСЗ м. Миколаїв

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. 3.9 представлено динаміку зміни концентрацій формальдегіду за останні 5 років.

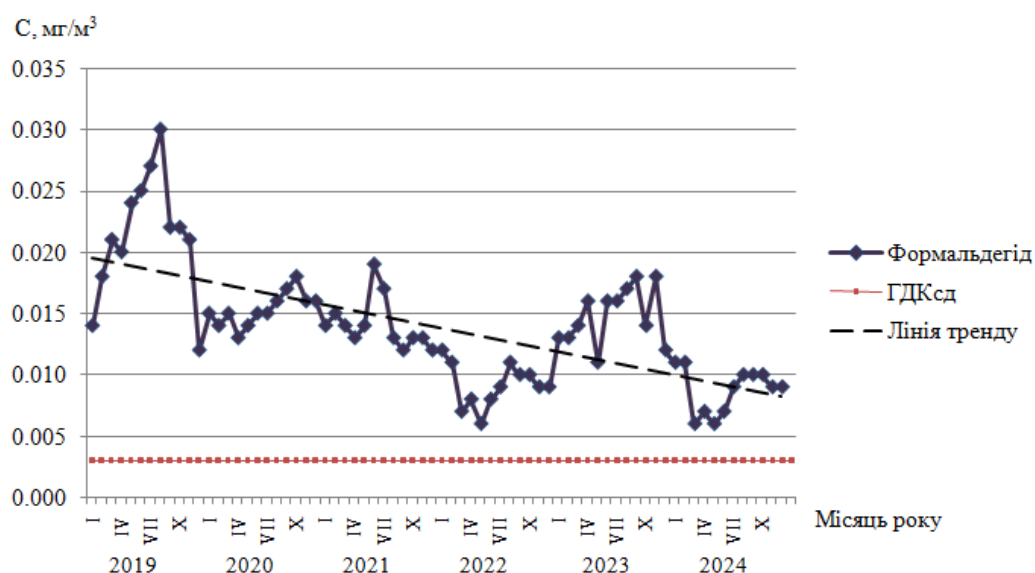


Рис. 3.9 – Динаміка концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаїв

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. 3.10.

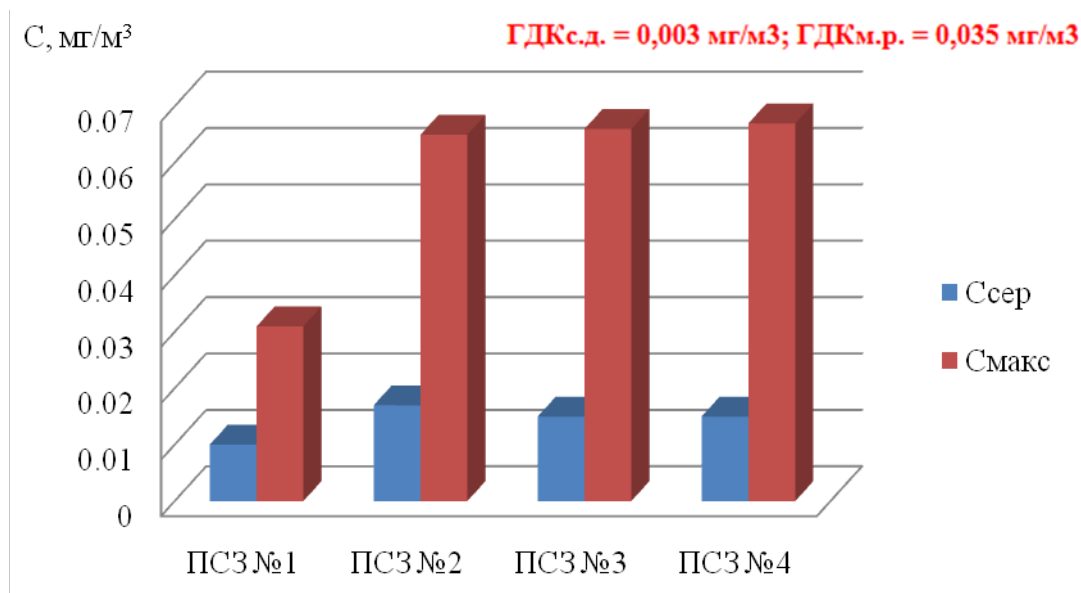


Рис. 3.10 – Рівень забруднення атмосферного повітря формальдегідом по ПСЗ м. Миколаїв

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]. За результатами розрахунків, 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 3.11 наведено результати розрахунку та зміни комплексного індексу забруднення атмосфери у м. Миколаїв.

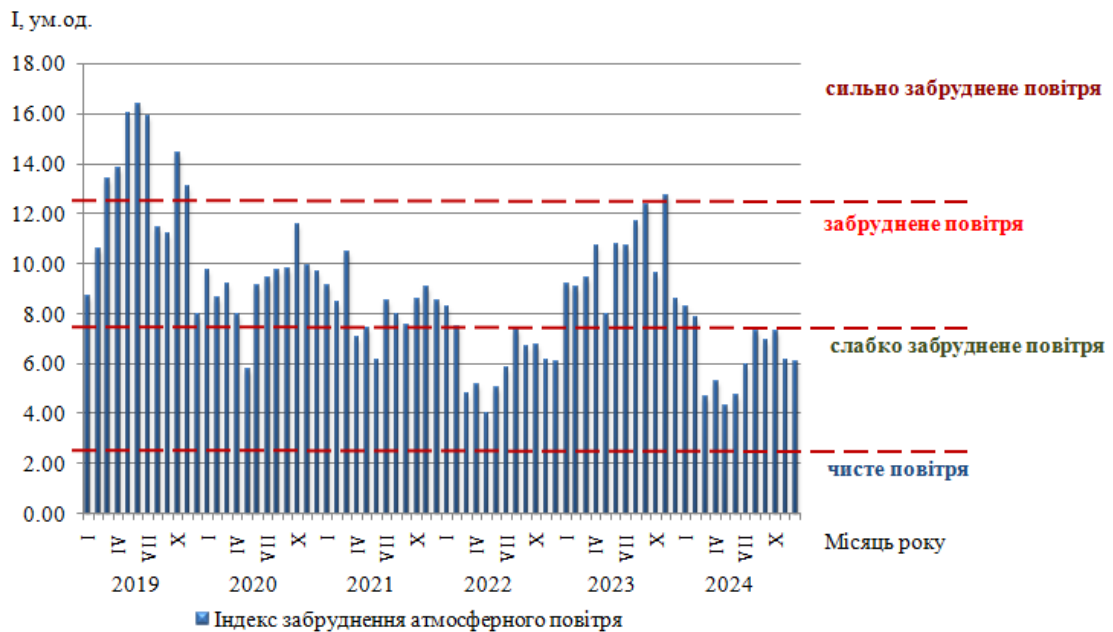


Рис. 3.11 –Значення комплексного індексу забруднення атмосфери I_n м. Миколаїв у 2019 – 2024 рр.

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, в першу чергу, за рахунок зменшення вмісту формальдегіду.

Згідно з отриманими даними, у 2019 р. стан повітряного басейну м. Миколаїв характеризувався категорією «забруднене» – «сильно забруднене», у 2020, 2021, 2023 р.р. – категорією «забруднене», у 2022, 2024 р.р. –«слабко забруднене».

Рівень забруднення повітряного басейну міста за рівнем перевищення значень середньодобових ГДК:

– 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 річний хід середньомісячних концентрацій пилу, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, оксиду азоту, фтористого водню був достатньо рівномірний по всіх пунктах спостережень. 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. Середньомісячні концентрації формальдегіду підвищувались у теплий період.

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_4 ; *2 місце* – NO_2 ; *3 місце* – CO ; *4 місце* – пил.

Через те, що при одночасній присутності в повітрі NO_2 і H_2SO_4 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). У 2024 році спостерігається зниження рівня забруднення атмосферного повітря, що відповідає категорії «слабко забруднене».

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Оцінка потенційного ризику для здоров'я населення при хронічному впливі забруднення атмосфери

Оцінку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери було визначено згідно методики, описаної у розділі 2.3., з урахуванням класу небезпеки та значень середньодобових гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

Результати розрахунку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери основними забруднюючими речовинами, які визначались на різних ПЗС у місті Миколаїв в період з 2019 по 2024 роки, представлені графічно на рис. 4.1 – 4.5. На графіках представлено річну зміну потенційного ризику для здоров'я населення у різних районах міста, які визначались за даними на стаціонарних постах спостереження.

За результатами виконаних розрахунків, встановлено, що для всіх чотирьох стаціонарних пунктів спостереження за станом атмосферного повітря в м. Миколаїв розраховані значення потенційного ризику, який наноситься здоров'ю населення при хронічному впливі, від забруднення атмосфери за вмістом завислих речовин, діоксидом сірки та оксидом вуглецю не перевищують значення «0,1», що свідчить про «незначний вплив на здоров'я населення» і кваліфікацію ризику 1-го класу. Розраховані значення потенційного ризику за вмістом формальдегіду більшу частину року (крім весняного періоду) перевищують значення «0,1», що свідчить про «слабкий вплив та граничні хронічні ефекти для здоров'я населення» і кваліфікацію ризику 2-го класу.

Аналізуючи графіки зміни потенційного ризику відмічаємо, що порівняно з іншими чітко виділяється ситуація на 2-му пункті спостереження (ПСЗ №2 – вул. Погранична - пр. Богоявленський (район інтенсивного руху та міжміського

автовокзалу) у Інгульському районі), де спостерігається підвищений ризик для здоров'я населення за рівнем забруднення оксидом вуглецю.

Як найбільш безпечний для населення район міста поблизу ПСЗ №1 – вул. Обсерваторна,1 (санітарна зона), що розташований у Заводському районі. Ризики для здоров'я людей, які перебувають територіально в районі розташування цього контрольного пункту, є найменшими.

Річна динаміка значень потенційного ризику для здоров'я населення за середніми місячними показниками забруднення свідчить, що найнижчий рівень ризику спостерігається у весняний період.

Підвищення рівня ризику для здоров'я населення спостерігається в осінньо-зимовий період. У цей період спостерігаються найвищі значення рівня забруднення атмосферного повітря.

4.2 Оцінка ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря

Оцінку ризику хронічної інтоксикації населення проведено з метою встановлення тривалості безпечного перебування населення міста на відкритому повітрі в умовах забрудненого атмосферного повітря, з урахуванням впливу основних забруднюючих речовин. При застосуванні методики, яка базується на лінійно-експоненціальній безпороговій моделі дослідимо як будуть змінюватися ризики хронічної інтоксикації населення в залежності від збільшення тривалості перебування населення міста на відкритому повітрі в умовах забрудненого атмосферного повітря.

Оцінку ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв в 2019-2024 рр. з врахуванням часу експозиції – часу перебування в умовах забрудненого повітря від 1 до 24 годин виконано за методикою викладеною у розділі 2.3.

Для визначення ризику хронічної інтоксикації було використано середні та максимальні місячні концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі, значення гранично допустимої середньодобової концентрації хімічних речовин у атмосферному повітрі населених місць, та коефіцієнти, що

враховують особливості токсичних властивостей речовин (класи небезпеки речовин).

Залежності ризику хронічних захворювань, обумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення гранично допустимих концентрацій для речовин різних класів небезпеки не є прямою, а лінійно-експоненціальною. При цьому потенційний ризик захворюваності населення є функцією кратності перевищення концентрації токсиканта в атмосферному повітрі для речовин різних класів небезпеки [13].

Динаміку зміни середньорічних та максимальних з разових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (в одиницях кратності ГДК) для м. Миколаїв представлено на рис. 4.5.

Розрахунки ризику інтоксикації було виконано для часу експозиції (τ), який змінюється у діапазоні 1-24 годин, тобто від однієї до двадцяти чотирьох годин знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря.

Динаміка зміни розрахованих числових значень канцерогенного ризику хронічної інтоксикації, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, у залежності від часу експозиції представлена на рисунку 4.6. Логічно, що зі збільшенням часу експозиції збільшується значення канцерогенного ризику, що пов'язано із прямою залежністю між цими параметрами та відповідає встановленій у *Методиці оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря* графічній залежності ризику хронічних захворювань, обумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення ГДК для речовин різних класів небезпеки.

На рисунку 4.7 репрезентовано сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції. Сумарний канцерогенний ризик, який не перевищує одиницю, можна вважати допустимим для організму людини, яка знаходиться в умовах відкритого атмосферного повітря і піддається негативному впливу комплексу забруднювальних речовин. Час експозиції, який змінюється від 1 до 24 годин може бути як «безпечним» та і «небезпечним» для людини в умовах відкритого атмосферного повітря.

Для м. Миколаїв (рис. 4.6) найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відмічаються для формальдегіду. Аналізуючи сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції (рис. 4.7) було встановлено, що безпечним для організму людини є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому не більше 8 годин на добу.

РОЗДІЛ 5

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].

5.1 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.

5.2 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.

5.3 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. 5.1).

Таблиця 5.1 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 кваліфікаційній роботі проведено оцінку та аналіз якості атмосферного повітря у м. Миколаїв за даними стаціонарних постів спостереження, виконано оцінку ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Переважаючими джерелами викидів ЗР в атмосферне повітря в м. Миколаїв є пересувні джерела. Обсяги викидів від пересувних джерел складають 75 % і більше. В останні роки м. Миколаїв за значенням індексу забруднення атмосфери входить до десятки найбільш забруднених міст України.

2. За вмістом пилу відзначається тенденція збільшення його вмісту, особливо у осінньо-зимовий період. Найчистішою є територія міста в районі розташування ПСЗ №1, в районі вул. Обсерваторної. Збільшення концентрацій пилу відзначалось у східному напрямку. Найбільш забрудненими були район міжміського автовокзалу (ПСЗ № 2) і центральна частина міста (ПСЗ № 4), що пояснюється інтенсивним рухом автотранспорту.

3. Максимальні концентрації діоксиду сірки відзначались у літньо-осінній період. Абсолютний максимум відзначено у липні та серпні, що обумовлено більш інтенсивною роботою малих підприємств. Перевищень значень ГДК діоксиду сірки по всій території міста не було. Найбільші концентрації спостерігались в районі інтенсивного руху автотранспорту (міжміського автовокзалу – ПСЗ №2), і складали 0,56 ГДК_{с.д.}.

4. Підвищення вмісту діоксиду азоту відзначається у літній період року у 2019 р. і складає 1,25-1,75 ГДК_{с.д.}, що пов'язано з інтенсифікацією руху автотранспорту. У 2020 та 2021 роках спостерігається підвищення концентрації даної ЗР у осінньо-зимовий період. Основним джерелом забруднення у ці періоди є стаціонарні джерела, а підвищення концентрації викликане викидами при спалюванні палива у котлах.

5. Збільшення середнього вмісту оксиду вуглецю відзначається у весняно-літній період, що пов'язано з інтенсифікацією руху автомобільного транспорту. Максимальні концентрації відзначаються у східній частині міста поблизу міжміського автовокзалу (ПСЗ № 2) та в районі Промзони (ПСЗ № 3), де концентрація СО досягала 1,9 ГДК_{м.р.}

6. Найгірша ситуація спостерігається по вмісту формальдегіду, концентрація якого значно перевищувала ГДК. Підвищення концентрацій спостерігається у літньо-осінній період, особливо на ділянках з інтенсивним рухом автотранспорту в районах міжміського автовокзалу та Промзони.

7. Індекс забруднення атмосфери для оксиду вуглецю, діоксиду азоту та формальдегіду значно вище одиниці, що свідчить про недотримання санітарно-гігієнічних вимог якості атмосферного повітря у м. Миколаїв. Стан повітряного басейну у 2019 р. характеризувався категорією «забруднене» – «сильно забруднене», у 2020, 2021, 2023 р.р. – категорією «забруднене», у 2022, 2024 р.р. – «слабко забруднене». Покращення ситуації можна пояснити зниженням рівня забруднення формальдегідом.

8. Потенційний ризик, який наноситься здоров'ю населення при хронічному впливі, від забруднення атмосфери за вмістом завислих речовин, діоксидом сірки та оксидом вуглецю відповідає 1-му класу та можна оцінити як незначний, що свідчить про «незначний вплив на здоров'я населення». За вмістом формальдегіду – «слабкий вплив та граничні хронічні ефекти для здоров'я населення», потенційний ризик відповідає 2-му класу.

9. Річна динаміка значень потенційного ризику для здоров'я населення за середніми місячними показниками забруднення свідчить, що найнижчий рівень ризику спостерігається у весняний період.

10. Для м. Миколаїв найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відмічаються для формальдегіду. Безпечним для організму людини є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому не більше 8 годин на добу.

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. 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.
3. Сніжко С. І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. К.: Обрії, 2011. 297 с.
4. 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.
5. 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.
6. Шевченко О. Г., Кульбіда М.І. Сніжко С.І. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. Укр. гідрометеоролог. журн. 2014. № 14. С. 25–34.
7. 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
8. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Миколаївській області (1993-2023р.р.). Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації. URL: <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regonalreport/>
9. 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.

10. Стан навколишнього природного середовища м. Миколаїв. Електронний ресурс: URL: <https://mkrada.gov.ua/content/stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha.html>
11. 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/
12. Клімат м. Миколаїв. Електронний ресурс: URL: https://www.meteo-blue.com/ru/historyclimate/climatemodelled/Николаев_Украина_700569
13. Екологічний паспорт Миколаївської області. Електронний ресурс: URL: <https://ecolog.mk.gov.ua/store/files/1631168384.pdf>
14. 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://cgosreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine
15. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2017 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2018. 50 с.
16. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2018 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2019. 50 с.
17. 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.
18. Кіптенко Є. М., Козленко Т.В. Прогнозування рівня високого забруднення атмосферного повітря у містах України. Наук. Пр. УкрНДГМІ. – 2002. Вип. 250. с. 288-297
19. Ричак Л.Н., Табачна І. [Тенденції формування рівня забруднення атмосферного повітря урбанізованого середовища](#). Людина та довкілля. Проблеми неоекології. № 3-4, 2012. с. 120-127
20. КД 52.9.4.01-09 Охорона природи. Атмосфера. Методичні вказівки щодо прогнозування метеорологічних умов формування рівнів забруднення

повітря в містах України. Видання офіційне; Державна гідрометеорологічна служба. К., 2010. 78 с.

21. 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.

22. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв, Н.С. Горбань, Г.В. Коробкова, В.О. Полозенцева, О.В. Козловська, А.О. Мацак, А.А. Савічев. – Х: НУГЗУ, 2015. – 419 с

23. 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>

24. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. Київ, 2007. – 40 с

25. 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

26. Магась Н. І., Соченінова І.О., Оцінка якості атмосферного повітря за даними автоматизованих та дистанційних систем спостереження. Проблеми екології та енергозбереження : Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв: Видавець Торубара В.В. 2023. с.81-83.

27. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць Наказ МОЗ від 14.01.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>

28. Kolisnyk A, Chugai A, Mozgovyy A, Soloshych I. Assessment of the Risks of Toxic Effects of Atmospheric Air Pollution for Humans (On the Example of Cities in Southern Ukraine). Ecological Engineering & Environmental Technology. 2023;24(6):147-154. doi:10.12912/27197050/168093.

29. Павлов С.Б. Екологічний ризик для здоров'я населення. Медицинские исследования. 2001. Т. 1, С. 16–19.

30. Качинський А.Б., Сердюк А.М. Методологічні основи ризику в медико-екологічних дослідженнях та його значення для екологічної безпеки України. Лікарська справа. 1995. № 3–4. С. 5–15

31. Кузьмина В.А., Екологічна безпека: конспект лекцій. Одеса, 2012. 131 с.

32. Колісник А.В., Снесар А.В., Чернякова О.І. Врахування залежності «доза-ефект» при визначенні скорочення тривалості життя населення від забруднення атмосферного повітря. Екологічна безпека, 2019. Вип. 2(28). С. 75–80.

33. Сафранов Т.А., Колісник А.В. Системний аналіз якості навколишнього середовища: конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет. 2021. 205 с.

34. Рибалова О.В. Новий підхід до комплексної оцінки ризику для здоров'я населення при забрудненні навколишнього природного середовища / О.В. Рибалова, С.В. Белан // Актуальные достижения европейской науки: тези між. наук.-практ. конф. (17-25.06.2014) – Болгарія, 2014– С.76–82.

35. Новак Т.С., Капплова О., Браніцький О.М. Екологічні ризики пов'язані з воєнними діями: поняття та ознаки. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2024. № 3. С. 262 – 267.
URL:<https://app-journal.in.ua/wp-content/uploads/2024/06/46.pdf>

36. Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В., Мідик С.В., Грищук І.А., Ушкалов В.О. Екологічні ризики: природа і критерії. *Екологічні науки*. 2020. Вип. 4 (31). С. 131 – 135.

37. 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>.

38. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Електронний

ресурс: URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

39. 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>.