

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та
охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Аналіз сучасного стану забруднення повітряного басейну
міста Київ»

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ – 61
спеціальності 101 – Екологія
Грабовик Маріна Михайлівна

Керівник к. геогр. н., доц.
Полетаєва Лариса Миколаївна

Рецензент д. геогр. н., проф.
Хохлов Валерій Миколайович

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітня програма Охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони
довкілля
Сафранов Т.А.
“ 26 ” березня 20 18 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Грабовик Маріні Михайлівні

1. Тема роботи: «Аналіз сучасного стану забруднення повітряного басейну міста Київ»
керівник роботи: Поletaєва Лариса Миколаївна, к. геогр. н., доц.
затверджені наказом вищого навчального закладу від «02» листопада 2017 року № 321-С
2. Строк подання студентом роботи «01» червня 2018 року
3. Вихідні дані до роботи: матеріали «Щомісячних бюлетнів стану атмосферного повітря в Києві та містах Київської області» за 2007 – 2016 роки, «Екологічних паспортів міста Київ» за 2007 – 2012 роки, Головного управління статистики у м. Києві.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): розгляд фізико-географічних особливостей розташування м. Києва та системи моніторингу забруднення атмосферного повітря; аналіз динаміки та складу викидів забруднювальних речовин від різних джерел забруднення в Києві; огляд існуючих методів визначення якості атмосферного повітря в Україні та за кордоном; розрахунок індексів та показників забруднення атмосферного повітря; оцінка рівнів забруднення атмосферного повітря по районах та загалом по місту за досліджуваний період; визначення внеску забруднювальних речовин та їх груп сумарно в загальний рівень забруднення повітряного басейну м. Києва.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Мережа спостережень ЦГО за забрудненням атмосферного повітря в м. Києві. Таблиця викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від різних джерел забруднення в м. Києві за 2006 – 2015 рр. Середньорічні ІЗА міста Київ розраховані для 2007 – 2016 років. Графіки зміни ІЗА забруднювальних речовин в місті Київ. Карта рівнів забруднення атмосферного повітря за ІЗА на постах спостереження у м. Києві. Показники забруднення (%) та оцінка ступеня небезпеки атмосферного повітря міста Київ у 2007 – 2016 роках. Таблиця викидів окремих забруднювальних речовин в Києві за період 2006–2016 рр.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>Немає</i>		

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Ознайомлення з фізико-географічними умовами розташування м. Києва; з системою моніторингу забруднення навколишнього природного середовища в місті</i>	26.03.18-31.03.18	95	5 (відмінно)
2	<i>Збір інформації та даних про джерела забруднення, обсяги викидів і концентрації забруднювальних речовин в повітряному басейні Києва</i>	01.04.18-19.04.18	95	5 (відмінно)
3	<i>Пошук і ознайомлення з методиками розрахунку рівня забруднення атмосферного повітря</i>	20.04.18-29.04.18	95	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	30.04.18-06.05.18	95	5 (відмінно)
4	<i>Розрахунок індексів та показників забруднення, побудова карт</i>	07.05.18-11.05.18	95	5 (відмінно)
5	<i>Аналіз отриманих результатів</i>	12.05.18-16.05.18	95	5 (відмінно)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складання протоколу і висновку керівника</i>	17.05.18-24.05.18	95	5 (відмінно)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.</i>	25.05.18-01.06.18	95	5 (відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95,0	

Студент _____ Грабовик М. М.

Керівник роботи _____ Полетаєва Л. М.

АНОТАЦІЯ

Грабовик М. М. Аналіз сучасного стану забруднення повітряного басейну міста Київ.

Актуальність теми. Київ є великим індустріальним містом з розвиненою транспортною системою, а отже, вплив на довкілля та здоров'я населення здійснюється значний. Тому оцінка стану забруднення атмосферного повітря міста є актуальною задачею.

Метою роботи є аналіз розподілу та оцінка рівня забруднення повітряного басейну міста Київ за вмістом забруднювальних речовин в період 2007 – 2016 років.

Об'єкт дослідження – забруднення атмосферного повітря великих міст.

Предметом дослідження є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Київ за допомогою розрахунку індексів та показників забруднення.

Методи дослідження: методики оцінки якості атмосферного повітря за індексом забруднення атмосфери та показником забруднення.

Результати досліджень. Рівень забруднення атмосферного повітря у Києві, по районах та по місту загалом в більшості років досліджуваного періоду відзначався високим. Максимальні показники забруднення спостерігались для таких речовин, як: формальдегід, фенол, діоксид та оксид азоту.

Наукова новизна одержаних результатів. Проаналізовано сучасний рівень забруднення атмосферного повітря м. Києва за комплексними і одиничними індексами забруднення, та визначено ступінь його небезпеки за окремими речовинами і групами їх сумачії в період дослідження.

Теоретичне та практичне значення – результати досліджень доцільно використовувати для оцінювання забруднення повітряного шару в м. Києві з метою оптимізації управління в галузі охорони атмосферного повітря та прийняття заходів по зменшенню його забруднення.

Структура та обсяг роботи. Складається з переліку умовних скорочень, вступу, 5 основних розділів, 9 підрозділів, висновку, переліку посилань (33 найменування) та 3 додатків. Робота містить 32 рисунки, 9 таблиць. Загальний обсяг роботи – 92 сторінки.

Ключові слова: атмосферне повітря, викиди, забруднювальна речовина, індекс забруднення атмосфери, показник забруднення, рівень забруднення.

SUMMARY

Hrabovyk M. M. Analysis of the Current State of Air Pollution in the City of Kyiv.

Actuality of theme. Kyiv is a large industrial city with a developed transport system, and consequently, the impact on the environment and public health is significant. Therefore, estimation of the pollution of the city's atmospheric air is an urgent task.

The purpose of the work is to analyze the distribution and assessment of the level of pollution of the air basin of the city of Kyiv on the content of pollutants in the period from 2007 to 2016.

The object of research – pollution of the atmospheric air of large cities.

The subject of the study is to assess the level of atmospheric air pollution in Kyiv through the calculation of indices and indicators of pollution.

Methods of research: methods of assessing the quality of atmospheric air by the air pollution index and the rate of contamination.

Research results. The level of atmospheric air pollution in Kyiv, on districts and in the city in general, in most of the studied years, was high. Maximum contamination rates were observed for such substances as: formaldehyde, phenol, dioxide and nitric oxide.

Scientific novelty of the obtained results. The modern level of atmospheric air pollution in Kyiv according to complex and individual pollution index has been analyzed, and the degree of its hazard by certain substances and groups of their summation during the research period is determined.

Theoretical and practical significance – the research results should be used to assess air pollution in Kyiv in order to optimize management in the field of atmospheric air protection and to take measures to reduce its pollution.

Structure and scope of work. It consists of a list of conditional abbreviations, an introduction, 5 main sections, 9 subunits, a conclusion, a list of references (33 titles) and 3 appendices. The work contains 32 drawings, 9 tables. Total amount of work – 92 pages.

Key words: atmospheric air, emissions, pollutant, air pollution index, rate of contamination, pollution level.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЄВА	12
2 МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЇВ	18
2.1 Оксид вуглецю	22
2.2 Діоксид сірки	23
2.3 Оксиди азоту.....	25
2.4 Завислі речовини	27
2.5 Аміак, фтористий водень, фенол, бенз(а)пірен.....	28
2.6 Формальдегід.....	30
2.7 Леткі органічні сполуки	31
3 ДИНАМІКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН СТАЦІОНАРНИМИ ТА ПЕРЕСУВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ.....	33
4 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	41
4.1 Аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря у світі	41
4.2 Методика дослідження якості повітря в Україні.....	47
5 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ МІСТА КИЇВ	52
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	81
ДОДАТКИ.....	85

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АП – атмосферне повітря

БП – бенз(а)пірен

ГДЗ – гранично допустиме забруднення

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗА – забруднення атмосфери

ЗР – забруднювальна речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

ЛОС – леткі органічні сполуки

НПС – навколишнє природне середовище

НС – навколишнє середовище

КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери

ПЗ – показник забруднення

ПСЗ – пост спостереження за забрудненням

РЗ – рівень забруднення

ШР – шкідлива речовина

ВСТУП

Київ – столиця України, її політичний, економічний, науково-освітній та культурний центр, одне з найбільших міст Європи з населенням майже 3 млн. чоловік. А отже йому характерні всі екологічні проблеми великих міст. В першу чергу, це забруднення атмосферного повітря викидами від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. В Києві нараховується велика кількість магістралей з інтенсивним транспортним рухом, промислова інфраструктура представлена підприємствами енергетики (теплоелектроцентралі), будіндустрії, машинобудування, хіміко-фармацевтичної та харчової промисловості.

Забруднювальні речовини від стаціонарних джерел потрапляють в атмосферне повітря внаслідок повної відсутності або неповного уловлення й очищення викидів з організованих джерел забруднення. Натомість, викиди від пересувних джерел надходять в атмосферне повітря під час роботи двигунів автомобільного, авіаційного, залізничного, водного транспорту та виробничої техніки.

Населення міста тривалий час піддається впливу високих значень концентрацій шкідливих речовин, які містяться в повітряному басейні, що, безсумнівно, позначається на здоров'ї та добробуті жителів, а також на стані навколишнього середовища. Тому оцінка стану забруднення великого промислового міста є необхідною та актуальною задачею.

Мета дослідження – аналіз розподілу та оцінка рівня забруднення повітряного басейну міста Київ за вмістом забруднювальних речовин в період 2007 – 2016 років.

Об'єктом дослідження є забруднення атмосферного повітря великих міст.

Предметом дослідження є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Київ за допомогою розрахунку індексів та показників забруднення. Завданням дослідження є:

- аналіз динаміки та складу викидів забруднювальних речовин від різних джерел забруднення в місті;
- огляд існуючих методів визначення якості атмосферного повітря в Україні та за кордоном;
- розрахунок індексів та показників забруднення атмосферного повітря для міста Київ;
- оцінка рівнів забруднення атмосферного повітря по районах та загалом по місту за досліджуваний період.

Методи дослідження: математичної статистики, а саме обробка варіаційних рядів з визначенням математичного очікування, дисперсії, середнього квадратичного відхилення, отримання інтенсивних та екстенсивних показників для порівняння з нормативними величинами.

Для аналізу в роботі використані методики оцінки якості атмосферного повітря за індексом забруднення атмосфери та показником забруднення.

В якості вихідних даних дослідження використовувались матеріали «Щомісячних бюлетнів забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області» за 2007 – 2016 роки, «Екологічних паспортів міста Київ» за 2007 – 2012 роки, Головного управління статистики у м. Києві. Аналізувався середньорічний вміст 10 основних забруднювальних речовин: завислі речовини (пил), діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід.

Елементи наукової новизни:

- проаналізовано рівень забруднення атмосферного повітря м. Києва за комплексними і одиничними індексами забруднення атмосфери в 2007 – 2016 рр.;

- визначено ступінь небезпеки атмосферного повітря м. Києва за період дослідження окремими речовинами та групами їх сумачії.

Результати проведених досліджень доцільно використовувати в практиці для оцінювання забруднення повітряного шару в м. Києві з метою оптимізації управління в галузі охорони атмосферного повітря та прийняття мір по зменшенню його забруднення.

За темою магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 2 статті та 4 матеріалів і тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських та університетських конференціях (див. Додаток А).

Робота складається з переліку скорочень, вступу, 5 основних розділів, 9 підрозділів, висновку, переліку посилань та 3 додатків. Обсяг роботи з урахуванням додатків складає 92 сторінки, в тому числі 32 рисунки, 9 таблиць та 33 літературних джерела.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЄВА

Київ розташований в північній частині України, на межі Полісся і лісостепу по обидва береги Дніпра. Площа міста 836 км². Довжина вздовж берега - понад 20 км [1].

Більша частина міста лежить на високому (до 196 метрів над рівнем моря) правому березі Дніпра - Київському плато. Менша частина лежить на низинному лівому березі Дніпра. Поверхня правобережної частини міста – підвищена платоподібна рівнина, розчленована ярами та балками, долинами невеликих річок, лівобережної – низовинна рівнина. Характерні форми рельєфу правобережжя – гори-останці, зокрема, Печерська (її висота найбільша – 196 м над рівнем моря), Старокиївська (188 м), Батієва (176 м), Хоревиця (174 м), Багринова (170 м), Щекавиця, Замкова, Звіринецька, Чорна, Черепанова, Лиса. Найвідоміші яри: Бабин, Хрещатий, Смородинський, Кмитів, Протасів, Цимбалів та інші [2].

Своєрідність і різноманітність природних умов Києва пов'язані з його розташуванням на межі фізико-географічних зон: лісостепової та мішаних лісів. Північна частина міста розташована на Поліській низовині, південно-західна (правобережна) – на Придніпровській височині, південно-східна (лівобережна) – на Придніпровській низовині [2].

У геологічному відношенні м. Київ з прилеглими до нього територіями розташований у зоні стику двох регіональних структур північно-східного схилу Українського кристалічного щита та південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини. Межею між ними слугує Дніпровська зона розломів північно-західного простягання. Завдяки цьому Київ знаходиться у досить спокійній тектонічній зоні [3].

Ґрунтовий покрив Києва є вельми строкатим, зважаючи на різноманітність природних умов. Північним околицям міста, що тяжіють

до Полісся, властиві дерново-підзолисті ґрунти, сформовані переважно під хвойними лісами. На правобережній високій частині міста панують звичні для більшої частини України ґрунти – чорноземи. Утворились вони переважно на дуже своєрідних пухких, добре провітрюваних і відносно сухих суглинках – лесах. У природних київських лісопарках поширені темно – сірі лісові ґрунти, що утворились під пологом широколистяних лісів [4].

Місто Київ є багатим на воду: існують значні запаси підземної води; окрім цього, великою є кількість поверхневих водних об'єктів: річок, озер, ставків. Загалом водні об'єкти на території міста займають 6,7 тис. га, або 8,0 % території. Гідрографічна мережа Києва представлена р. Дніпро, річками його басейну (Десна, Либідь, Сирець, Нивка, Горенка, Віта, стр. Пляховий), озерами, болотами, штучними ставками і каналами. Дніпро і його долина мають вирішальний вплив на природні умови міста і дислокацію елементів його житлово-промислової агломерації. Характерним для режиму всіх річок є чітко виражена весняна повінь, низька літня межень, дещо підвищені рівні восени через сезонні дощі. Живлення річок змішане з переважаючим живленням ґрунтовими водами [5].

Місто Київ характеризується досить комфортним, помірно континентальним кліматом з теплим літом і м'якою зимою, оптимальною є зволоженість. Відчутний вплив на клімат Києва здійснює Дніпро, що в межах міста витягнутий в субмеридіональному напрямку. Велика рухома водна площа сприяє формуванню бризового перенесенню повітря: вдень різниця температур між водою та суходолом створює потоки свіжого вологого повітря до міста. Протягом року переважає антициклонічна діяльність, якій властива доволі стійка, малохмарна погода [6].

Пересічна температура січня — $-6,0^{\circ}\text{C} \dots -6,1^{\circ}\text{C}$, липня — $19,1^{\circ}\text{C} \dots 19,2^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температури — -35°C , абсолютний максимум — $+ 40^{\circ}\text{C}$. Глобальні зміни клімату, що спостерігаються на

земній кулі, не могли обминути і Київ. Більше того, на кліматичні умови істотно впливає саме місто – розсіювання тепла з теплотрас, будинків, ТЕЦ і т. ін. У зв'язку з цим температура повітря у місті вища, ніж на його околицях. Підвищення температури повітря у місті за останні десятиріччя є більшим, ніж глобальне на планеті [6].

Велике значення для формування клімату міста має пограничний шар повітря, який містить гази, аерозолі, пил, котрі істотно змінюють режим сонячної радіації, яка є одним із найважливіших факторів впливу на мікроклімат міста. Для Києва в цілому характерна тенденція зменшення прямої сонячної радіації внаслідок забрудненості атмосфери аерозольними викидами. Зменшення таких викидів промисловими підприємствами внаслідок згорання виробництв чи їхнього виведення за межі Києва компенсується зростанням викидів від автотранспорту із яким пов'язано більше 80% відсотків сумарного обсягу забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста [7].

Середньорічна кількість опадів випадає пересічно 600 мм на рік (від 551 до 628 мм). Відносна вологість повітря — від 51 – 52% у травні до 94 – 95% у грудні. Кількість годин сонячного сьйва — 1843 на рік. Вплив Київського та Канівського водосховищ посилює бризову циркуляцію, зміни швидкості вітру, а також кількість атмосферних опадів. Багаторічні спостереження ведуться на шести метеостанціях [6].

Територія міста поділена на 10 адміністративних районів: Голосіївський, Оболонський, Печерський, Подільський, Святошинський, Солом'янський, Шевченківський, Дарницький, Деснянський, Дніпровський (рисунок 1.1).

Із загальної площі м. Київ (835,6 км²) забудовані землі міста складають 364,0 км² або 43,5 %, із них під житловою та громадською забудовою знаходиться 115,0 км². Значна кількість земель зайнята промисловими об'єктами – 56,0 км², об'єктами транспорту та зв'язку – 22,0 км² [8].



Рисунок 1.1 – Адміністративні райони Києва [3]

По функціональному використанню територія міста розділяється на такі зони:

- селітебну (міська і сільська забудова);
- промислову;
- рекреаційну (лісові масиви, парки, сквери, зелені насадження загального користування, об'єкти природоохоронного фонду, водоймища).

Кожна із функціональних зон характеризується своїми особливостями, призначенням і впливом на навколишнє природне середовище (НПС).

Селітебна зона характеризується висотною забудовою в центральній правобережній частині міста, на нових масивах: Оболонь, Виноградар, Теремки та ін., на Лівобережжі - масиви Троєщина, Харківський, а також приватною забудовою, яка розташована переважно на околиці міста по його периметру. Негативний вплив цієї зони на навколишнє природне середовище можна оцінити як середній [8].

Промислова зона складається з промислових та автотранспортних підприємств. В межах Київської міської агломерації вони згруповані в промислові вузли і зони: Подільсько-Оболонський, Шулявка, Нижньолибідський, Дарницький, Тельбінський. Негативний вплив цієї зони на навколишнє природне середовище оцінюється як сильний [8].

Рекреаційна зона представлена умовно природними ландшафтами (ліси, луки, озера, річки), які збереглися в межах міста і його околиць, а також штучними зеленими насадженнями (парками, лісозахисними смугами і т.п.). Зона позитивно впливає на стан навколишнього природного середовища і є показником екологічного благополуччя. Лише у межах забудованої частини міста площа паркових насаджень досягає 183,0 км², а навколишнє зелене кільце з лісовими масивами Голосієва, Пущі-Водиці та Дарниці становить біля 339,0 км² [8].

Провідними галузями промисловості м. Києва є електроенергетика, машинобудування та металообробка, промисловість будівельних матеріалів, харчова, медична і легка промисловість.

Особливістю транспортної мережі міста є те, що в Києві недостатня кількість мостів (4 автомобільні – Московський, міст Метро, міст Патона та Південний, два залізничних – Дарницький та Петрівський, Дарницький залізнично-автомобільний міст) є причиною постійних заторів (зранку – при русі на правий берег Дніпра, увечері – при русі на лівий берег Дніпра). Пересуванню містом значно сприяє наявність метрополітену, міської електрички та окружної автодороги (поки що ще не навколо всього міста). Розвинена також автобусна, тролейбусна і трамвайна (гірше) мережі,

працює фунікулер. Зручність для добирання до Києва полягає також у наявності міжнародного аеропорту «Бориспіль» (29 км від Києва) та міжнародного аеропорту «Київ» (південно-західна околиця міста) [9].

2 МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЇВ

Склад атмосфери досить сталий. Всі домішки в приземній атмосфері незалежно від агрегатного стану в тій чи іншій мірі впливають на живі організми, що мешкають на Землі.

Людська діяльність призводить до змін в атмосфері. Численні викиди шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря (АП) від антропогенних джерел, перемішуються, переміщуються і вимиваються з неї. Постійно в повітряному басейні відбуваються фотохімічні процеси, що призводять до появи нових з'єднань, іноді більш шкідливих, ніж вихідні. З метою обмеження шкідливих викидів в АП необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану.

В м. Києві моніторинг забруднення атмосферного повітря проводиться Центральною геофізичною обсерваторією ім. Бориса Сризневського (ЦГО) Державної служби України з надзвичайних ситуацій на 16-ти стаціонарних постах спостереження за станом забруднення навколишнього природного середовища (ПСЗ) в 8-ми районах столиці, з яких 4 поста розташовані на лівому березі Дніпра, з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3-4 рази на добу (рис. 2.1).

Кожний пост працює за програмою, що розроблена спеціально для нього (з урахуванням місця розташування, близькості до джерел викидів, інших чинників). На постах столиці спостереження виконуються за повною (01, 07, 13 та 19 години) або скороченою програмою (7 та 19 години) протягом всього року, крім неділей та святкових днів. В різні роки на деяких ПСЗ спостереження проводились не в повному обсязі через відключення від електромережі.

На всіх ПСЗ визначається вміст основних забруднювальних домішок – завислі речовини (пил), діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту, на

одному посту – вміст розчинних сульфатів і оксиду азоту. За вмістом специфічних речовин - сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, бенз(а)пірен, залізо, кадмій, марганець, мідь, нікель, свинець, хром, цинк спостереження проводились на окремих постах з урахуванням викидів промислових підприємств, розташованих поблизу ПСЗ, а також в районах найбільш завантажених автомагістралей міста [10].

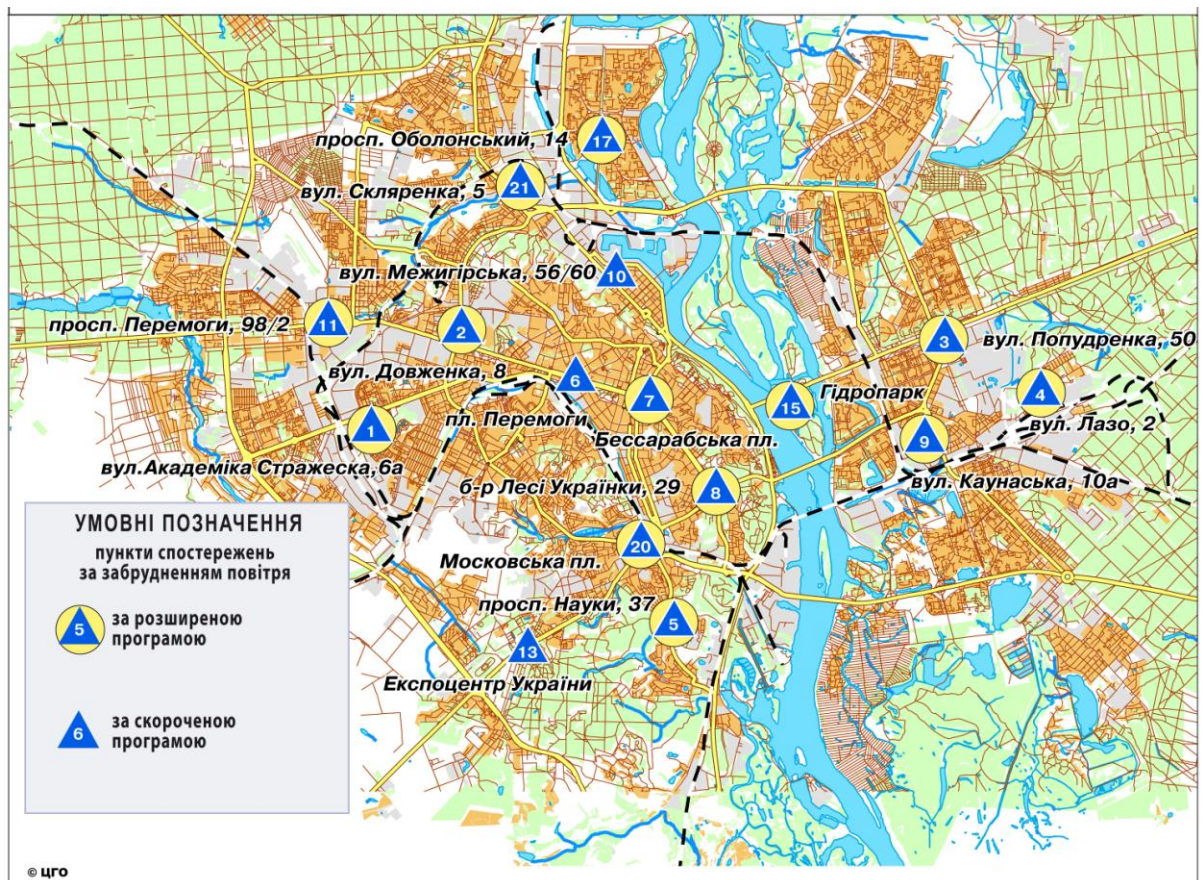


Рисунок 2.1 – Мережа спостережень ЦГО за забрудненням атмосферного повітря в м. Києві [10]

Згідно із Законом України «Про охорону атмосферного повітря» [11], для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я України (МОЗ) встановлюються гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих атмосфери речовин (ЗР). Оцінка стану забруднення атмосферного повітря

проводиться шляхом порівняння забруднюючих речовин з відповідними гранично допустимими концентраціями.

Забруднювальними речовинами повітря називаються субстанції, що присутні в атмосфері й впливають на здоров'я людини, стан тваринного, рослинного світу й мікроорганізмів та спричиняють руйнування матеріалів [12].

Гранично допустима концентрація – це максимальна концентрація шкідливої речовини (ШР) в АП, віднесена до певного часу усереднення, яка при періодичному впливі або упродовж усього життя людини не впливає і не вплине негативним чином на нього і на довкілля в цілому [13].

Для оцінки якості атмосферного повітря встановлено такі категорії ГДК: середньодобова (ГДК_{сд}), максимально разова (ГДК_{мр}) і робочої зони (ГДК_{рз}).

ГДК_{сд} – встановлюється для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та іншого впливу речовини на організм людини [13]. Речовини, які оцінюються за цим нормативом, мають здатність тимчасово або постійно накопичуватися в організмі людини.

ГДК_{мр} – встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткочасному впливі атмосферних домішок [13]. За цим нормативом оцінюються речовини, що володіють запахом або впливають на інші органи чуття людини.

ГДК_{рз} – рівень концентрації інгредієнта, що не повинен викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 годин (але не більше 41 годин на тиждень) захворювань або приводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під робочою розуміють шар повітряного простору з висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце [13].

Розроблено чотири класи небезпеки ШР: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високо небезпечні; 3 – помірно небезпечні; 4 – мало небезпечні [13].

ГДК та класи небезпеки основних ЗР наведено в таблиці 2.1. Слід відзначити, що до 2011 р. діоксид азоту був віднесений до 2 класу небезпеки з більш жорсткими ГДК.

Таблиця 2.1 – Величини гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених місць [10]

№ п/п	Найменування речовини	Величина максимально- разової ГДК _{м.р.} , мг/м ³	Величина середньодобової ГДК _{с.д.} , мг/м ³	Клас небезпеки речовини
1	Пил (завислі речовини)	0,5	0,15	3
2	Діоксид сірки	0,5	0,05	3
3	Оксид вуглецю	5,0	3,0	4
4	Діоксид азоту	0,20	0,04	3
5	Оксид азоту	0,40	0,06	3
6	Фенол	0,01	0,003	2
7	Фтористий водень	0,02	0,005	2
8	Хлористий водень	0,2	0,2	2
9	Аміак	0,2	0,04	4
10	Формальдегід	0,035	0,003	2

Зупинимось на властивостях та особливостях впливу окремих забруднювальних речовин на здоров'я людини та НС.

2. 1 Оксид вуглецю

Оксид вуглецю («чадний газ», CO) є одним з основних газоподібних забруднювальних речовин, постійний компонент атмосфери (0,01 – 0,9 мг/м³). Являє собою безбарвний горючий отруйний газ без смаку і запаху.

Природні джерела оксиду вуглецю: неповне згоряння органічної речовини, виділення живими організмами, вулканічні і болотяні гази, лісові та степові пожежі, окислення CH₄ в тропосфері тощо. Антропогенні джерела CO: неповне згоряння сучасного і викопного органічного палива (підприємства теплоенергетики, хімічної, металургійної, нафтохімічної промисловості, автотранспорт та ін.). Більше за 60% викидів CO припадає на автотранспорт; при пробігу 1 автомобіля за рік викидається більше ніж 500 кг CO, який становить 12% вихлопних газів, що містять крім нього більше ніж 200 хімічних сполук. Тривалість перебування в атмосфері складає близько 2 місяців. Досягаючи стратосфери, CO окислюється до CO₂, а при взаємодії CO з гідроксильними радикалами утворюється формальдегід і бере участь у відновленні HNO₃ до NO₂. Оксид вуглецю поглинається мікроорганізмами і грибками, що окислюють його до CO₂. Деякі морські водорості нагромаджують його до 5%; океан не тільки поглинає CO, але і є його джерелом [13].

Оксид вуглецю вдихається разом з повітрям або тютюновим димом і надходить у кров, де конкурує з киснем за молекули гемоглобіну, з'єднуючись з молекулами гемоглобіну міцніше, ніж кисень. Чим більше оксиду вуглецю міститься в повітрі, тим більше гемоглобіну зв'язується з ним і тим менше кисню досягає клітин. Порушується здатність крові постачати кисень до тканин, викликаються спазми судин, знижується імунологічна активність людини. CO, який вдихається, надходить в кров, підвищує кількість цукру в крові, послаблює подачу кисню до серця [14].

У здорових людей ефект перебування в забрудненому оксидом вуглецю просторі проявляється в зменшенні здатності виносити фізичні навантаження. На людей з хронічними хворобами серця CO може впливати на всю життєдіяльність організму. Тривала дія може виражатися в частішанні головних болів, підвищеній сонливості, нудоті.

Вплив оксиду вуглецю на стан навколишнього середовища відбувається опосередковано. Сам по собі газ не володіє сильним парниковим ефектом, але в ході реакцій з OH в атмосфері утворюється більш сильний парниковий газ – вуглекислий. Це, в свою чергу, збільшує концентрацію метану, іншого сильного парниковий газу.

2.2 Діоксид сірки

Діоксид сірки (сірчистий ангідрид, SO_2) – безбарвний газ з різким задушливим запахом, добре розчинний у воді, є другою по масі забруднюючою атмосферне повітря речовиною. Він утворюється при спалюванні викопного палива на підприємствах паливно-енергетичного комплексу (мазут, вугілля) і в дизельних двигунах, а також при переробці нафти, при отриманні сірчаної кислоти та ін.

Під впливом ультрафіолетових променів SO_2 руйнується з утворенням сірчаного ангідриду ($2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + 185 \text{ кДж}$), а при контакті з водяною парою утворюється сірчаста, а потім і сірчана кислота ($SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \rightarrow H_2SO_4$) [13].

Разом з масами повітря SO_2 може переноситись вітром на великі відстані. Виводиться з атмосфери разом з опадами у вигляді так званих «кислотних дощів», які ушкоджують трав'янисті фітоценози, приводять до деградації ґрунтів, забруднюють поверхні водойм, отруюючи живі організми, призводять до корозії металів та споруд [15].

Діоксид сірки – це токсичний газ. Подразнювальна дія SO_2 на слизові оболонки призводить до розвитку таких захворювань:

- хронічний риніт – хронічне запалення слизової оболонки носа;
- запалення слухового проходу;
- хронічний бронхіт з астматичними компонентами
- хронічне запалення бронхів [12].

Тривалий вплив на людину малих концентрацій SO_2 може спричинити патологічні зміни в органах травлення, функціональні порушення щитовидної залози. Унаслідок перебування у середовищі з досить високими концентраціями SO_2 може спостерігатися гострий бронхіт, задуха і навіть смерть від рефлексорного спазму горла [12].

Крім того, вдихання забрудненого SO_2 повітря призводить до змін складу крові, погіршення імунітету, порушення вуглецевого та білкового обмінів речовин в організмі, пригнічення окислювальних процесів у головному мозку, печінці, селезінці, м'язах, руйнації вітаміну B_1 у крові. Саме цей вітамін відіграє важливу роль у білковому й вуглеводневому обміні в організмі, підтримує нормальне функціонування центральної нервової системи [12].

При вимиванні з атмосфери SO_2 та інших оксидів сірки "кислотні" дощі, що утворюються при цьому, знижують родючість ґрунту та ефективність застосування мінеральних добрив на орних землях, негативно впливають на довгорічні трави сінокосів і пасовищ, вражають деревні рослини, особливо дуб, липу, ялину, руйнують хлорофіл у листі. Це призводить до уповільнення росту і зниження врожайності сільськогосподарських насаджень [12].

Діоксид сірки є причиною передчасної корозії металів, зниження стійкості лакофарбувальних покриттів, руйнування, забруднення й потемніння через окислення облицювання будівель і споруд, зниження міцності й довговічності металевих конструкцій, особливо з алюмінію [12].

Процес паливного згоряння (будь-якого, і автомобільного, і, наприклад, вугілля) провокує підвищення концентрації азотних оксидів, чадного газу та, безумовно, газу сірчистого. Комбінація даних речовин призводить до того, що в повітрі утворюється смог – туман блакитного відтінку, небезпека якого для людського життя просто величезна. Найбільш відомий світові смог міста Лондона. Саме слово «смог» - це поєднання слів «smoke», тобто «дим», і «fog» - «туман».

1952 рік став справжньою катастрофою для Лондона в цьому відношенні, адже медики зафіксували понад 4000 смертей за період всього 4-х днів – причиною загибелі лікарі однозначно назвали смог. У ці дні фіксувалося величезна кількість диму над містом, причому вміст сірчистого ангідриду був в ньому просто жахливим. Через 11 років в Нью-Йорку 400 чоловік загинуло від смогу всього за годину. Науковці зробили однозначний висновок, згідно з яким збільшення вмісту сірчистого газу в смогу безпосередньо позначився на його токсичному впливі. Навіть грецькі Афіни страждають від дії сірчистого ангідриду. Щорічно виділення даної речовини наближається до 150 тис. т [15].

2.3 Оксиди азоту

Значна кількість NO_x утворюється в процесі горіння при високій температурі ($\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$) передусім в двигунах внутрішнього згоряння, працюючих на вуглеводневій сировині [13].

Діоксид азоту (NO_2) за звичайних умов являє собою газову суміш бурого кольору з задушливим запахом. Можливі джерела надходження діоксиду азоту в атмосферне повітря – виробництво електроенергії, газу та води, переробна промисловість, металургія та оброблення металу, викиди автотранспорту [16].

Діоксид азоту – стійкий газ, що зберігається в атмосфері близько 3 діб. Сполучившись з парами води, сприяє утворенню кислотних опадів ($\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$), взаємодіючи з вуглеводнями в присутності сонячного світла утворює пероксиацетилнітрат (ПАН) та інші фотохімічні окиснювачі, такі як O_3 – складові фотохімічного смогу [13].

NO_2 – спричинює сильну подразнювальну дію на слизові оболонки дихальних шляхів. Діоксид азоту спричинює сенсорні, функціональні й патологічні ефекти: почуття сухості та першіння в горлі, послаблення нічного зору, важкість дихання тощо. Він здатний глибоко проникати в легені та пошкоджувати їх тканини. Унаслідок контакту із слизовою оболонкою утворює азотисту (HNO_2) та азотну (HNO_3) кислоти, які роз'їдають стінки альвеол. Ці стінки починають пропускати сироватку крові в порожнину легень, у цій сироватці розчиняється повітря і утворює піну, що перешкоджає подальшому газообміну і викликає набряк легенів [12].

Вдихання оксиду азоту (NO) викликає зменшення рівня гемоглобіну в крові. Тому зовнішні ознаки впливу оксиду азоту на людину часто схожі на ознаки впливу CO [12].

Загалом оксиди азоту є отруйними газами. Характер їх дії на організм людини залежить від вмісту різних оксидів азоту в повітрі. При перебуванні в атмосфері з відносно високими концентраціями оксидів азоту (0,004 – 0,008 %) у людини виникають астматичні прояви та набряк легенів. Вдихаючи повітря, що містить оксиди азоту у високих концентраціях, людина не має неприємних відчуттів і не підозрює про небезпеку. Внаслідок тривалої дії порівняно невеликих концентрацій оксидів азоту на організм людина може захворіти на хронічний бронхіт, запалення слизової оболонки шлунково-кишкового тракту, страждати на серцеву слабкість, нервові розлади [12].

Крім того, внаслідок перебування тривалий час в атмосфері з підвищеним вмістом оксидів азоту в організмі людини можуть

утворюватися нітриту й всмоктуватися в кров. Наявність їх у крові викликає перетворення гемоглобіну на метабемоглобін, що, у свою чергу, призводить до порушень серцевої діяльності [12].

Оксиди азоту спричинюють негативний вплив і на рослинність, вступаючи в реакцію з атмосферною вологою і утворюючи на листочках розчини азотної і азотистої кислот. Таким самим є механізм дії оксидів азоту на будівельні матеріали і металеві конструкції. Крім того, оксиди азоту беруть участь у реакціях утворення фотохімічного смогу [12].

2.4 Завислі речовини

Завислі речовини (тверді частинки, РМ) включають багато різних компонентів. В них входять пил, зола, сажа, дим, сульфати, нітрати та інші тверді складові. ЗР утворюються в результаті згоряння всіх видів палива та при виробничих процесах. Залежно від складу викидів вони можуть бути і високотоксичними, і майже нешкідливими. Вони можуть мати як антропогенне, так і природне походження, наприклад, утворюватися в результаті ґрунтової ерозії [17].

Завислі речовини варіюють в розмірах, за складом і природою утворення. Повітряні частки завислих речовин великих і малих розмірів, включаючи дрібні частинки, які називають РМ, являють собою складне з'єднання органічних і неорганічних субстанцій. Дрібні частинки діляться на РМ₁₀ і РМ_{2,5} в залежності від їх розміру. Великі частинки звичайно містять ґрунтові матеріали, пил від доріг і викиди від промисловості. Дрібні частинки містять більше кислот, а також сульфати [17].

Під впливом метеорологічних умов відбувається перемішування всіх складових атмосфери, перенесення і розсіювання домішок на великі відстані від міста, вимивання їх опадами і осадження в тумані [17].

Пил (зважені часточки діаметром до 2,5 мікрметрів органічної та неорганічної природи) здатний викликати захворювання органів дихальної системи, серцево-судинної системи і збільшувати показники смертності серед населення, яке проживає в зоні інтенсивного руху транспорту.

Завислі речовини при проникненні в органи дихання людини призводять до порушення системи дихання і кровообігу. Тверді частинки, що вдихаються, впливають як безпосередньо на респіраторний тракт, так і на інші органи за рахунок токсичного впливу частинок різних компонентів, які входять до їх складу. Люди з хронічними порушеннями в легенях, з серцево-судинними захворюваннями, з астмою, частими простудними захворюваннями, люди похилого віку та діти особливо чутливі до впливу дрібних зважених часток діаметром менше 10 мікрон (PM₁₀). Особливо небезпечне поєднання високих концентрацій РМ і діоксиду сірки [17].

2.5 Аміак, фтористий водень, фенол, бенз(а)пірен

Аміак виділяється при очищенні мінеральних масел, при виробленні шкіри, поблизу місць утримання худоби. Він викидається при виробництві мінеральних добрив, в холодильних установках [17].

Вміст в повітрі аміаку призводить до подразнення дихальних шляхів, у високих концентраціях збуджує центральну нервову систему, створює рясну сльозотечу, запаморочення і біль в очах [17].

Фтористий водень міститься у викидах суперфосфатних підприємств, підприємств чорної металургії, при виробництві цегли, кераміки і, головне, при електролітичному способі отримання алюмінію [17].

Фтористі з'єднання несприятливо впливають на здоров'я людини і на рослинність. При високих концентраціях вони впливають на дихальні

шляхи, викликають носові кровотечі, вражають печінку. Потрапляючи в атмосферу, фтористі з'єднання осідають на рослинах, на ґрунті, в водоймах. Фтор накопичується в рослинах і в організмі людини, головним чином в кістках. Він може переноситися вітром, створюючи вторинне забруднення. Дослідження показують, що кількість фтору в соснах зростає при збільшенні часу експозиції. При тривалому впливі цих викидів відбувається повне згасання життя дерев [17].

Фенол надходить в атмосферу з викидами від кам'яновугільних і сланцевих смол, чорної металургії, меблевої промисловості при виробництві фенолформальдегідних пластиків, просочення шпал, в нафтохімічній і нафтопереробній промисловості. При хронічно високому забрудненні фенолом може спостерігатися подразнення верхніх дихальних шляхів, виникає слабкість, свербіж шкіри, посилення серцебиття [18].

Бенз(а)пірен (БП) – головним чином, результат технічного прогресу, наслідок діяльності людини. Основні джерела техногенного забруднення – спалювання твердих і рідких органічних речовин, в тому числі нафти і нафтопродуктів, деревини, антропогенних відходів. Багато БП міститься у викидах підприємств кольорової та чорної металургії, енергетики, будівельної промисловості. З природних джерел БП варто відзначити лісові пожежі, виверження вулканів.

БП віднесений до речовин першого класу небезпеки з надзвичайно високим небезпечним впливом на навколишнє середовище, при цьому зміни, викликані ними, незворотні і відновленню не підлягають. Бенз(а)пірен – один з найпотужніших і при цьому широко поширений канцероген. Будучи хімічно і термічно стійким, володіючи властивостями біоаккумуляції, він, потрапивши і накопичуючись в організмі, діє постійно і потужно. Крім канцерогенної, бенз(а)пірен надає мутагенну, ембріотоксичну, гематотоксичних дії. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) встановила середньорічне значення БП $0,001 \text{ мкг/м}^3$, як

величину, вище якої можуть спостерігатися несприятливі наслідки для здоров'я людини, в тому числі виникнення злоякісних пухлин [17].

Важливо відмітити, що в Україні з 2014 року у зв'язку з ліквідацією регіональної лабораторії Донецького обласного центру з гідрометеорології, яка єдина на всій мережі гідрометслужби проводила аналіз речовини бенз(а)пірен, спостереження за БП зараз не проводиться.

2.6 Формальдегід

Серед шкідливих речовин, що містяться в атмосфері міст, слід особливо розглядати формальдегід. Він утворюється від неповного згоряння рідкого палива в промисловості, при виготовленні штучних смол, пластмас, при виробленні шкіри і т.д. Формальдегід надходить в атмосферу також у суміші з іншими вуглеводнями від підприємств деревообробної та целюлозно-паперової, хімічної та нафтохімічної промисловостей, кольорової металургії при біологічному очищенні стічних вод, на сміттєспалювальних установках, від автотранспорту [17].

Також формальдегід є звичайною складовою частиною вихлопних газів автомобілів. Обсяги надходження формальдегіду в атмосферне повітря від різних автомобілів значною мірою визначаються типом пального – найбільша кількість цієї забруднювальної речовини надходить в повітря від автомобілів, що працюють на метані. Утворення формальдегіду, як проміжного продукту, з природного газу активно відбувається за високого тиску та високих температур. Такі умови спостерігаються при спалюванні природного газу у циліндрі двигуна, крім того, ще додається вплив стінок металу циліндра, в якому відбувається процес. Саме зі зростанням частки автомобільного транспорту, який працює на природному газі, і може бути пов'язано підвищення концентрацій формальдегіду у повітрі міст України [19].

У чистій атмосфері концентрація формальдегіду визначається природними процесами. Виділяються два найважливіших джерела надходження в атмосферу формальдегіду: лісові пожежі і тваринництво. Формальдегід є вторинною домішкою, що виникає в результаті фотохімічних реакцій при взаємодії в атмосфері з оксидами азоту, вуглеводнями та іншими речовинами [20].

Він є речовиною другого класу небезпеки, здійснює подразнюючу дію на організм людини, має високу токсичність. При концентраціях істотно вище ГДК, формальдегід діє на центральну нервову систему, особливо на зорові органи. При гострих отруєннях характерне подразнення слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів, різь в очах, першіння в горлі, кашель, біль і відчуття тиску в грудях, задуха [20].

2.7 Леткі органічні сполуки

Термін "леткий" відповідає тенденції цих сполук випаровуватися за нормальними температурою та тиском через їх малу точку кипіння. Розвиток передових технологій у сучасному індустріалізованому суспільстві супроводжується значним збільшенням асортименту летких органічних сполук (ЛОС), що потрапляють у повітря приміщень з різних джерел. Це ароматичні вуглеводні, аліфатичні та аліциклічні вуглеводні, кетони, спирти, прості гліколеві ефіри, складні ефіри, фенольні смоли, хлоровані вуглеводні, терпени, альдегіди, ацетати [15].

До основних джерел ЛОС належать побутові матеріали, зокрема меблі (дерев'яні поверхні, оброблені лаками, фарбами, політурою тощо); покриття підлог, серед яких паркет, синтетичні покриття, лінолеуми та різноманітні компоненти цих матеріалів, такі як барвники, добавки, розчинники, пластифікатори; килими, порт'єри, покривала, що містять синтетичні нитки, компоненти латексу та клею; книжки, газети, журнали;

побутова техніка, зокрема копіювальні машини, тонери, принтери, нагрівники, вентилятори, кондиціонери; побутова хімія та матеріали, які включають мийні речовини, воски, освіжувачі повітря, шпалери, пластикові покриття, матеріали для клеєння; нові та відновлені будинки; вихлопні гази автомобілів, транспортні речовини, що містять бензин, мастила, автомобільні рідини, компоненти внутрішнього оздоблення нових автомобілів (шкіряні покриття та тканини); тютюновий дим, біологічні частинки, такі як віруси, бактерії, гриби, пилок, послід птахів, комахи, гризуни, екскременти тварин, декоративні рослини [15].

ЛОС у повітрі приміщень негативно впливає на органи зору, носоглотку, горло, викликає їх подразнення, а також головний біль, запаморочення, нудоту. Комбінації захворювань, пов'язаних з індивідуальним місцем на роботі чи вдома, називають "синдромом хворого будинку" [15].

3 ДИНАМІКА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН СТАЦІОНАРНИМИ ТА ПЕРЕСУВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Якість атмосферного повітря в м. Києві залежить від обсягів викидів забруднювальних речовин двох основних джерел забруднення – стаціонарних і пересувних.

Протягом 2015 р. в атмосферу міста надійшло 171,0 тис. т забруднювальних речовин від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, що на 20,1% менше в порівнянні з попереднім 2014 р., і на 24,7% в порівнянні з 2006 р. (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від різних джерел забруднення в місті Київ за 2006 – 2015 рр., тис. т, [1-6; 21]

Рік									
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всього викидів:									
227,1	230,5	275,2	277,9	265,3	254,5	259,2	247,7	214,2	171
1. від стаціонарних джерел забруднення:									
26,4	26,5	27	43,9	28,6	33,3	32,9	31,9	31,4	26,7
2. від пересувних джерел забруднення:									
200,7	204	248,2	234	236,7	221,2	226,3	215,8	182,8	144,3
- в тому числі від автотранспорту:									
191	190,8	236,8	226,6	229,2	212,7	218,3	-	-	-

Динаміка сумарних викидів забруднювальних речовин по м. Києву, яка представлена на рисунку 3.1, свідчить про велике зростання викидів в період з 2008 по 2012 рік та зниження починаючи з 2013 р. При цьому викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел з 2006 р. по 2015 р. залишалися практично на одному рівні (26,4 тис. т – 26,7 тис. т, відповідно), за винятком 2009 р. (43,9 тис. т).

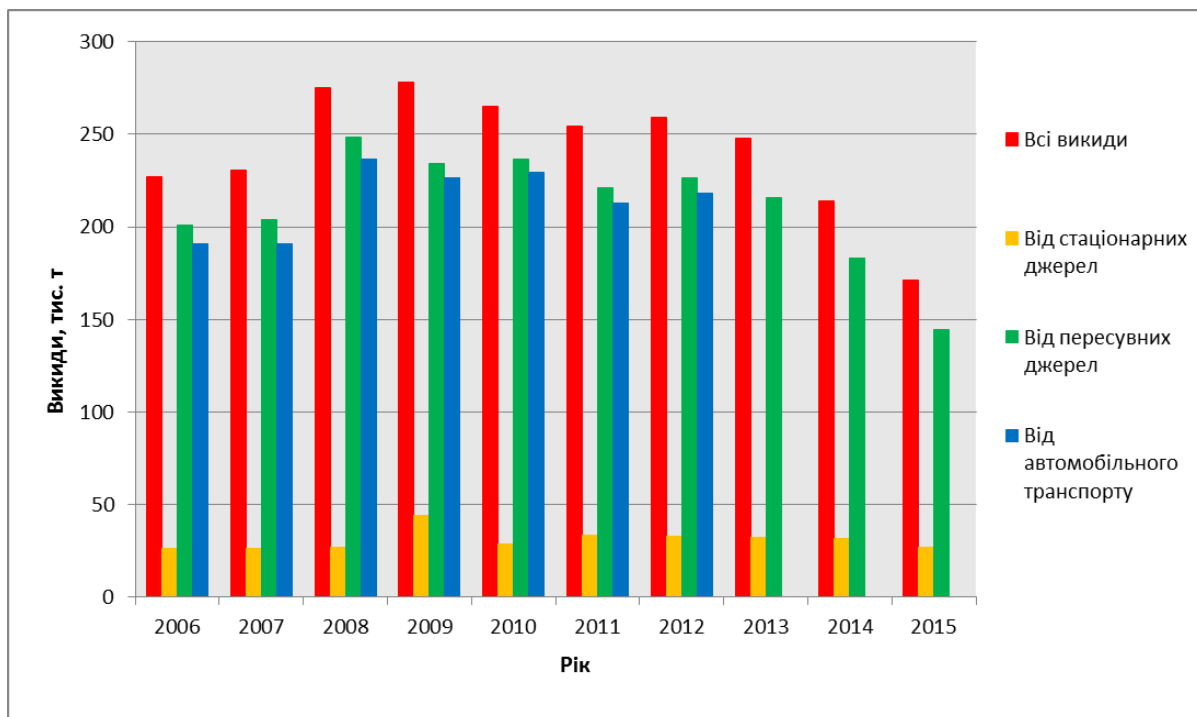


Рисунок 3.1 – Динаміка викидів забруднювальних речовин за джерелами в м. Києві за 2006 – 2015 рр. (складено автором за матеріалами [1-6; 21])

Обсяги викидів забруднювальних речовин від пересувних джерел по місту на період 2006–2015 рр. знизились на 28% (відповідно 200,7 – 144,3 тис. т). Але в супереч цьому, пересувні джерела викидів як і раніше залишаються основним забруднювачем повітря в місті (84,4% викидів), а саме автотранспорт вносить 84,2% від загального числа викидів в 2012 р. На жаль, через відсутність даних ми не можемо побачити долю вкладу в викиди ЗР автомобільного транспорту за останні 2013 - 2015 роки.

З вище сказаного зрозуміло, що антропогенне забруднення атмосферного повітря м. Києва в основному формується за рахунок пересувних джерел. В структурі забруднення атмосферного повітря Києва в 2015 р. на пересувні джерела припадало 84 % і 16 % на стаціонарні (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Розподіл викидів забруднювальних речовин за джерелами в м. Київ в 2015 р., % (складено автором за матеріалами [1-6])

З рисунку 3.1 бачимо, що в 2008 році обсяги викидів від автотранспорту були найбільші (236,8 тис. т), це на 19,4% більше ніж у минулому 2007 році., але з роками обсяги викидів зменшились на 7,8% (2012 р.).

Обсяги викидів від автотранспорту обумовлені збільшенням кількості автотранспорту в місті за рахунок транспортних засобів населення, погіршенням технічного стану автомобільного парку автотранспортних підприємств, незадовільною якістю палива та недостатньо розвиненою законодавчою та юридичною базою у галузі ефективного управління автотранспортом. Це ставить дану проблему на провідне місце серед екологічних проблем міста Київ. Для вирішення проблеми зменшення надходжень викидів забруднюючих речовин в

атмосферне повітря від автотранспортних засобів необхідно здійснити екологічну модернізацію дорожньо-транспортної системи міста [6].

Київ має потужний промисловий комплекс різногалузевих підприємств, подекуди з неудоконаленими енерговитратними та ресурсовитратними технологіями без належної очистки викидів [8]. З таблиці 3.2 бачимо, що ще в 2007 р. викиди забруднювальних речовин у повітряний басейн міста здійснювали 1712 підприємств, установ та організацій міста, а в наступному 2008 їх кількість скоротилася до 465 одиниць, і в 2012 році нараховувалось 319 одиниць. Від них в атмосферу надійшло 32,9 тис. т забруднювальних речовин, що на 25% менше порівняно з 2009 роком, коли викидів від стаціонарних джерел було найбільше за всю вибірку.

Це було пов'язано зі збільшенням у складі палива частки мазуту та вугілля на підприємствах енергетичного комплексу. Основними забруднювачами довкілля міста були підприємства-виробники електроенергії, газу та води (93,3% шкідливих викидів). У порівнянні з січнем – березнем 2008 р. на ЗАТ ЕК «Дартеплоцентраль», ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6 АК «Київенерго» відбувся перерозподіл кількості використовуваного ними палива в бік збільшення кількості вугілля і зменшення кількості газу, що сприяло різкому збільшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [22].

У структурі викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності переважають викиди, спричинені виробництвом та розподілом електроенергії, газу та води. Підприємств, що займаються такою діяльністю, в Києві 12 [23]. Найбільш питому вагу у забруднення атмосфери міста вносять такі підприємства: ТОВ «Євро-реконструкція», ПАТ «Екостандарт», філіал ТЕЦ №5 ПАТ «Київенерго», філіал ТЕЦ №6 ПАТ «Київенерго», філіал «Теплові мережі ПАТ «Київенерго» [6]. Відсоток викидів яких у 2012 році склав 79,4% від загальної кількості

викидів стаціонарних джерел. Основні стаціонарні джерела характеризуються досить нерівномірним територіальним розміщенням [23].

Таблиця 3.2 – Кількість суб'єктів підприємницької діяльності в м.Києві, що здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря в 2006 – 2012 рр. [1-6]

Показники	Рік						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, од.	1632	1712	465	447	424	355	319
Загальна кількість суб'єктів підприємницької діяльності, що мають дозвіл на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, од.	1620	1647	1249	973	1277	1607	–
Потенційний обсяг викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел за суб'єктами підприємницької діяльності, поставленими на облік, тис. т	105,2	105,2	100,9	110,3	112,4	113,5	–

Однією з основних причин значних обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від підприємств енергетики є: наявність у структурі палива ПАТ «Екостандарт» твердого палива (вугілля); застарілість основних фондів енергетичних підприємств та відсутність ефективних технологій очищення викидів; неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів окремими виробниками та споживачами енергії [6].

До проблем забруднення атмосферного повітря відносять також збільшення кількості автономних котелень в місті, оскільки у зв'язку зі зростаючими темпами забудови міста спостерігається невідповідність в реальній спроможності підприємств енергетики забезпечувати відпуск тепла споживачам. На даний час централізовані міські тепломережі є і так перевантаженими, а приєднання додаткових споживачів потребує встановлення додаткового теплогенеруючого обладнання відповідної потужності [5].

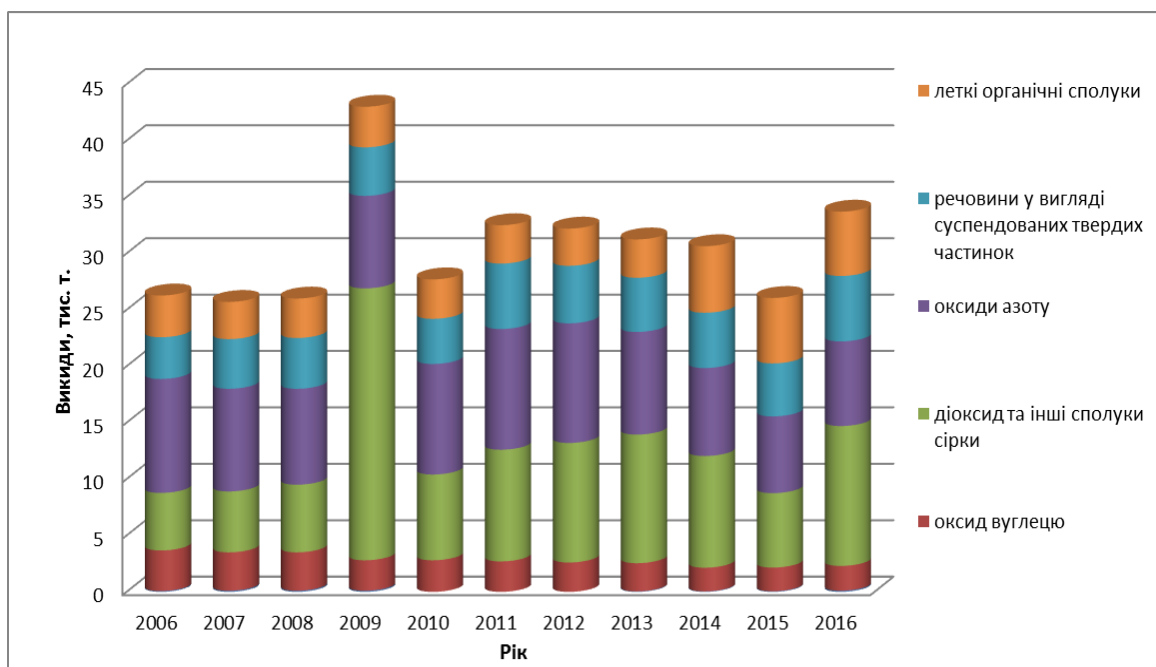


Рисунок 3.3 – Викиди основних забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в м. Києві за 2006 – 2016 рр. (складено автором за матеріалами [1-6; 21])

Згідно рисунку 3.3 основними речовинами, що забруднюють атмосферне повітря та надходять від стаціонарних джерел, є діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, леткі органічні сполуки, оксид вуглецю. Найбільшу частку забруднення має діоксид та інші сполуки сірки, динаміка викидів яких за 2006 – 2016 рр. то стрімко збільшувалась, то зменшувалась.

Так викиди діоксиду та інших сполук сірки (12,4 тис. т) в 2016 році були майже вдвічі більшими ніж минулому 2015 році (6,6 тис. т). А в 2009 році було зафіксовано найбільшу кількість викидів SO_2 за період дослідження – 24,1 тис. т., через те, що на підприємствах електроенергетики відбувся перерозподіл кількості використовуваного палива в бік збільшення кількості вугілля і зменшення кількості газу. За останні роки зменшились викиди оксиду вуглецю та оксиду азоту, а викиди речовин у вигляді суспендованих твердих частинок та летких органічних сполук навпаки збільшились (додаток Б).

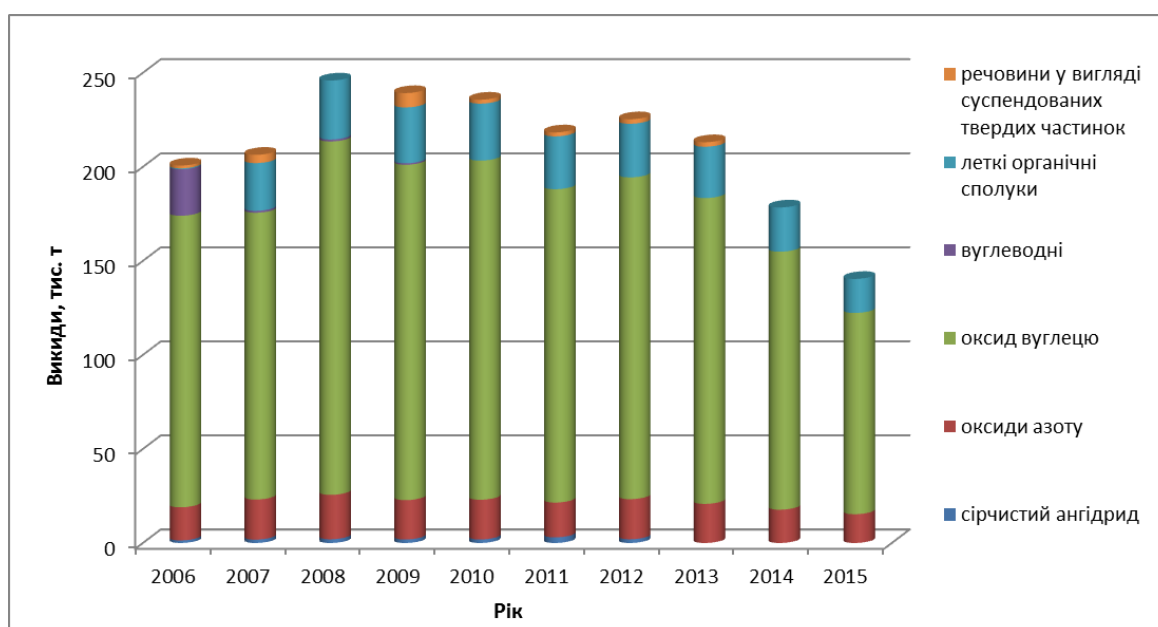


Рисунок 3.4 – Викиди основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел в м. Києві за 2006 – 2015 рр. (складено автором за матеріалами [1-6; 21])

Основну частину викидів від пересувних джерел в м. Києві (рис. 3.4) становлять такі ЗР, як: оксид вуглецю, леткі органічні сполуки та оксиди азоту. Обсяги викидів цих речовин зростали до 2008 року, а з 2009 р. з кожним роком спостерігався їх тренд у напрямі зменшення. Близько 76% викидів від автомобільного транспорту становить оксид вуглецю (107 тис.т в 2015 р.).

4 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря у світі

При розрахунку індексу забруднення атмосфери (ІЗА) передбачається, що всі забруднювальні речовини, які не перевищують гранично допустимі концентрації, однаково впливають на організм людини, але із збільшенням їх концентрацій збільшується і ступінь їх шкідливості, зростаючи з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини [24].

Сумарний ІЗА використовується для порівняння ступеня забруднення атмосфери в різних містах, проте це можливо лише в разі якщо вимірюються концентрації однакового набору речовин. Як показує практика, набір вимірюваних забруднюючих речовин в різних містах, більш того на різних постах одного міста, може розрізнятися. За значенням ІЗА можна судити про ступінь забруднення атмосферного повітря, динаміку забруднення, а також про необхідні управлінські рішення у сфері природокористування [24].

Відмінною рисою аналізу якості повітря країн колишнього СРСР є те, що він проводиться враховуючи найбільш небезпечні речовини і обсяг їх викидів для кожної окремої території. Недоліком цього підходу є відсутність стандартизованого переліку забруднюючих речовин, що ускладнює порівняння та обмін інформацією. З іншого боку, облік специфічних забруднювачів є більш об'єктивним при оцінці якості повітря і впливу його на організм людини [24].

Існують також інші види індексу забруднення атмосфери. У системі соціально-гігієнічного моніторингу Білорусі використовують сумарний

показник забруднення атмосферного повітря (P), який розраховують за формулою (4.1):

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2} , \quad (4.1)$$

де P – сумарний показник забруднення; K_i – нормовані по ГДК концентрації речовин 1, 2, 4-го класів небезпеки, приведені до біологічного еквівалентного 3-го класу небезпеки за коефіцієнтами ізоефективності, що дорівнюють: 1 клас – 2,0; 2 – 1,5; 3 – 1,0; 4 – 0,8.

Так основна відмінність показника P від традиційного ІЗА – дещо інші значення ізоефективності для речовин 1,2 і 4-го класів небезпеки [25].

У Канаді використовується індекс здоров'я за якістю повітря (Air Quality Health Index or – AQHI), він прийшов на зміну індексу якості повітря (Air quality index – AQI), розробленого в 1970-х роках [24].

AQHI був розроблений вченими шляхом визначення добової зміни ризику смертності по десяти містах з 1998 по 2000 рр. і з представленням результатів у вигляді 10-бальної шкали. Істотна відмінність AQHI від попереднього полягає в тому, що він показує небезпеку спільного впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини і має наукове обґрунтування того, що навіть низькі рівні впливу мають негативний вплив, це особливо важливо для людей з групи ризику (діти, літні люди та люди, що мають діабет, захворювання серця і легенів). При розрахунку AQHI враховуються три специфічні забруднювальні речовини (O_3 , $PM_{2,5}$, NO_2), які здійснюють серйозний спільний вплив на здоров'я людини, навіть в результаті короткочасного впливу [24]:

$$AQHI = \frac{10}{10,4} \times \left(100 \left[\left(e^{0,00087 \times NO_2} - 1 \right) + \left(e^{0,00053 \times O_3} - 1 \right) + \left(e^{0,00048 \times PM_{2,5}} - 1 \right) \right] \right) \quad (4.2)$$

Формуванню приземного озону (O_3) сприяють викиди транспортних засобів, промислових підприємств і фотохімічні реакції в атмосфері. Озон може бути одним з основних компонентів смогу протягом літа, особливо в спеку. Джерелом надходження твердих частинок менше 2,5 мікрон в діаметрі є антропогенні та природні об'єкти, і так само вони можуть утворюватися в результаті хімічних реакцій між іншими забруднювальними речовинами. Діоксид азоту надходить в атмосферу завдяки викидам електростанцій, що використовують вугілля, і транспорту. Це сприяє утворенню двох інших забруднювальних речовин [24].

Розрахунок AQHI, заснований на вимірах середніх за три години концентрацій приземного озону, діоксиду азоту і дрібних твердих частинок. O_3 і NO_2 вимірюється в частинах на мільярд (промиле), а $PM_{2.5}$ вимірюється в мікрограмах у кубічному метрі ($\mu\text{кг}/\text{м}^3$). Спочатку розрахунок AQHI включав п'ять основних забруднювачів повітря, однак діоксид сірки та оксид вуглецю незабаром перестали враховуватися через відсутність інформації в прогнозуванні наслідків для здоров'я [24].

В Канаді з результатами індексу можна ознайомитися в режимі реального часу, а також отримати рекомендації як для людей з групи ризику, так і для населення в цілому [24].

В США агентством з охорони навколишнього середовища (Environmental Protection Agency) був розроблений індекс якості повітря – Air Quality Index (AQI). Розрахунок AQI ґрунтується на розрахунках, що включають концентрації п'яти основних забруднювачів: приземний озон, тверді частинки, оксид вуглецю, діоксид сірки і діоксид азоту [26]. AQI використовується в США з 1999 року, замінивши попередню систему вимірювання рівня забруднення повітря з додаванням двох забруднювачів (O_3 , $PM_{2.5}$), які не враховувалися раніше. Індекс якості повітря в США розраховується окремо для кожного забруднювача за формулою (4.3) [24]:

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C_{high} - C_{low}) + I_{low}, \quad (4.3)$$

де I – індекс якості повітря; C – концентрація забруднювача; C_{low} – контрольна точка концентрації, що дорівнює $\leq C$; C_{high} – контрольна точка концентрації, що дорівнює $\geq C$; I_{low} – контрольна точка індексу, відповідна C_{low} ; I_{high} – контрольна точка індексу, відповідна C_{high} .

Значення контрольних точок концентрації та індексу визначаються за допомогою спеціальних таблиць для кожної речовини. AQI ділиться на шість категорій із зазначенням значимості для здоров'я. Цей індекс заснований на стандартах якості повітря і приймає до уваги як охорону здоров'я людини так і стан навколишнього середовища, він повідомляє про найнебезпечнішу із забруднюючих речовин [24].

На відміну від деяких інших країн, проблеми якості повітря в Австралії не є настільки серйозними. Це пояснюється невеликою чисельністю населення на одиницю площі, високою швидкістю вітру в містах, а також хімічним складом енергетичних ресурсів [24].

При розрахунку індексу якості повітря (In) враховуються: O_3 , NO_2 , SO_2 , CO , $PM_{2,5}$, PM_{10} , значення індексу для будь-якого з перерахованих забруднювачів визначається як відношення фактичної концентрації до встановлених національними стандартами, виражене у відсотках:

$$In = \frac{P_c}{P_s} \times 100\%, \quad (4.4)$$

де In – індекс якості повітря; P_c – концентрація забруднювача; P_s – концентрація за стандартами [24].

Індекс обчислюється для кожної речовини, потім по найбільш гіршим значенням визначається загальний стан. Значення індексу вище 100 означає, що забруднювач перевищив встановлений стандарт якості

повітря. Результати мають п'ять категорій від «дуже доброго» до «дуже поганого». В Австралії національні стандарти встановлюються відповідно до вимог ВООЗ про захист здоров'я та збереження довкілля, якість повітря оцінюється якісно і кількісно без надання рекомендацій населенню [24].

Європейське законодавство про якість повітря побудоване на певних принципах. Першим з них є те, що держави-члени ділять свою територію на кілька зон і агломерацій. У цих зонах і агломераціях, держави-члени повинні провести оцінку рівнів забруднення повітря з використанням вимірів і емпіричного моделювання та інших методів. Де рівні підвищені, держави-члени повинні підготувати план досягнення якості повітря або програми для забезпечення коду дотримання граничного значення до дати, коли граничне значення офіційно вступить в силу. Крім того, інформація про якість повітря повинна бути поширена серед громадськості [24].

У Франції для інтегральної оцінки забруднення атмосферного повітря використовується індекс *АТМО*. Він регламентований на національному рівні спеціальною Постановою Міністерства екології та охорони навколишнього середовища [27]. *АТМО* розраховується за утриманням чотирьох забруднювальних речовин: SO_2 , NO_2 , O_3 і твердих часток (PM_{10}). Для кожного із забруднювачів розраховується первинний індекс, а індекс забруднення атмосфери за день розраховується шляхом підсумовування найвищих первинних індексів [25].

Метеорологічний департамент Великобританії публікує прогнози якості атмосферного повітря, в яких рівень забруднення повітря описується індексом (від 1 до 10) і відповідним йому рівнем забруднення (від 1 до 3 - низький, від 4 до 6 - помірний, від 7 до 9 - високий, 10 - дуже високий). Ці рівні встановлені на основі впливу кожної забруднюючої речовини на здоров'я. При розрахунку індексу враховуються заміряні на станціях мережі моніторингу концентрації O_3 , NO_2 , SO_2 і PM [25; 28].

У Бельгії для інтегральної оцінки стану повітряного середовища застосовується Індекс якості атмосферного повітря (*BELATMO*), подібний

за методикою розрахунку з *AQI* США. Індекс розраховується виходячи з заміряних на станціях мережі моніторингу концентрацій O_3 , NO_2 , SO_2 і PM . Залежно від заміряного вмісту компонентів значення індексу варіює в межах від 1 (відмінна якість повітря) до 10 (дуже погане) [25].

Моніторинговий центр з охорони навколишнього середовища Китаю видає щодня добовий звіт за ключовими містами в засоби масової інформації. Він включає в себе інформацію про рівень забруднення атмосфери, основних забруднювачів, оцінку якості повітря і т. д.

Для оцінки якості атмосферного повітря використовується індекс забруднення повітря (*API*). При розрахунку індексу враховуються концентрації трьох забруднюючих речовин: SO_2 , NO_2 і PM_{10} . Добовий звіт розраховується за інтервал часу від 12 год. попереднього дня до 12 год. поточного. Для розрахунку *API* використовується спеціальна шкала. По ній визначається компонент, рівень забруднення повітря якого найвищий [29].

Аналіз ситуації в різних країнах свідчить про те, що є деякі відмінності в підходах до питання про забруднення повітря на державному рівні, і в першу чергу керуються забезпеченням охорони навколишнього середовища і здоров'я населення.

Оцінка загального рівня забруднення повітря є складним завданням, однак в сучасному світі виникає необхідність своєчасного взаємообміну наявною інформацією, яка повинна бути стандартизована і відповідати вимогам Всесвітньої організації охорони здоров'я [24].

У багатьох країнах, у тому числі європейських, вимір вмісту озону в приземному шарі атмосфери є обов'язковою складовою при вивченні якості повітря. Доведено, високі концентрації озону чинять небезпечний вплив на здоров'я людини. З огляду на вище сказане, з метою спрощення репрезентативності результатів у світовому співтоваристві, існуючі системи моніторингу потребують модернізації [24].

4.2 Методика дослідження якості повітря в Україні

Основним критерієм якості атмосферного повітря є гранично допустимі концентрації, які затверджені Міністерством охорони здоров'я. Тому, для оцінки стану або ступеню забруднення атмосфери використовуються одиничні осереднені показники забруднення атмосфери, нормовані на ГДК відповідного періоду осереднення (розділ 2).

Нормовані на ГДК одиничні осереднені і разові показники забруднення атмосфери називаються одиничними індексами забруднення атмосфери. В Україні для аналізу рівня забруднення атмосферного повітря населених місць окремими домішками використовується ІЗА (I), що розраховується за формулою (4.5):

$$I = \left[\frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right]_i^{C_i}, \quad (4.5)$$

де \bar{q} – середня концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі, мг/м³; C_i – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки [30].

Розрахунок індексу забруднення атмосфери засновано на припущенні, що на рівні ГДК усі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, і при подальшому збільшенні концентрації ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини. Вважається, що при $IЗА \leq 1$ якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Для порівняння ступеню забруднення атмосфери в різних містах використовується комплексний ІЗА (КІЗА) – безрозмірна функція

характеристик ступеню забруднення атмосфери декількома речовинами. Комплексний ІЗА, враховуючи l речовин, присутніх у атмосфері, розраховується за формулою (4.6) [30]:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i = \sum_{i=1}^l \left[\frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right]_{i}^{C_i}, \quad (4.6)$$

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою КІЗА можна використати значення одиничних індексів ІЗА тих п'яти ЗР (I_5), для яких ці значення найбільші:

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i, \quad (4.7)$$

За величиною I_5 виділяють чотири рівні забруднення (РЗ):

- $I_5 < 5$ – низький рівень;
- $5 \leq I_5 < 7$ – підвищений рівень;
- $7 \leq I_5 < 14$ – високий рівень;
- $I_5 \geq 14$ – дуже високий рівень [10].

Існує також інша характеристика рівня забруднення АП за I_5 . Величина I_5 менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 – забрудненій; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері [30].

Нормативний документ «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)» [31] містить методичку оцінки якості

атмосферного повітря на основі розрахунку та порівняння показників фактичного (*ПЗ*) і гранично допустимого забруднення (*ГДЗ*).

Показник *ГДЗ* атмосферного повітря – відносний інтегральний критерій оцінки забруднення атмосферного повітря населених місць, який характеризує інтенсивність та характер сумісної дії всієї сукупності присутніх у ньому шкідливих домішок. *ГДЗ* розраховується для кожного випадку на основі визначених експериментально та затверджених у встановленому порядку коефіцієнтів комбінованої дії ($K_{\kappa\delta}$), що виражаються в долях від індивідуальних *ГДК* забруднювальних речовин. $K_{\kappa\delta}$ – відображає характер сумісної біологічної дії одночасно присутніх в атмосферному повітрі забруднюючих речовин (сумація, посилення, послаблення або незалежна дія) [31].

ГДЗ розраховується за формулою (4.8):

$$ГДЗ = K_{\kappa\delta} \times 100 \% , \quad (4.8)$$

Для речовин зі встановленим ефектом сумації біологічної дії $K_{\kappa\delta} = 1$. Для групи речовин з неповною сумацією біологічної дії $K_{\kappa\delta}$ може приймати значення 1,6; 2,0; 2,5. У випадку, коли одночасно присутні ЗР посилюють негативний вплив на живі організми, тобто спостерігається ефект потенціювання, $K_{\kappa\delta} = 8$. Для речовин з офіційно встановленим характером незалежної біологічної дії $K_{\kappa\delta}$ дорівнює кількості речовин, що входять у групу. Перелік груп речовин, що володіють ефектом сумації біологічної дії налічує 51 групу, та наведений в ДержСанПіН (1997) [31]. У випадках, коли значення $K_{\kappa\delta}$ відсутні, їх визначають за формулою (4.9):

$$K_{\kappa\delta} = \sqrt{n} , \quad (4.9)$$

де n – кількість речовин, наявних у повітряному середовищі, для яких офіційно не встановлено характер комбінованої дії [31].

У випадках, коли присутні в атмосферному повітрі ЗР являють собою складну суміш з встановленими та не встановленими коефіцієнтами комбінованої дії, для розрахунку ГДЗ значення $K_{\kappa\delta}$ цієї суміші визначається за формулою (4.10):

$$K_{\kappa\delta_{co}} = \sqrt{\sum_{i=1}^j K_{\kappa\delta_{ij}} + n + K_m}, \quad (4.10)$$

де $K_{\kappa\delta_{co}}$ – коефіцієнт комбінованої дії складної суміші; $K_{\kappa\delta_{ij}}$ – коефіцієнти комбінованої дії сумісно присутніх речовин 1, 2, 3, ... j ; n – число речовин в суміші, значення $K_{\kappa\delta}$ яких відсутні в офіційних списках; K_m – числове значення коефіцієнту для речовин з незалежним характером комбінованої дії [31].

В разі присутності у повітрі однієї домішки показник ГДЗ дорівнює 100%.

Оцінка фактичного або прогнозного (розрахункового) рівня забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом співставлення показника забруднення (ПЗ) однією речовиною або сумарного показника забруднення ($\Sigma ПЗ$) сумішшю речовин з показником гранично допустимого забруднення. Допустимим визнається рівень, що не перевищує ГДЗ.

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною розраховується за формулою (4.11) [31]:

$$ПЗ = \frac{C}{ГДК} \times 100\% \quad (4.11)$$

де C – фактична або прогнозна концентрація конкретної речовини, мг/м³.

Показник забруднення сумішшю речовин розраховують за формулою (4.12) [31]:

$$\sum ПЗ = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_n}{ГДК_n \times K_n} \right) \times 100\% \quad , \quad (4.12)$$

де C_n - значення фактичних або прогнозних концентрацій речовин, що входять до складу суміші, мг/м³; $ГДК_n$ - значення ГДК відповідних забруднюючих речовин, що входять до складу суміші, мг/м³; K_n - значення коефіцієнтів, які враховують клас небезпеки відповідної речовини: для речовин 1-го класу - 0,8; 2-го класу - 0,9; 3-го класу - 1,0; 4-го класу - 1,1.

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться з урахуванням кратності перевищення показників забруднення їх нормативного значення ($ГДЗ$) і включає визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеня його небезпечності (безпечний, слабо небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з таблицею 4.1 [31].

Таблиця 4.1 – Оцінка забруднення атмосферного повітря [31]

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ	Відсоток випадків перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	< 1	0
Недопустимий	Слабо небезпечний	> 1 - 2	> 0 - 4
Недопустимий	Помірно небезпечний	> 2 – 4,4	> 4 - 10
Недопустимий	Небезпечний	> 4,4 - 8	> 10 - 25
Недопустимий	Дуже небезпечний	> 8	> 25

5 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ МІСТА КИЇВ

На основі даних «Щомісячних бюлетнів забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області» за 2007 – 2016 роки [32] було проаналізовано середньомісячні концентрації в кратності ГДК 10 забруднювальних речовин (з 21-ї вимірюваної домішки ЦГО надає у відкритий доступ для наукового аналізу лише 10 речовин): завислі речовини (пил), діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід на 16-ти ПСЗ (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Розташування постів спостереження за забрудненням в м. Києві (складено автором за матеріалами [1])

№ ПСЗ	Місце розташування
№ 1	вул. Академіка Стражеска
№ 2	вул. Довженка, 8
№ 3	вул. Попудренка, 50
№ 4	вул. Лазо, 2
№ 5	просп. Науки, 37
№ 6	пл. Перемоги
№ 7	пл. Бесарабська
№ 8	бульв. Лесі Українки, 29
№ 9	вул. Каунаська, 10а
№ 10	вул. Межигірська, 56/60
№ 11	просп. Перемоги, 98/2

Продовження таблиці 5.2

Аміак	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3
Формаль-дегід	3,1	2,7	3,8	3,2	3,1	4,1	3,7	3,8	3,3	2,7

Аналіз даних табл. 5.2 показав, що в м. Києві максимальні значення ІЗА одиничного відзначаються для таких ЗР, як формальдегід, діоксид азоту, оксиду азоту, а також фенол. ІЗА інших ЗР не перевищують одиницю, це означає, що за їх вмістом якість повітря в Києві відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

На рисунках 5.1 – 5.4 зображено графіки зміни ІЗА для окремих ЗР міста Київ в 2007 – 2016 рр. За діоксидом азоту та формальдегідом всі значення перевищували допустимий рівень та мали тенденцію до підвищення (рис. 5.1 – 5.2). Найменше значення ІЗА формальдегіду зафіксовано в 2008 р. (2,7), а найбільше в 2012 р. (4,1). За діоксидом азоту найменше значення ІЗА було в 2008 р. (1,8), а найбільше – 2015 р. (3,5).

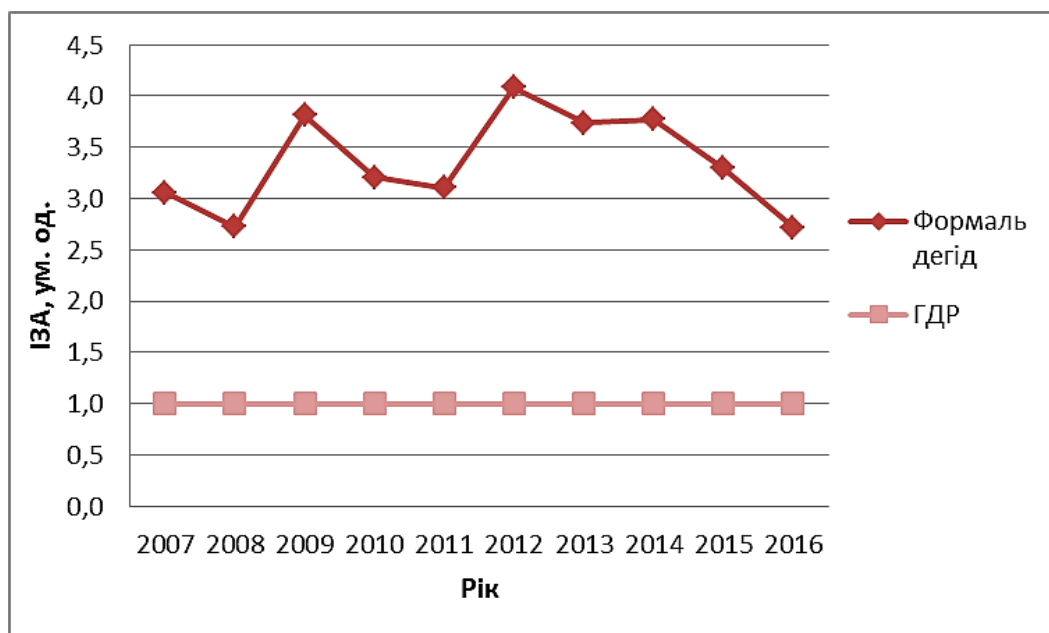


Рисунок 5.1 – Динаміка зміни ІЗА формальдегіду в місті Київ (2007 – 2016 рр.) (складено автором)



Рисунок 5.2 – Динаміка зміни ІЗА діоксиду азоту в місті Київ (2007 – 2016 рр.) (складено автором)

Найменші значення індексу забруднення за оксидом азоту спостерігаються в період 2010 – 2012 рр., а починаючи з 2013 р. ІЗА взяв тенденцію до зросту та перевищення граничного рівня (рис. 5.3).

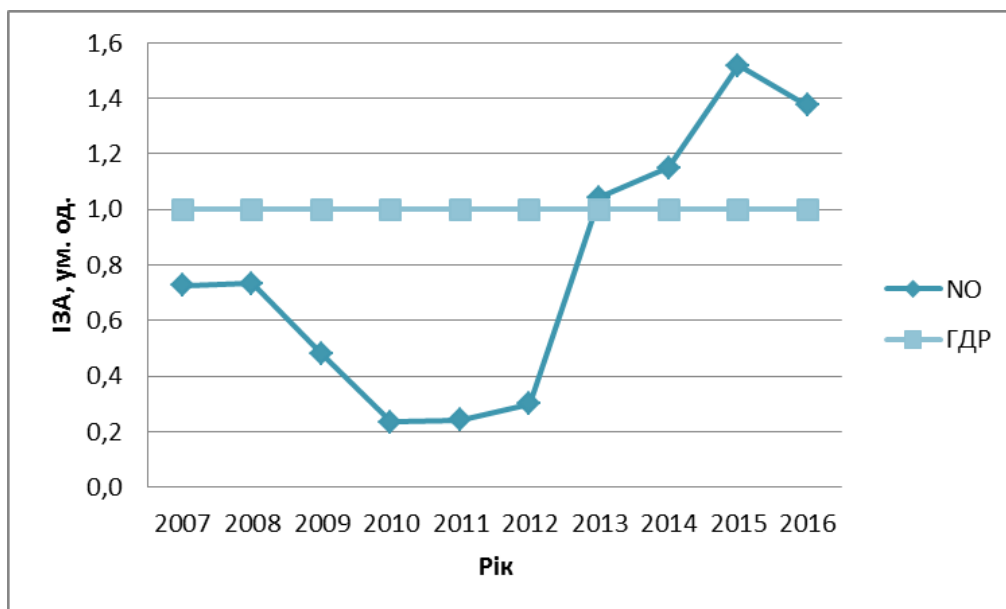


Рисунок 5.3 – Динаміка зміни ІЗА оксиду азоту в місті Київ (2007 – 2016 рр.) (складено автором)

За фенолом найбільші значення ІЗА в 2007 та 2012 рр. перевищували допустимий рівень, найнижче значення ІЗА фенолу було в 2014 році.

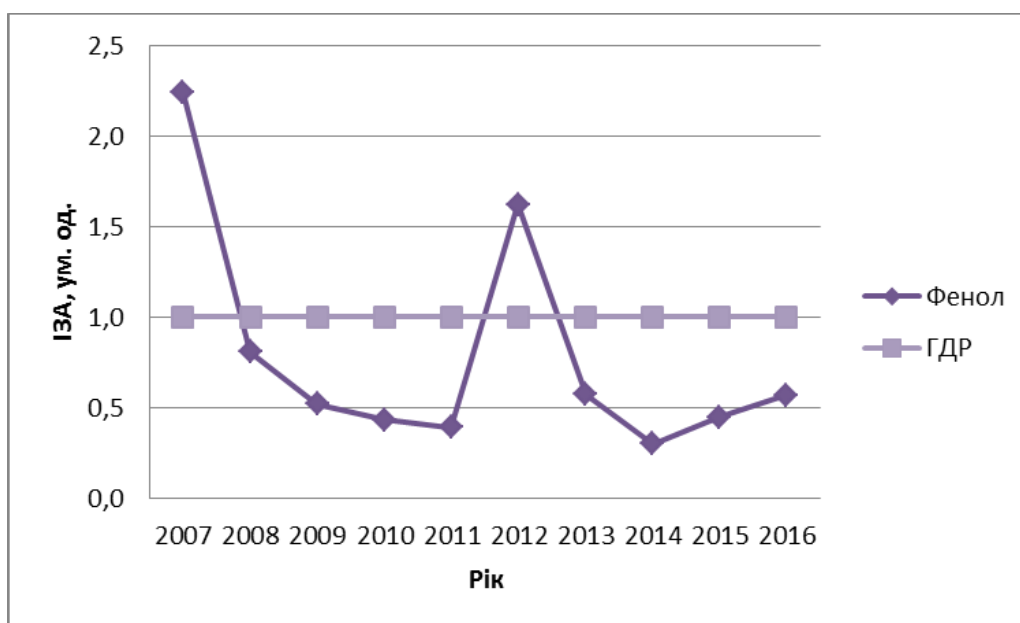


Рисунок 5.4 – Динаміка зміни ІЗА фенолу в місті Київ (2007 – 2016 рр.) (складено автором)

За іншими речовинами динаміка мала стрибкоподібну форму, спочатку знижуючись, а потім підвищуючись до кінця досліджуваного періоду, динаміка зміни їх ІЗА представлені на рисунку В1–В6 (додаток В).

На рисунку 5.5 наведено динаміку зміни комплексних ІЗА I_{10} та I_5 , розраховані, відповідно, для десяти та для п'яти пріоритетних в забрудненні повітря м. Києва речовин, за досліджуваний період. Значення I_{10} не на багато вищі ніж I_5 . Це означає, що речовини, ІЗА яких використовувався для розрахунку I_5 , вносять найбільшу і визначальну долю в забруднення, а саме: формальдегід, діоксид азоту, пил, фенол, оксид азоту і оксид вуглецю.

В цілому можна сказати, що з 2008 по 2011 рр. значення КІЗА були найнижчими, а в 2012 р. рівень забруднення значно підвищився, в порівнянні з минулими роками, і перебував приблизно на одному рівні в послідовні роки.

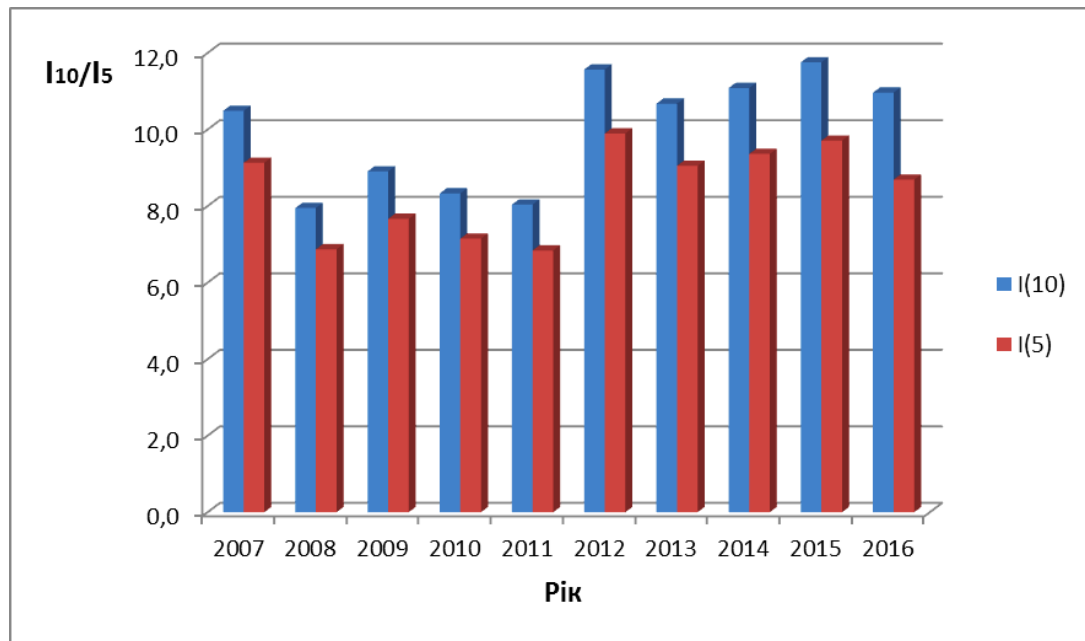


Рисунок 5.5 – Динаміка зміни I_{10} та I_5 в місті Київ за період 2007 – 2016 рр. (складено автором)

Проаналізувавши таблицю 5.3 бачимо, що за показником I_{10} найбільший рівень забруднення в м. Києві за досліджуваний період був відзначений в 2015 р. (11,8), та найменший в 2008 (7,9), а за показником I_5 найбільший – в 2012 р. (9,9), та найменший – в 2011р. (6,8), це, відповідно, «високий» і «підвищений» рівні забруднення.

Таблиця 5.3 – Комплексні індекси забруднення атмосферного повітря м. Києва в 2007 – 2016 рр. (складено автором)

Показник	Рік									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
I_{10}	10,5	7,9	8,9	8,3	8,0	11,6	10,7	11,1	11,8	11,0
I_5	9,1	6,9	7,7	7,2	6,8	9,9	9,1	9,4	9,7	8,7
Рівень забруднення	Високий	Підвищений	Високий	Високий	Підвищений	Високий	Високий	Високий	Високий	Високий

Цікавим є просторовий розподіл показника I_5 по території міста. Тому для аналізу розподілу цього показника на карту міста Київ було нанесено рівні забруднення атмосферного повітря на ПСЗ та відповідні їм ІЗА для кожного року за досліджуваний період (рисунки 5.6 – 5.15). На більшості постів столиці I_5 був стабільно високим.

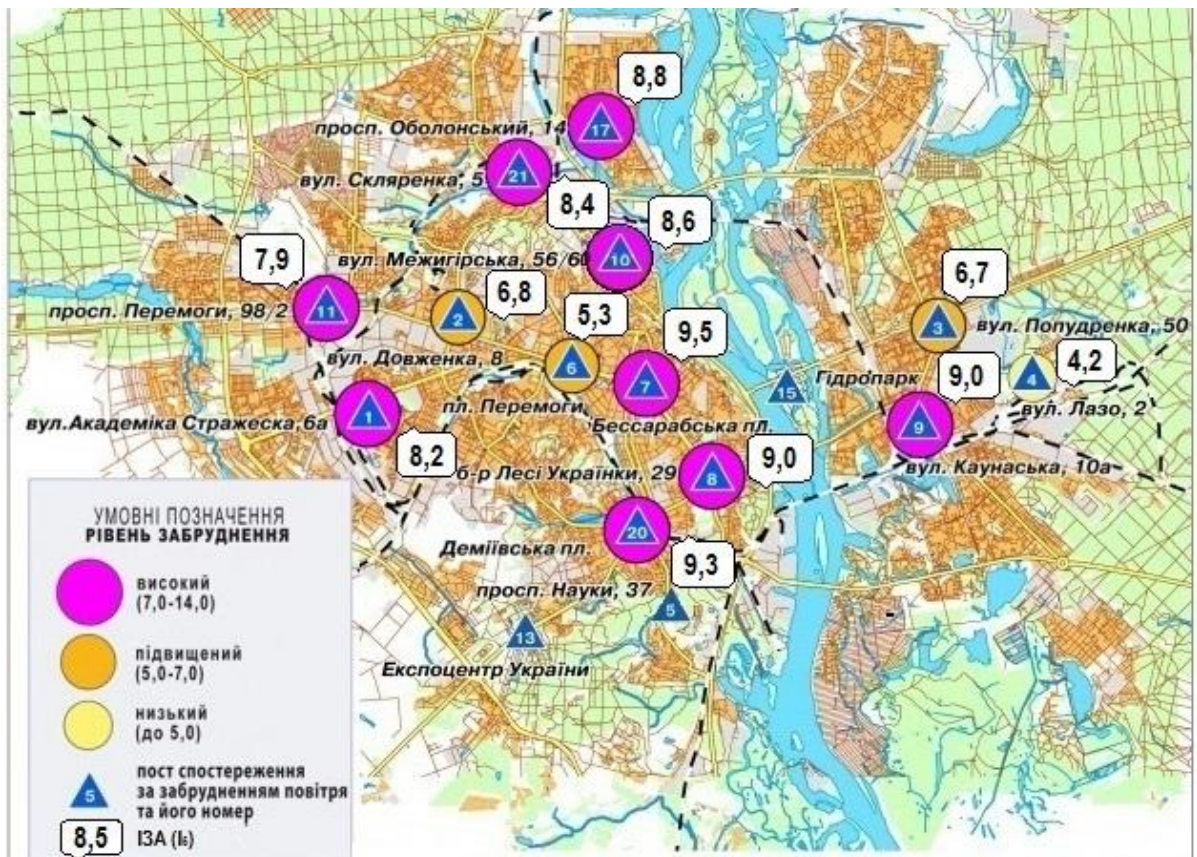


Рисунок 5.6 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I_5) на постах спостереження у м. Києві в 2007 р. (складено автором за матеріалами [10])

Загальний рівень забруднення повітря в 2007 р. у Києві був вище середнього по Україні [1] і оцінювався, як високий (рис. 5.6). Зонами найбільшого забруднення були Бессарабська і Деміївська площі, бульвар Лесі Українки і вулиця Каунаська. Також високий рівень забруднення спостерігався на вулицях Скляренка, Межигірській (район метро Тараса Шевченка) та Оболонському проспекті.

Менш забрудненими були райони вулиці Довженка, Попудренка та площі Перемоги – підвищений рівень, вулиця Лазо – низький рівень забруднення. На ПСЗ росташованих в районах проспекту Науки, Експоцентру України, Гідропарку забруднення було незначним, так як, вони належать до «чистих» зон.

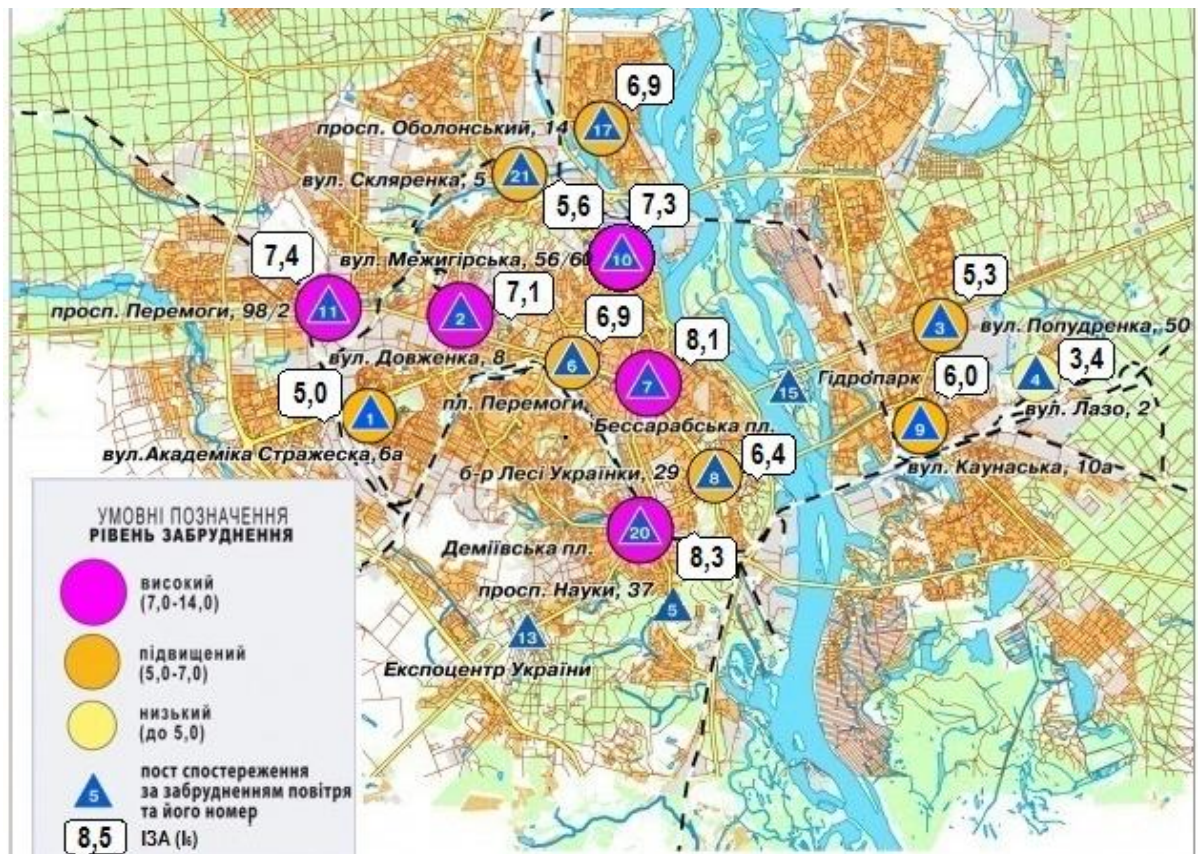


Рисунок 5.7 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I_5) на постах спостереження у м. Києві в 2008 р. (складено автором за матеріалами [10])

Загальний рівень забруднення повітря в 2008 р. у Києві знизився в порівнянні з минулим роком, і оцінювався, як підвищений.

В 2008 р. місцями найбільшого забруднення були (рис 5.7) Деміївська пл. та Бессарабська пл. Також високим рівнем забруднення характеризувались просп. Перемоги (район метро Святошин), вул. Межигірська (район метро Тараса Шевченка) та вул. Довженка (район

метро Шулявка). Підвищений рівень забруднення відзначився на постах спостереження Оболонського просп., пл. Перемоги, б-р Лесі Українки, вулицях Каунаській, Скляренка, Попудренка, Стражеска. Менш забрудненим (низький рівень) був район вулиці Лазо. На ПСЗ росташованих на проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії), Експоцентру України, Гідропарку забруднення було незначним.

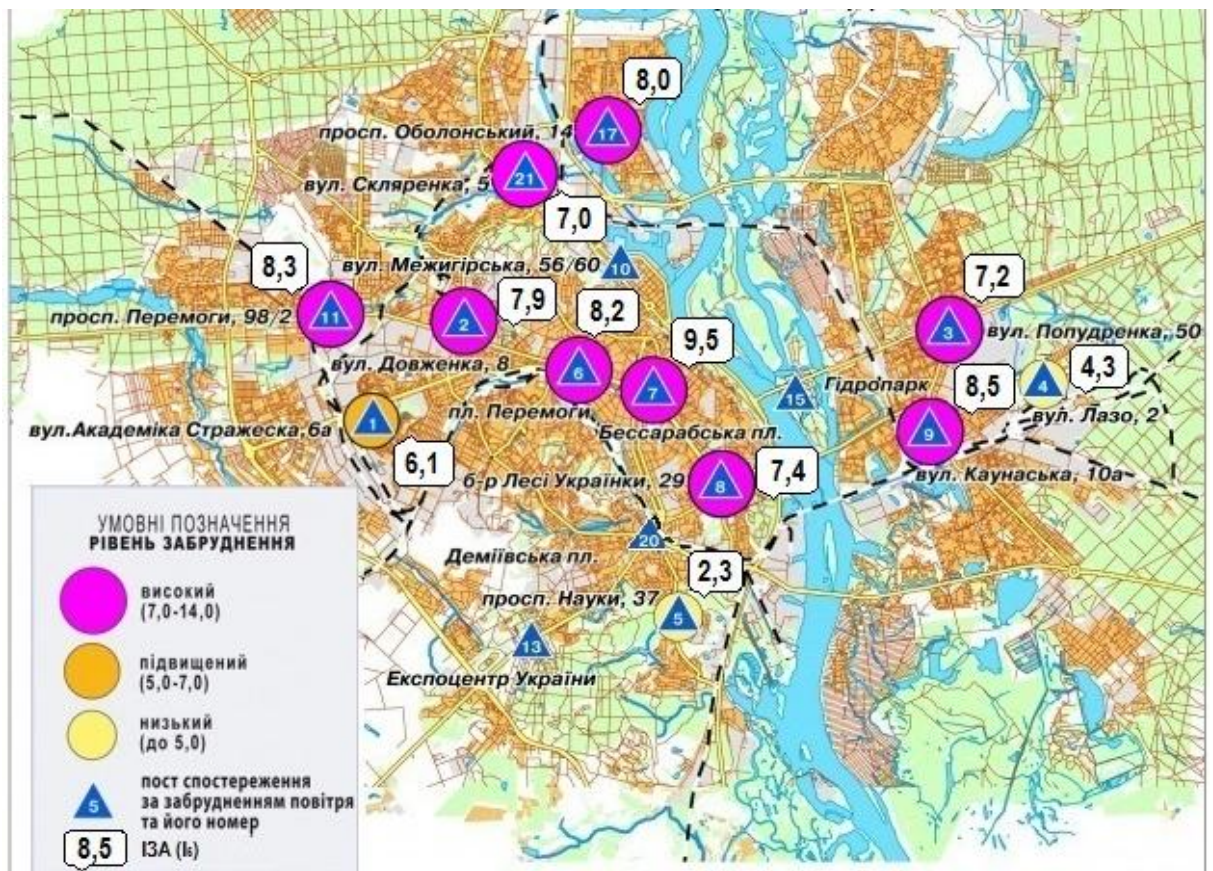


Рисунок 5.8 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I₅) на постах спостереження у м. Києві в 2009 р. (складено автором за матеріалами [10])

Загальний РЗ повітря в 2009 р. у Києві оцінювався, як високий (рис. 5.8). Стационарний пост з найбільшим забрудненням був №7 на Бессарабській площі. Також високим рівнем забруднення характеризувались вул. Каунаська, просп. Перемоги, пл. Перемоги,

Оболонський просп., вул. Довженка, б-р Лесі Українки, вул. Попудренка (район метро Чернігівська) та Скляренка. Підвищений рівень забруднення зафіксовано на вулиці Стражеска, а низький – на вулиці Лазо та проспекті Науки (район Багринової гори). Не забрудненими були район Гідропарку та територія Національного комплексу Експоцентр України. На ПСЗ №10 та №20 спостереження в 2009 р. не проводились. Основною причиною простоювання постів було відключення їх від електроенергії, в районі ПСЗ № 10 (вул. Межигірська) – через будівництво офісного центру, в районі ПСЗ №20 – через довгострокову реконструкцію Деміївської площі [33].

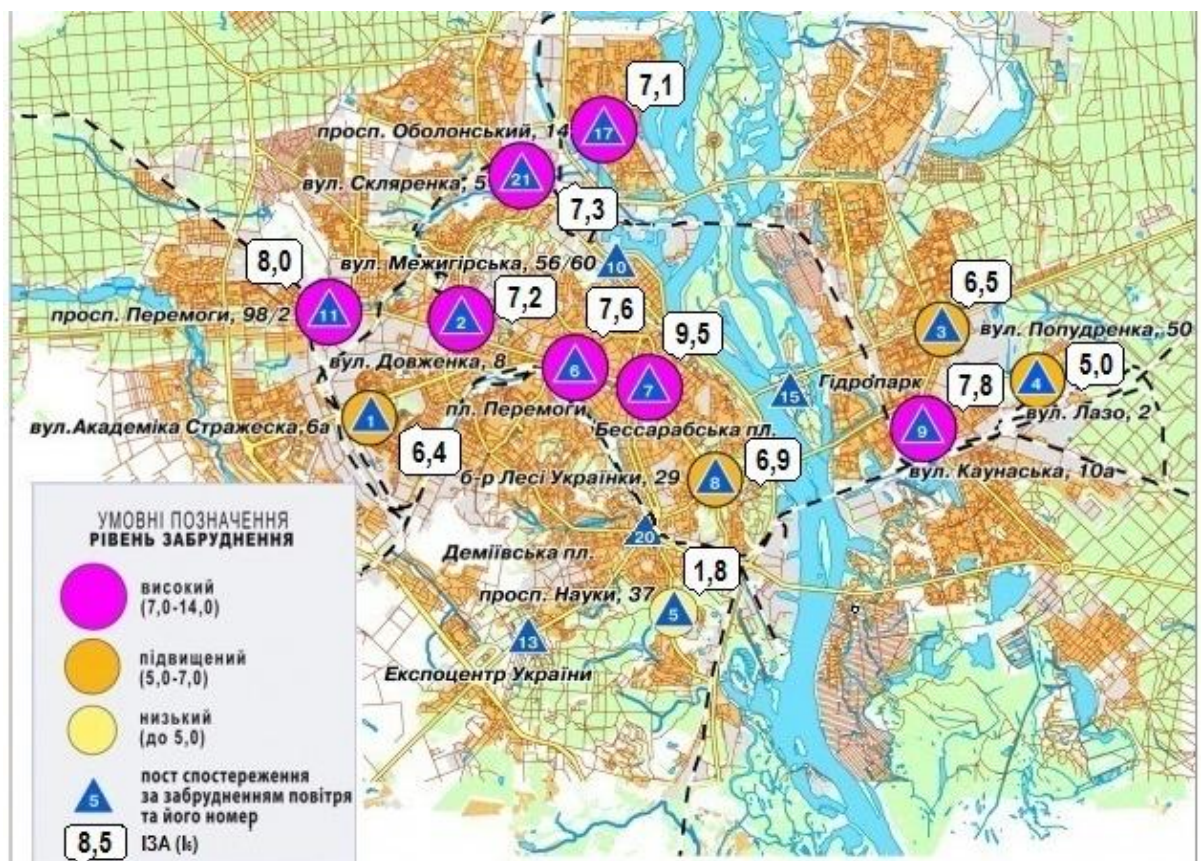


Рисунок 5.9 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I_5) на постах спостереження у м. Києві в 2010 р. (складено автором за матеріалами [10])

Загальний рівень забруднення повітря в 2010 р. у Києві оцінювався, як високий (рис. 5.9). Як і в минулому році найзабрудненішим був ПСЗ №7

на Бесарабській площі (ІЗА=9,5). На ПСЗ просп. Перемоги, вул. Каунаська, пл. Перемоги, вул. Скляренка, Довженка, Оболонському просп. відзначався високий РЗ. Підвищений рівень забруднення зафіксовано на бул. Лесі Українки, вул. Попудренка, Стражеска та Лазо, а низький на просп. Науки. Не забрудненими були район Гідропарку та територія Національного комплексу Експоцентр України. На ПСЗ №10 та №20 спостереження в 2010, як і в минулому році, не проводились.

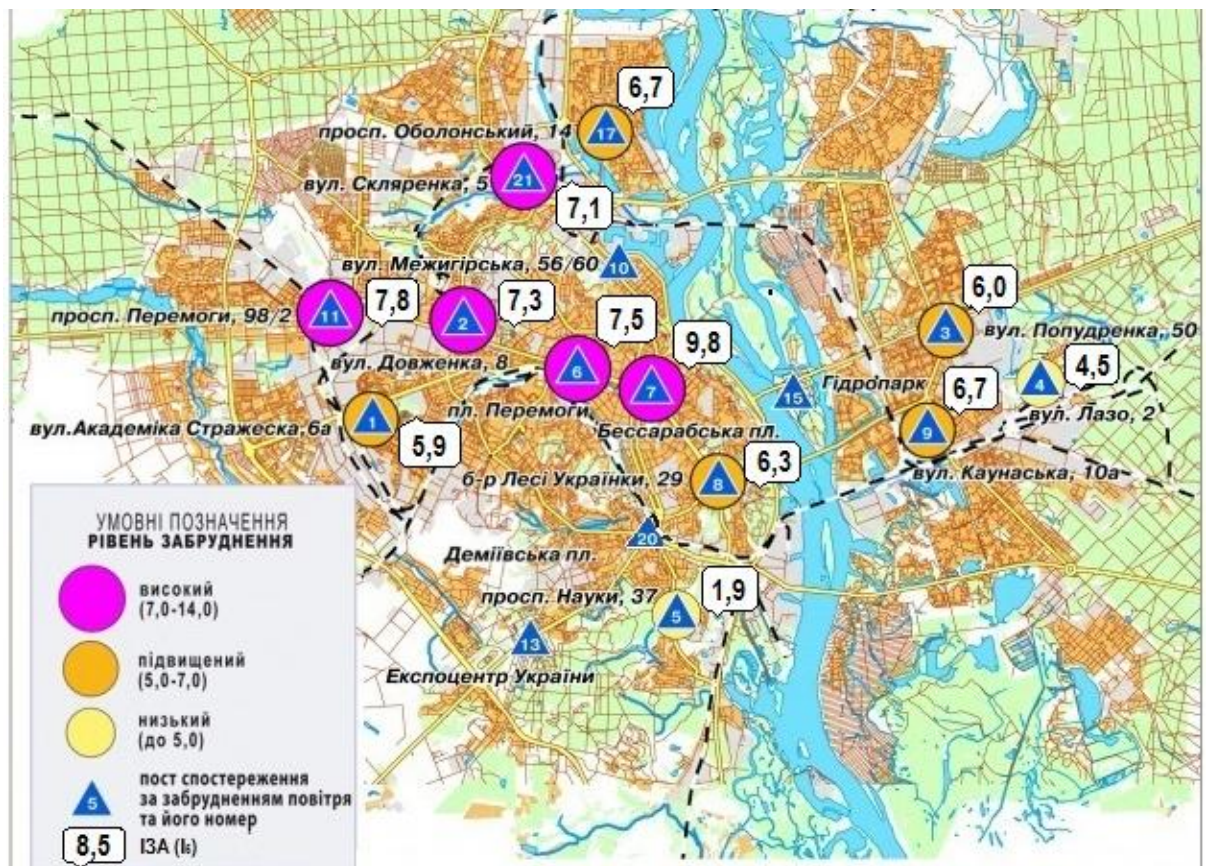


Рисунок 5.10 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (І₅) на постах спостереження у м. Києві в 2011 р. (складено автором за матеріалами [10])

В 2011 році район Бесарабської площі залишається найзабрудненішим у місті (ІЗА=9,8) (рис. 5.10). Рівні забруднення по Києву розподілились таким чином: просп. Перемоги, пл. Перемоги, вул. Довженка та Скляренка – високий РЗ; Оболонський просп.,

вул. Каунаська, б-р Лесі Українки, вул. Попудренка та Стражеска – підвищений РЗ; вул. Лазо та просп. Науки – низький РЗ. Не забрудненими були район Гідропарку та територія Національного комплексу Експоцентр України. На ПСЗ №10 та №20 спостереження не проводились.

Загальний рівень забруднення повітря в 2011 р. у Києві знизився в порівнянні з минулими роками, та оцінювався, як підвищений.

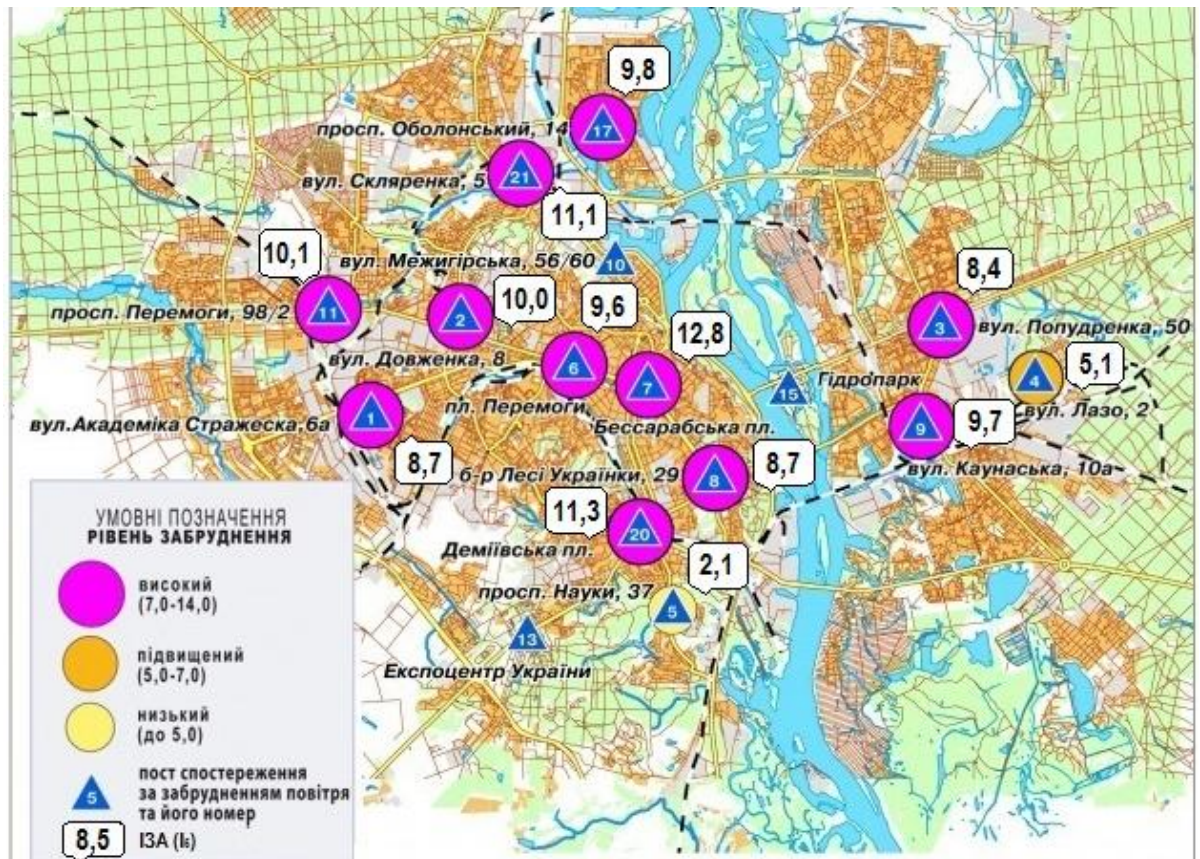


Рисунок 5.11 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I_5) на постах спостереження у м. Києві в 2012 р. (складено автором за матеріалами [10])

В 2012 р. забруднення в Києві значно зросло ($I_5=9,9$) порівняно з минулими роками ($I_5=6,8$ в 2011 р.), як загалом по місту, так і безпосередньо на постах спостереження (рис. 5.11). Високий РЗ спостерігався в районах Бесарабської та Деміївської пл., вул. Скляренка, просп. Перемоги, вул. Довженка, Оболонського просп., вул. Каунаська,

пл. Перемоги, вул. Ак. Стражеска, б-р Лесі Українки, вул. Попудренка. На ПСЗ №4 (вул. Лазо) спостерігався підвищений РЗ, а ПСЗ №5 (просп. Науки) – низький РЗ. На ПСЗ № 13 та №15 забруднення не спостерігалось, а на ПСЗ №10 спостереження не проводились.

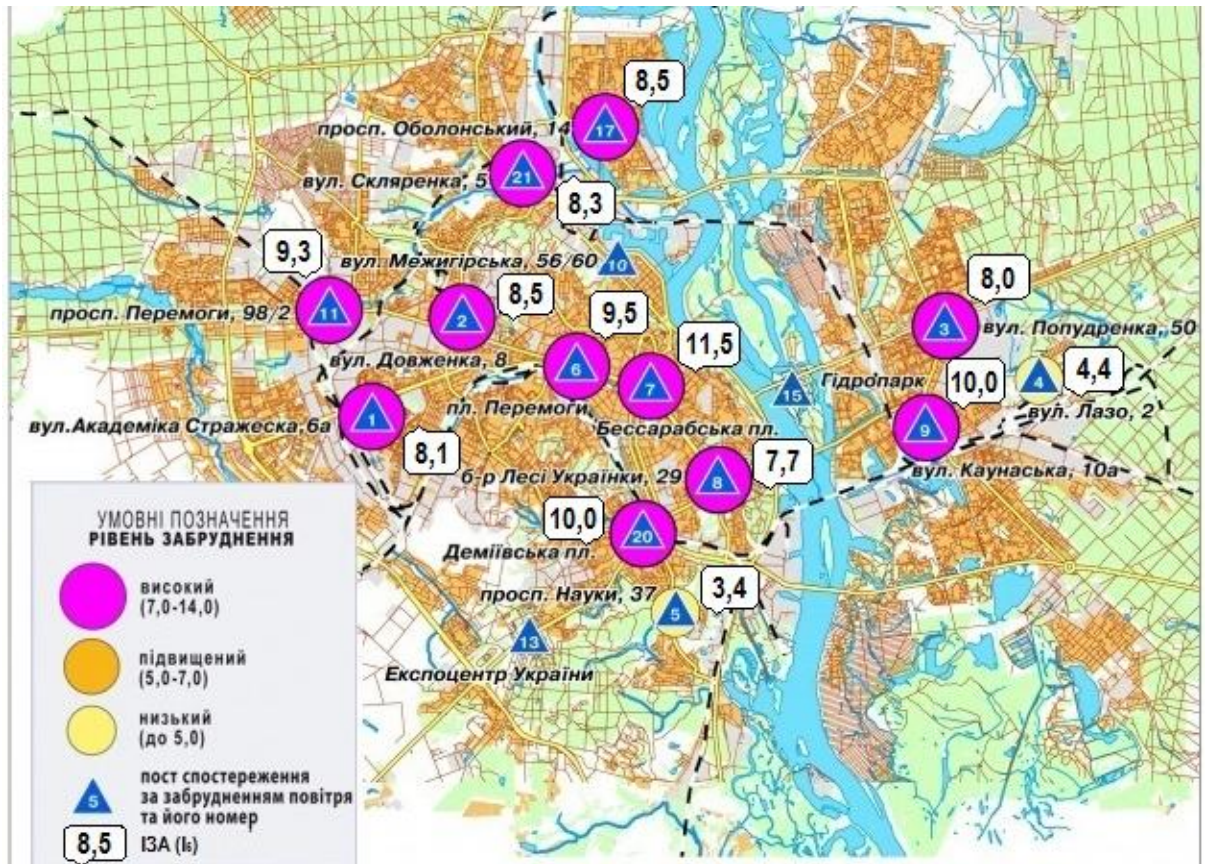


Рисунок 5.12 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I₅) на постах спостереження у м. Києві в 2013 р. (складено автором за матеріалами [10])

В 2013 р. загальний рівень забруднення в Києві оцінювався високим (рис. 5.12). Найбільш забрудненими були райони пл. Бессарабської, Деміївської та вул. Каунаська, а також високий РЗ відзначався на пл. Перемоги, просп. Перемоги, вул. Довженка, Оболонському просп., вул. Скляренка, вул. Ак. Стражеска, вул. Попудренка, б-р Лесі Українки. На ПСЗ вул. Лазо та просп. Науки був низький РЗ. На постах

спостереження Гідропарку та Експоцентру України забруднення не спостерігалось, а на ПСЗ вул. Межигірська спостереження не проводились.

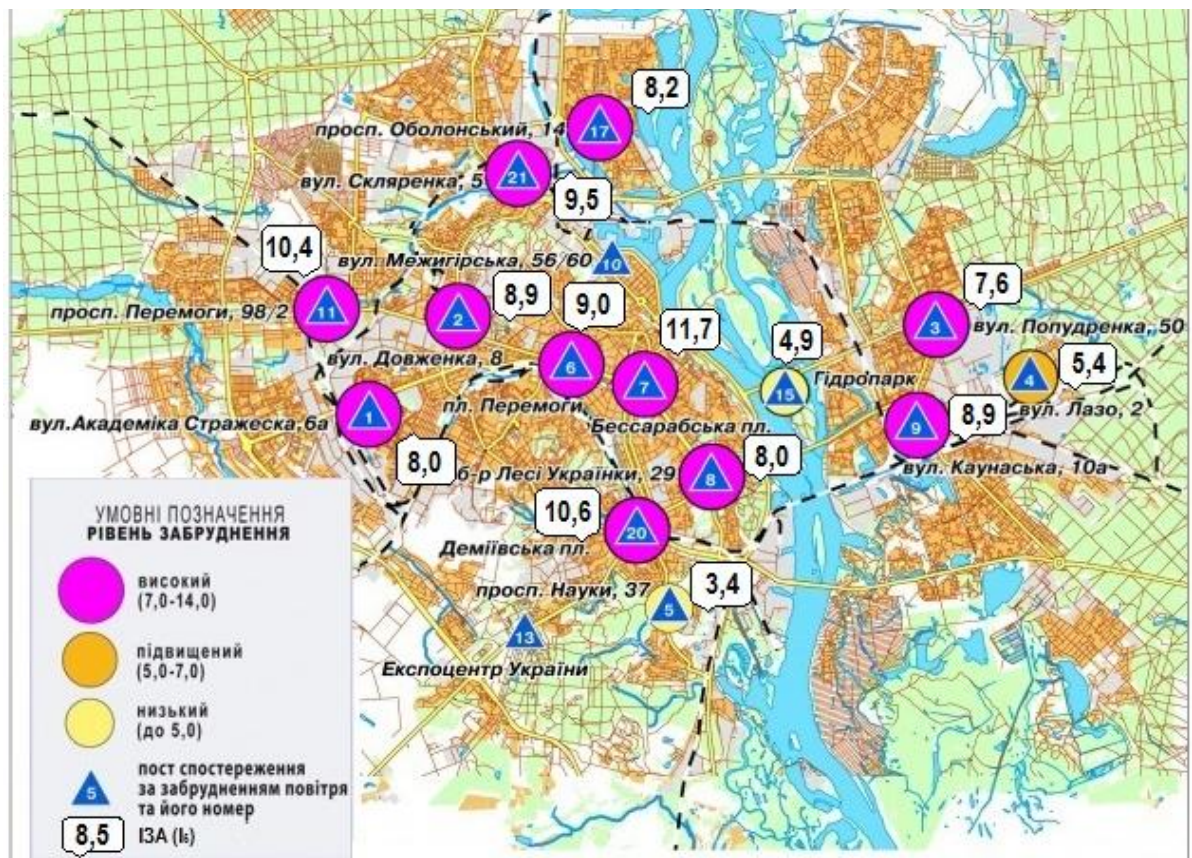


Рисунок 5.13 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I₅) на постах спостереження у м. Києві в 2014 р. (складено автором за матеріалами [10])

В 2014 р. ситуація забруднення в Києві, порівняно з минулим 2013 р., не на багато змінилась (рис. 5.13). Загальний рівень забруднення залишився високим. На посту спостереження №15 – Гідропарк, де раніше забруднення не спостерігалось, РЗ підвищився до «низького». Також низький РЗ відзначався на проспекті Науки, а на вулиці Лазо – підвищений. З високим рівнем забруднення залишились ПСЗ № 7, 20, 11, 21, 6, 2, 9, 17, 8, 1, 3.

На 11-ти постах міста, як і загалом за 2015 рік, рівень забруднення оцінювався високим (рис. 5.14). Місцями з найбільшим забрудненням повітря були Бессарабська та Деміївська площі.

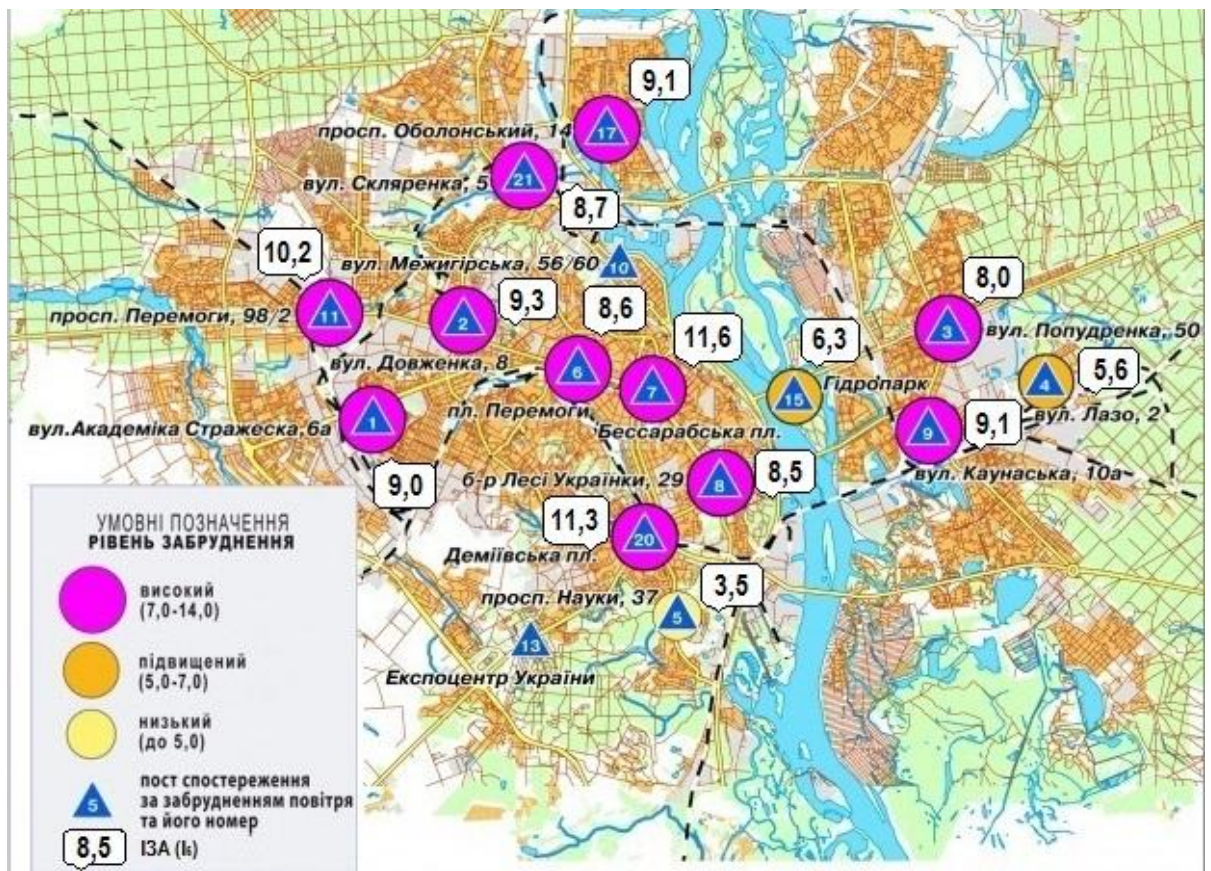


Рисунок 5.14 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (І₅) на постах спостереження у м. Києві в 2015 р. (складено автором за матеріалами [10])

Також високим рівнем забруднення характеризувались просп. Перемоги (район метро Святошин), вул. Довженка (район метро Шулявка), Оболонський просп., вулиці Каунаська, Ак. Стражеска (перетин з б-р Лепсе), Скляренка, пл. Перемоги, б-р Лесі Українки та вулиця Попудренка (район метро Чернігівська). Підвищений рівень забруднення зафіксовано в районі Гідропарку та на вулиці Лазо. Найменш забрудненим (низький рівень) був район проспекту Науки. На ПСЗ № 10 (вулиця Межигірська) та № 13 (Експоцентр України) спостереження не

проводились через відключення постів від електроенергії та ремонт приладів, які давно вичерпали свій ресурс [8].

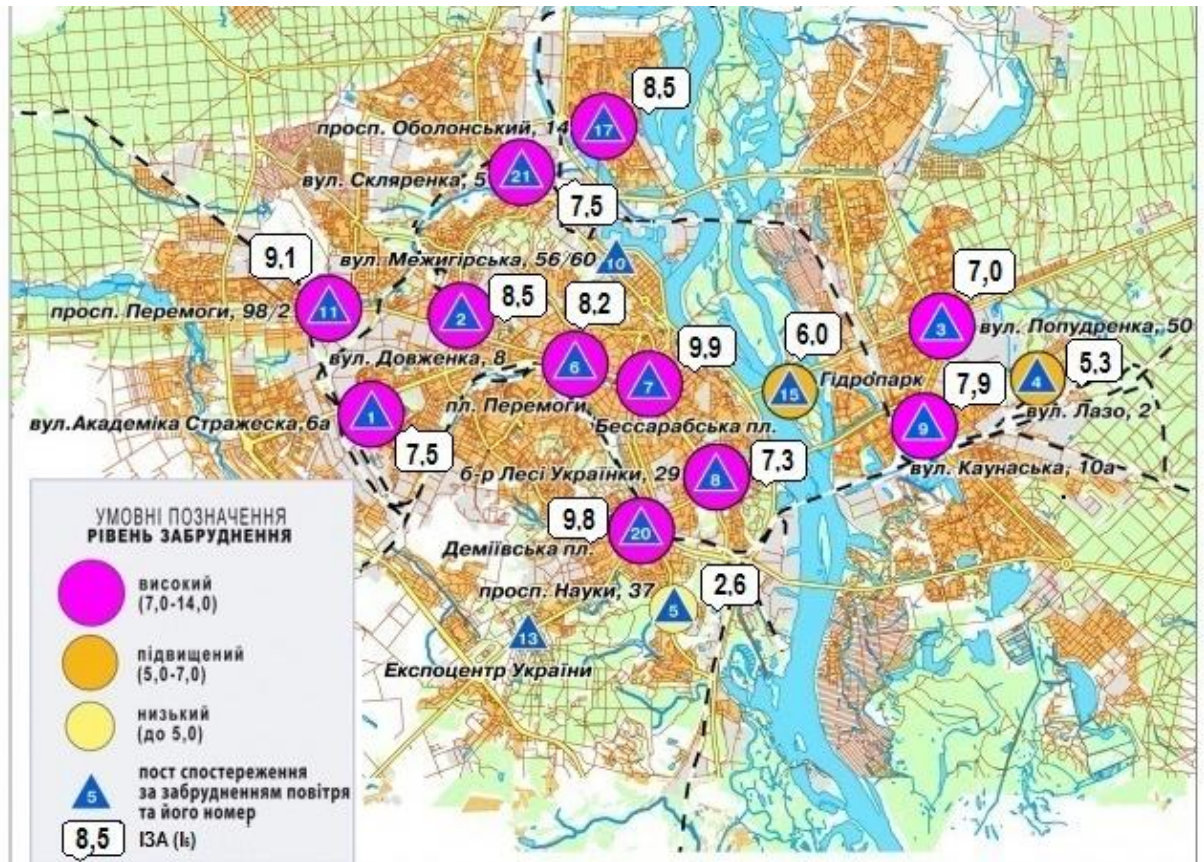


Рисунок 5.15 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (I₅) на постах спостереження у м. Києві в 2016 р. (складено автором за матеріалами [10])

У порівнянні з попереднім роком рівень забруднення атмосферного повітря міста по ІЗА в 2016 р. дещо знизився (з 9,7 до 8,7), і залишився на рівні «високого».

Місцями з високим рівнем забруднення повітря були Бессарабська та Деміївська пл., просп. Перемоги, вул. Довженка, Оболонський просп., пл. Перемоги, вулиці Каунаська, Скляренка, Ак. Стражеска, б-р Лесі Українки, вул. Попудренка. Підвищений рівень забруднення зафіксовано в районах Гідропарку та вулиці Лазо. Найменш забрудненим (низький рівень) був район проспекту Науки. На ПСЗ № 10 та № 13 спостереження не проводились.

Отже, у всі роки аналізованого періоду районами найбільшого забруднення були площі Бесарабська, Деміївська, проспекти Перемоги та Оболонський, вулиця Каунаська, вони є районами великих транспортних розв'язок.

Оскільки мінливість I_5 за досліджуваний період на окремих постах була суттєвою, то становить інтерес розглянути цей процес у динаміці.

Динаміка змін ІЗА за 2007 – 2016 рр. на посту №4, який знаходиться на вулиці Лазо, була нерівномірною (рис. 5.16). Найменше значення I_5 на ПСЗ спостерігалось в 2008 р. (3,4), а найбільше в 2015 р. (5,6). Рівень забруднення з 2010 року був «підвищеним», знизившись до «низького» в 2011 та 2013 роках. Поряд з цим постом спостереження знаходяться такі джерела забруднення, як: «Дарницький вагоноремонтний завод», «Дарницький шовковий комбінат», завод «Радикал».

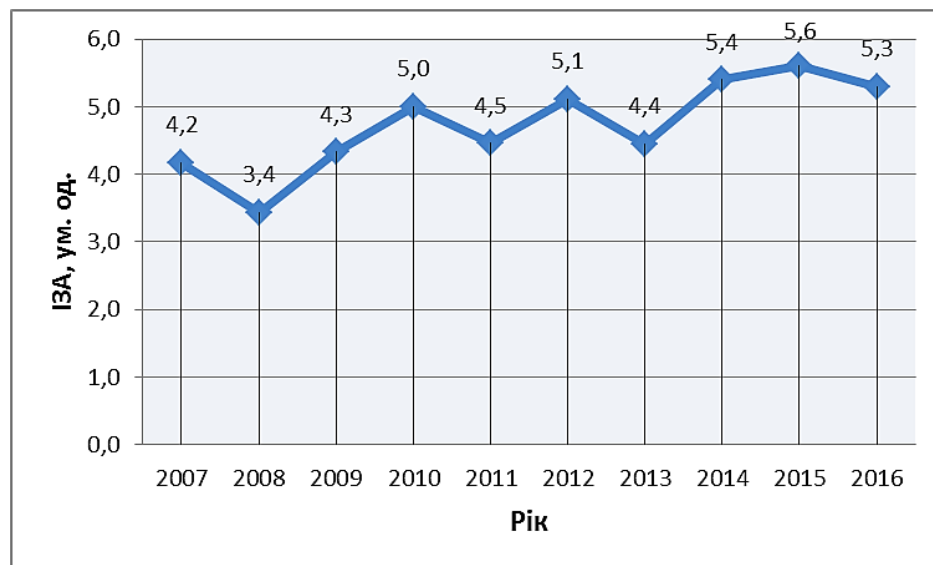


Рисунок 5.16 – Графік зміни рівня ІЗА на ПСЗ №4 міста Київ (складено автором)

На посту №9, який знаходиться на вулиці Каунаська, ІЗА змінювався з роками, то різко знижуючись, то підвищуючись (рис. 5.17). Найменше значення I_5 на ПСЗ спостерігалось в 2008 р. (6,0), а найбільше в 2013 р. (10,0). Рівень забруднення у всі роки був «високим», і лише в 2008 та 2011

роках «підвищеним». Джерелом забруднення є автотранспорт, тому що ПСЗ розташований в районі перетину Харківського та Дарницького шосе.

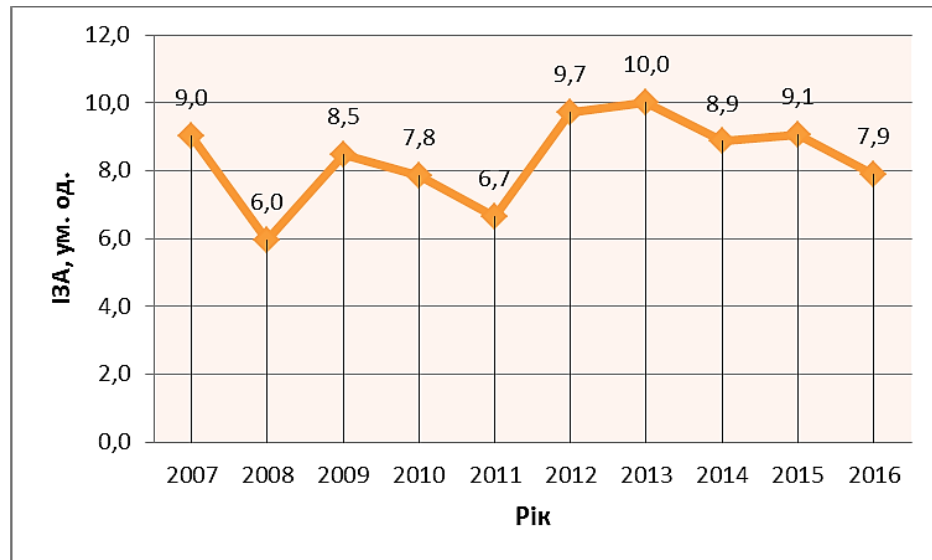


Рисунок 5.17 – Графік зміни рівня ІЗА на ПСЗ №9 міста Київ (складено автором)

На посту №21, який знаходиться на вулиці Скляренка, ІЗА змінювався по-різному (рис. 5.18). Найменше значення I_5 на ПСЗ спостерігалось в 2008 р. (5,6), а найбільше в 2012 р. (11,0).

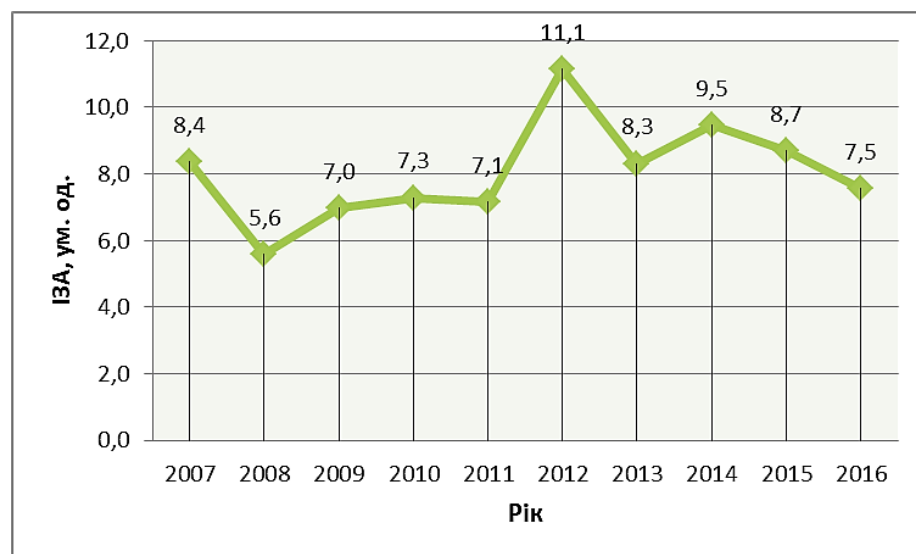


Рисунок 5.18 – Графік зміни рівня ІЗА на ПСЗ №21 міста Київ (складено автором)

Рівень забруднення на ПСЗ №21 у всі роки був «високим», і лише в 2008 р. «підвищеним». Джерелом забруднення в районі поста є магістраль з інтенсивним рухом автотранспорту, тут також знаходяться склотарний завод та завод лакофарбувальних виробів «Лакма».

Як вже було відмічено раніше, стабільно високе забруднення спостерігалось на ПСЗ №7 (Бесарабська площа). На рис. 5.19 видно, що, за винятком 2008 р., рівень середнього за рік ІЗА ніколи не падав нижче 9,5 ум. од. Причиною високого забруднення на посту спостереження №7 є його розташування в районі великої транспортної розв'язки з інтенсивним рухом автотранспорту.

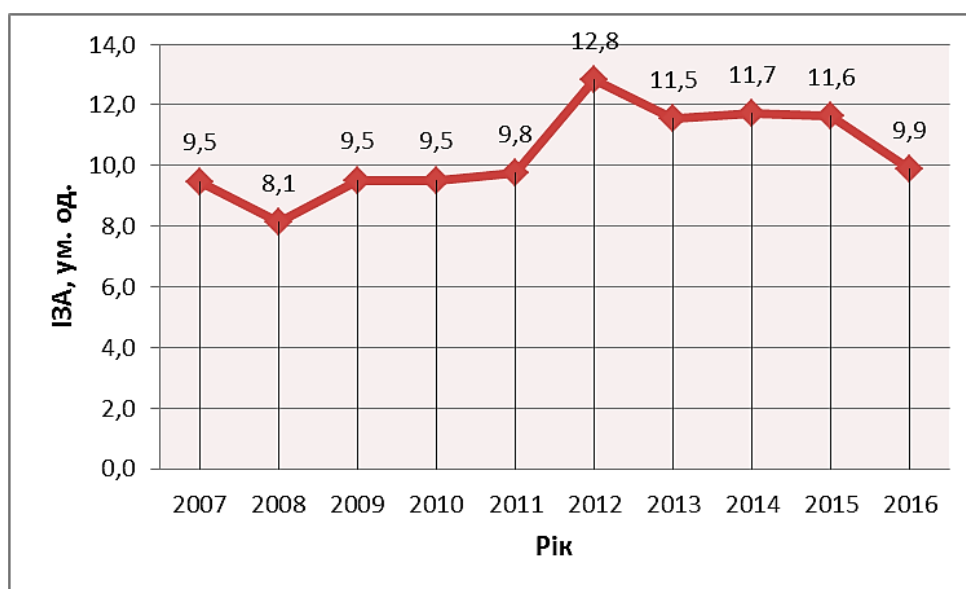


Рисунок 5.19 – Графік зміни рівня ІЗА на ПСЗ №7 міста Київ (складено автором)

На ПСЗ № 11 (проспект Перемоги) за всі роки аналізованого періоду також спостерігалось стабільно високе забруднення атмосферного повітря, обумовлене розташуванням поста в районі перетину проспекту Перемоги та вулиці В'ячеслава Чорновола, з дуже завантаженим рухом автотранспорту (рис. 5.20).

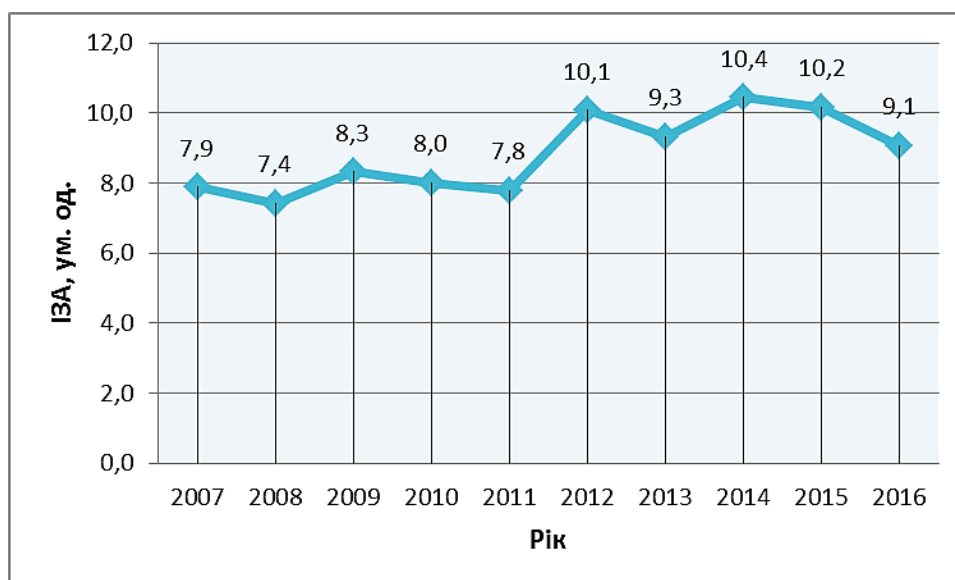


Рисунок 5.20 – Графік зміни рівня ІЗА на ПСЗ №11 міста Київ (складено автором)

Назвемо джерела забруднення окремих не названих районів розташування постів спостереження:

- ПСЗ № 1 (вул. Академіка Стражеска) – джерелом забруднення є автотранспорт та розташоване неподалік підприємство «Київтрактородеталь».
- ПСЗ № 2 (вул. Довженка) – джерелом забруднення є транспорт.
- ПСЗ № 3 (вул. Попудренка) – джерелом забруднення є автотранспорт, підприємство «Укр-кран-пауер» (Дарницька ТЕЦ).
- ПСЗ № 5 (просп. Науки) – стаціонарний пост розташований в районі масиву зелених насаджень, з подекуди невеликою щільністю забудови, забруднення АП тут хоч і низьке, але спостерігається починаючи з 2009 р. Джерелами цього забруднення є розташовані неподалік шосе та комбінат будматеріалів.
- ПСЗ № 6 (пл. Перемоги) – як сказано вище, забруднення в районі цього поста обумовлене наявністю великої транспортної розв'язки, а також станції тепlopостачання №1.

- ПСЗ № 8 (бульв. Лесі Українки) – це район великої транспортної розв’язки.
- ПСЗ № 10 (вул. Межигірська) – джерелом забруднення атмосферного повітря є автотранспорт, фармацевтичний завод «Фармак» та станція тепlopостачання №2.
- ПСЗ № 15 (Гідропарк) – розташований поблизу мосту метро та автомагістралі, тому на рівень забруднення тут впливає транспорт.
- ПСЗ № 17 (Оболонський просп.) – джерелом забруднення є автотранспорт.
- ПСЗ № 20 (пл. Деміївська) – район з найвищими показниками забруднення по місту, тому що тут розташована велика транспортна розв’язка з постійно завантаженим автомобільним рухом та Центральний автовокзал.

Отже, як показав аналіз розрахунків, графіків та карт, проблема забруднення АП в столиці зумовлена високими темпами росту автомобільного транспорту в населення та їх концентрацією на автошляхах міста. На що впливає архітектурне планування міста, ефективність регулювання дорожнього руху, наявність, адекватних рівню автомобілізації, дорожніх розв'язок.

Тож навіть за умови відповідності двигунів і палива стандартам, що дуже важливо в питанні забруднення, при інтенсивному русі автомобілів рівні ГДК речовин в повітрі будуть сильно перевищені. Під час стояння в пробках, в момент збільшення швидкості на старті, а саме при пересуванні невеликими ділянками, різко зростає і частка вуглеводнів і частка найбільш токсичного компонента – оксиду азоту. Саме в момент старту виділяється приблизно в 10 разів більше незгорілих частинок, ніж при роботі двигуна в звичайному режимі. У відпрацьованих газах двигуна, що працює на якісному бензині і при нормальному режимі, міститься в середньому 2,7% оксиду вуглецю. При зниженні швидкості, ця частка збільшується до 3,9%, а на малому ході – до 6,9%.

У Києві транспортні потоки на багатьох вулицях і магістралях міста в ранкові та вечірні години перевищують пропускну здатність в кілька разів. Через центральну частину міста йдуть транзитні автомобілі. У місті не вистачає транспортних розв'язок. Це багаторазово сприяє посиленню забруднення атмосфери продуктами неповного згоряння палива. У зв'язку з цим необхідно приділяти підвищену увагу ефективності організації дорожнього руху, з метою збільшення пропускну здатності доріг, робити акцент на розвитку комфортного і швидкого громадського транспорту, обмежувати в розумних межах використання особистого транспорту в найбільш проблемних зонах, зокрема – в центрі міста.

Далі за методикою, наведеною в підрозділі 4.2., було розраховано показники забруднення атмосферного повітря та відсоток перевищення гранично допустимого забруднення для окремих забруднюючих речовин та їх груп сумачії за період дослідження 2007 – 2016 років. Результати розрахунків наведено в таблиці 5.4. Виходячи з результатів розрахунків було виконано оцінку ступеня небезпеки атмосферного повітря за рівнем забруднення окремими ЗР та речовинами групи сумачії згідно таблиці 4.1.

З таблиці 5.4 видно, що ступінь небезпеки атмосферного повітря в більшості випадків для окремих забруднювальних речовин характеризується як «безпечний», оскільки не відзначалось випадків перевищення показника ГДЗ (100%). За вмістом формальдегіду, діоксиду азоту та оксиду азоту ступінь небезпеки – «дуже небезпечний», а за вмістом фенолу – «небезпечний». Зокрема, перевищення ГДЗ формальдегідом та діоксидом азоту відзначалося в усі роки аналізованого періоду, оксидом азоту в останні 2013 – 2016 рр., а фенолом в 2007 та 2012 роках.

За речовинами групи сумачії навпаки: сумарний показник забруднення в більшості випадків перевищує ГДЗ у всі роки дослідження, а ступінь небезпеки характеризується як «дуже небезпечний». Винятком є групи «SO₂+фенол» – ступінь небезпеки характеризується як «помірно

небезпечний», а також груп «SO₂+фтористий водень» і «SO₂+аміак+CO» – ступінь небезпеки «безпечний».

Таблиця 5.4 – Значення показників забруднення (%) та оцінка ступеня небезпеки атмосферного повітря міста Київ у 2007 – 2016 роках (складено автором)

Забруднююча речовина	Рік										% випадків перевищення ГДЗ	Ступінь небезпеки
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Діоксид сірки	16	18	28	27	22	33	28	42	42	44	0	Безпечний
Оксид вуглецю	49	35	33	36	32	46	25	67	56	64	0	Безпечний
Діоксид азоту	232	183	203	227	211	287	277	290	353	313	100	Дуже небезпечний
Оксид азоту	73	73	48	23	24	30	104	115	152	138	40	Дуже небезпечний
Фенол	186	85	61	53	49	145	65	40	54	65	20	Небезпечний
Фтористий водень	4	8	18	22	30	55	73	66	65	62	0	Безпечний
Хлористий водень	38	24	24	30	28	28	25	29	33	40	0	Безпечний
Аміак	24	19	20	20	22	23	19	10	23	29	0	Безпечний

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Формальдегід	236	216	280	245	239	295	276	278	250	216	100	Дуже небезпечний
SO ₂ +NO ₂	248	201	230	254	232	320	305	332	395	357	100	Дуже небезпечний
Формальдегід+ фенол	469	335	378	331	320	489	379	353	338	312	100	Дуже небезпечний
NO ₂ +SO ₂ +CO	292	233	261	287	262	361	328	393	446	415	50	Дуже небезпечний
Аміак+формальдегід	284	258	329	291	286	349	324	317	299	266	100	Дуже небезпечний
NO ₂ +формальдегід	494	423	514	499	476	615	583	598	631	553	100	Дуже небезпечний
CO+NO ₂ +формальдегід	539	456	544	532	506	657	606	660	681	611	100	Дуже небезпечний
SO ₂ +CO+фенол+NO ₂	699	327	328	345	316	522	401	438	506	487	60	Дуже небезпечний
SO ₂ +фенол	222	112	95	86	76	194	101	87	102	116	10	Помірно небезпечний
SO ₂ +фтористий водень	20	27	48	51	55	94	109	116	115	113	0	Безпечний
SO ₂ +аміак+CO	82	67	76	78	71	95	69	112	114	128	0	Безпечний

ВИСНОВКИ

Київ – найбільше місто України, з населенням майже 3 млн. мешканців, є її індустріальним та промисловим центром з розвиненою транспортною системою, що справляє велике навантаження на стан навколишнього природного середовища.

Однією з найважливіших екологічних проблем м. Києва є забруднення атмосферного повітря. Серед основних джерел забруднення атмосфери – пересувні джерела, з яких на першому місці знаходиться автотранспорт, а також підприємства енергетики (теплоелектроцентралі), підприємства будіндустрії, машинобудівної, хіміко-фармацевтичної, харчової промисловості.

Періодом нашого дослідження було вибрано 2006 – 2016 роки.

В м. Києві моніторинг забруднення атмосферного повітря проводиться Центральною геофізичною обсерваторією ім. Бориса Сризневського Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Спостереження за станом забруднення повітря здійснювались на 16-ти стаціонарних постах в 8-ми районах столиці. В різні роки на деяких ПСЗ спостереження проводились не в повному обсязі через відключення від електромережі.

Забруднювальні речовини, що присутні в повітряному басейні міст, впливають на здоров'я людини, стан навколишнього природного середовища та спричиняють руйнування матеріалів.

Протягом 2015 р. в атмосферу міста надійшло 171,0 тис. т забруднювальних речовин від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, що на 20,1% менше в порівнянні з попереднім 2014 р., і на 24,7% в порівнянні з 2006 р.

Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел за період 2006 – 2015 рр. залишалися практично на одному рівні, за винятком 2009 р. (43,9 тис. т). Основними забруднювальними речовинами, що надходять від них, є діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, леткі органічні сполуки, оксид вуглецю.

Найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря м. Києва стаціонарними джерелами дають підприємства: ТОВ «Євро-реконструкція», ПАТ «Екостандарт», філіал ТЕЦ №5 ПАТ «Київенерго», філіал ТЕЦ №6 ПАТ «Київенерго», філіал «Теплові мережі ПАТ «Київенерго»». Відсоток викидів яких у 2012 році склав 79,4% від загальної кількості викидів стаціонарних джерел.

Обсяги викидів забруднювальних речовин від пересувних джерел по місту за 2006 – 2015 рр. знизились на 28%. Але в супереч цьому, пересувні джерела викидів як і раніше залишаються основним забруднювачем повітря в місті (84,4% викидів), а саме автотранспорт вносив 84,2% від загального числа викидів в 2012 р.

Основну частину викидів від пересувних джерел в м. Києві становлять такі забруднюючі речовини, як: оксид вуглецю, леткі органічні сполуки та оксиди азоту. Близько 76% викидів від автомобільного транспорту становить оксид вуглецю.

Розрахунок ІЗА дозволяє судити про ступінь та динаміку забруднення атмосферного повітря, а також про необхідні управлінські рішення у сфері природокористування.

Розглянувши методи та принципи розрахунку індексу забруднення атмосферного повітря в Україні і за кордоном бачимо переваги і недоліки існуючих підходів у визначенні якості повітря урбанізованих територій. Для України є необхідність модернізації методики розрахунку індексу забруднення атмосфери, яка повинна здійснюватися з урахуванням міжнародних стандартів, а також досвіду інших країн та відповідати

вимогам Всесвітньої організації охорони здоров'я. В першу чергу основною відмінністю і недоліком оцінки якості повітря та проведення моніторингу в Україні в цілому - це відсутність вимірів приземного озону (O_3) та твердих частинок ($PM_{2,5}$) на постійній основі.

Індекс забруднення атмосфери таких ЗР як формальдегід, діоксид азоту, оксид азоту, а також фенол відзначався найвищим за період дослідження 2007 – 2016 рр. ІЗА інших досліджуваних забруднювальних речовин не перевищують одиницю.

За показником I_{10} найбільший рівень забруднення в Києві за досліджуваний період був відзначений в 2015 р. (11,8) та найменший в 2008 (7,9), а за показником I_5 найбільший – в 2012 р. (9,9) та найменший – в 2011 р. (6,8), це, відповідно, «високий» і «підвищений» рівні забруднення.

Карти рівнів забруднення атмосферного повітря за ІЗА на постах спостереження у м. Києві в 2007 – 2016 рр. показують, що в усі роки періоду досліджень районами найбільшого забруднення були площі Бесарабська, Деміївська, Перемоги, проспекти Перемоги та Оболонський, вулиця Каунаська, вони є районами великих транспортних розв'язок. Також високим рівнем забруднення характеризувались вул. Довженка (район метро Шулявка), Ак. Стражеска, Склярєнка, б-р Лесі Українки та вулиця Попудренка (район метро Чернігівська). Останніми роками в районі вулиці Лазо та Гідропарку зафіксовано підвищений рівень забруднення. Найменш забрудненим (низький рівень) був район проспекту Науки.

На основі розрахунків ГДЗ і ПЗ було визначено ступінь небезпеки атмосферного повітря міста Київ за 2007 – 2016 рр. Ступінь небезпеки атмосферного повітря в більшості випадків для окремих ЗР характеризується як «безпечний». За вмістом формальдегіду, діоксиду азоту та оксиду азоту ступінь небезпеки – «дуже небезпечний», а за вмістом фенолу – «небезпечний».

За речовинами групи сумації навпаки: сумарний показник забруднення в більшості випадків перевищує ГДЗ у всі роки дослідження, а ступінь небезпеки характеризується як «дуже небезпечний». Винятком є групи «SO₂+фенол», «SO₂+фтористий водень», «SO₂+аміак+CO».

В цілому за досліджуваний період забруднення повітряного басейну більшості районів міста Київ відноситься до «небезпечного» та «дуже небезпечного» рівня за окремими домішками та групами їх сумації. Забруднювальні речовини, що визначають низьку якість повітря у столиці України, відносяться головним чином до компонентів вихлопних газів автотранспортних засобів. Тому проблема забезпечення якості атмосферного басейну міста Київ потребує негайного вирішення з урахуванням найкращих прикладів та досвіду, накопиченого у нині екологічно безпечних великих містах світу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічний паспорт міста Київ за 2007 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/2Eko_pas_Kyiv_2007.rar (дата звернення: 03.11.2016).
2. Екологічний паспорт міста Київ за 2008 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/3Pasport2008_kyiv.doc (дата звернення: 03.11.2016).
3. Екологічний паспорт міста Київ за 2009 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/4Ecopasport_Kiyv_2009_110610.rar (дата звернення: 03.11.2016).
4. Екологічний паспорт міста Київ за 2010 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv_ecopasport_2010.doc (дата звернення: 03.11.2016).
5. Екологічний паспорт міста Київ за 2011 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/m.Kiyv_ecopasport_2011.doc (дата звернення: 03.11.2016).
6. Екологічний паспорт міста Київ за 2012 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/kyiv/Kyiv_ecopasport_2012.doc (дата звернення: 03.11.2016).

7. Климат Києва. Под редакцией д-ра геогр. наук, проф. Л. И. Сакали. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 288 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища міста Київ за 2015 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Доповіді про стан навколишнього природного середовища. URL: <http://old.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/5560-rehionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnoho-pryrodoho-seredovyshcha-u-2015-rotsi> (дата звернення: 10.11.2017).
9. Політична карта міста Київ // Опора. URL: <https://www.opora.ua.org/news/1510-politychna-karta-mista-kyjiv> (дата звернення: 29.04.2018)
10. Про стан забруднення навколишнього природного середовища у м. Києві і Київській області // Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Сризневського. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kiev.ua> (дата звернення: 05.05.2018)
11. Про охорону атмосферного повітря: Закон України за станом на 16 жовтня 1992 // Відом. Верх. Ради України. 1992. № 50. 678 с.
12. Транспортна екологія: навчальний посібник / Запорожець О. І. та ін.; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – Київ: «Центр учбової літератури», 2017. – 508 с.
13. Сафранов Т. А. Загальна екологія та неоекологія: Конспект лекцій. – К.: КНТ, 2005. – 188 с.
14. Кривошеин Д. А., Муравей Л. А., Роева Н. Н. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
15. Термена Б. К. Забруднення атмосфери та його наслідки: навчальний посібник. – Чернівці: Книги-XXI, 2005. – 167 с.
16. Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник. 2-е видання. – К: Printline, 2015. – 335 с.

17. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. – Санкт-Петербург: Астерион, 2008. – 253 с.
18. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.
19. Гомонай В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України // Екологічний вісник. 2007. №1 (41). С. 10–12.
20. Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. В Сб. «Вопросы охраны атмосферы от загрязнения» НПК «Атмосфера». №1 СПб., 2003.
21. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990-2016 роки) // Головне управління статистики у м. Києві. URL: <http://kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=1730&lang=1> (дата звернення: 10.11.2017).
22. Коротко. Суспільство // День: електронна версія газети. 2009. №81. Дата оновлення: 19. 05. 2009. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/cuspilstvo/korotko-suspilstvo-385> (дата звернення: 16.04.2018).
23. Шевченко О. Г. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом // Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 14. С. 5-15.
24. Доценко Л. В. Демиденко А. С. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря // Екологічна безпека. 2014. Вип. №2. С. 71-74.
25. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник/ Т.А. Сафранов та ін.; за ред. проф. Т. А. Сафранов і проф. Я. О. Адаменко. – Одеса: Екологія, 2015.– 244 с.
26. Air Quality Index (AQI, A Guide to Air Quality and Your Health). URL: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

27. Statistiques indice de la Qualite de l'air. Année civile 2005. — AIRPARIF Surveillance de la Qualite de l'air en Ile-de-France. — Paris, 2005. — 9 p.
28. Air Pollution in the UK: 2008. AEAT/ENV/R/2823/Issue 1. — 2009. — 270 p.
29. Bulletin de la qualite de l'air. Lundi 29 décembre 2008. URL: <http://www.irceline.be>.
30. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 116 с.
31. 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.
32. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області. — К: Центральна геофізична обсерваторія, 2007 – 2016 рр.
33. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища міста Київ за 2009 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. Доповіді про стан навколишнього природного середовища. URL: http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/regionalni/rehionalni-dopovidi-u-2009-rotsi/kyiv_2009.doc (дата звернення: 13.03.2018)

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Грабовик М. М., Бібко Г. М. Оцінка та прогноз забруднення атмосферного повітря міста Київ синоптико-статистичним методом. Матеріали науково-практич. конф.: Всеукраїнський студентський конкурс «Екологія та екологічна безпека». Полтава: ПолНТУ, 2017. С. 9.
2. Грабовик М. М., Полетаєва Л. М. Аналіз сучасного стану забруднення повітряного басейну міста Київ // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 2017. Харків: ФОП Панов А. М., 2017. С. 107.
3. Грабовик М. М., Полетаєва Л. М. Сучасний стан забруднення атмосферного повітря у місті Києві. Матеріали конференції : II Всеукраїнська науково-практична конференція «Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти». Полтава: ПДАА, 2017. С. 113 – 115.
4. Грабовик М. М. Полетаєва Л. Н. Оценка загрязнения воздушного бассейна города Киев. Международная научная конференция "Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2017». Вип. 49, том 2. Иваново: Научный мир, 2017. С. 91 – 98.
5. Грабовик М. М., Полетаєва Л. М. Аналіз сучасного стану забруднення повітряного басейну міста Київ. Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. 2018. № 1(21). С. 177 – 182.

6. Грабовик М. М., Полетаєва Л. М. Стан забруднення атмосферного повітря міста Київ // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 2018 (у друці)

Додаток Б – Таблиця викидів окремих забруднювальних речовин в м. Києві за період 2006 – 2016 рр., тис. [1-6; 21]

Назва забруднювальної речовини	Рік										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Від стаціонарних джерел:	26,4	26,5	27	43,9	28,6	33,3	32,9	31,9	31,4	26,7	34,3
метали та їх сполуки	0,07	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,04	0,04	0,05	0,1
оксид вуглецю	3,6	3,4	3,4	2,7	2,8	2,7	2,6	2,5	2,1	2,1	2,2
діоксид та інші сполуки сірки	5,1	5,4	6	24,1	7,6	9,9	10,6	11,4	9,9	6,6	12,4
оксиди азоту	10,1	9,1	8,5	8,2	9,8	10,7	10,6	9,1	7,8	6,8	7,5
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	3,7	4,4	4,5	4,3	4	5,8	5,1	4,8	4,9	4,7	5,8
леткі органічні сполуки	3,7	3,3	3,5	3,6	3,5	3,4	3,3	3,4	5,9	5,8	5,7
2. Від пересувних джерел:	200,7	204	248,2	234,9	236,7	221,2	226,3	215,8	182,8	144,3	–
сірчистий ангідрид	1,4	1,8	2	1,9	1,9	3	2	–	–	–	–
оксиди азоту	17,6	21,3	23,6	20,9	21,1	18,5	21,3	20,8	17,7	15,3	–
оксид вуглецю	155	152,5	187,9	178,3	180,3	166,6	171,1	162,6	137,2	107,0	–
вуглеводні	24,7	1	1	0,8	–	–	–	–	–	–	–
леткі органічні сполуки	0,5	25,4	31,4	29,7	30,3	28,1	28,5	27,3	23,5	18,1	–
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1,5	4,4	–	7,6	2,1	2,1	2,4	2,4	–	–	–

Продовження таблиці додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.1. у тому числі від автомобільного транспорту:	191	190,8	236,8	226,4	229,2	212,7	218,3	–	–	–	–
сірчистий ангідрид	1,1	1,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,8	–	–	–	–
оксиди азоту	12,9	15,2	18,5	17,8	18,5	18,6	18,8	–	–	–	–
оксид вуглецю	152,5	148,1	183,9	175,7	177,3	162,9	167,7	–	–	–	–
вуглеводні	23,5	1	1	0,8	–	–	–	–	–	–	–
леткі органічні сполуки	–	23,7	29,9	28,7	28,9	26,4	26,9	–	–	–	–
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1,1	2,1	2,3	1,8	1,9	2,2	2,2	–	–	–	–

Додаток В

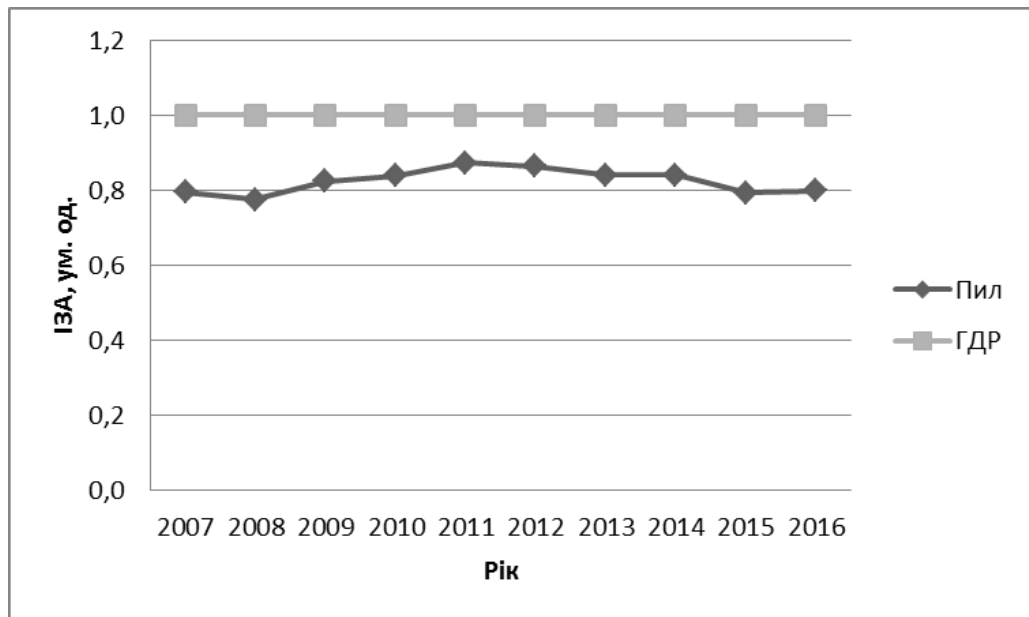


Рисунок В.1 – Динаміка зміни ІЗА пилу в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)

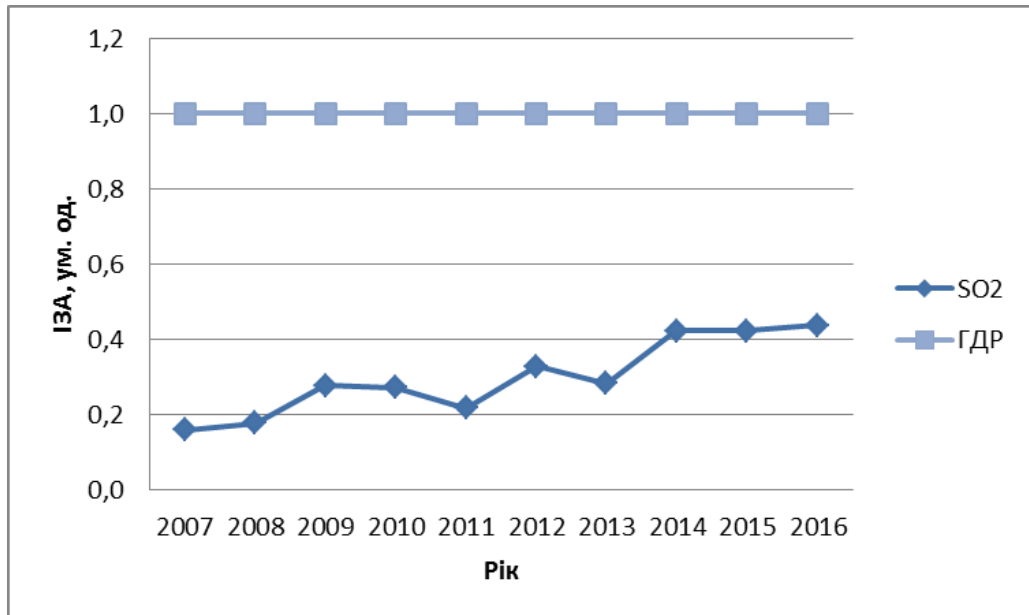


Рисунок В.2 – Динаміка зміни ІЗА діоксиду сірки в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)

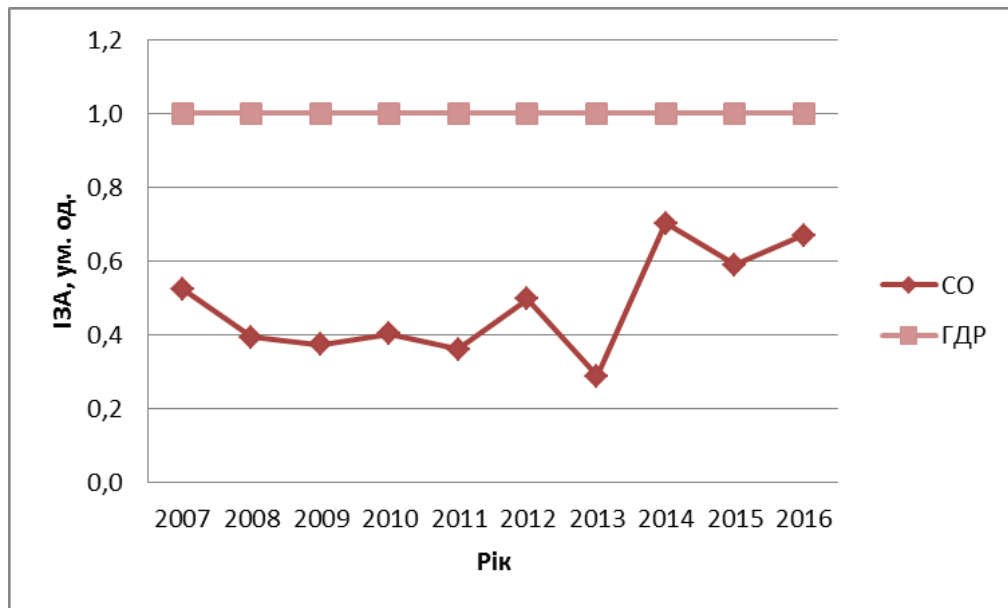


Рисунок В.3 – Динаміка зміни ІЗА оксиду вуглецю в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)

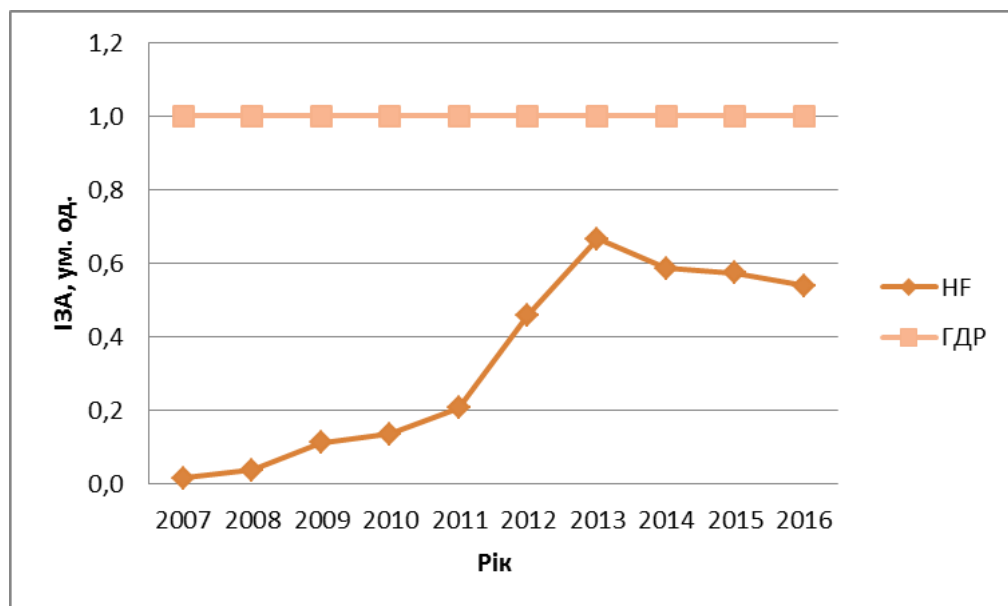


Рисунок В.4 – Динаміка зміни ІЗА фтористого водню в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)

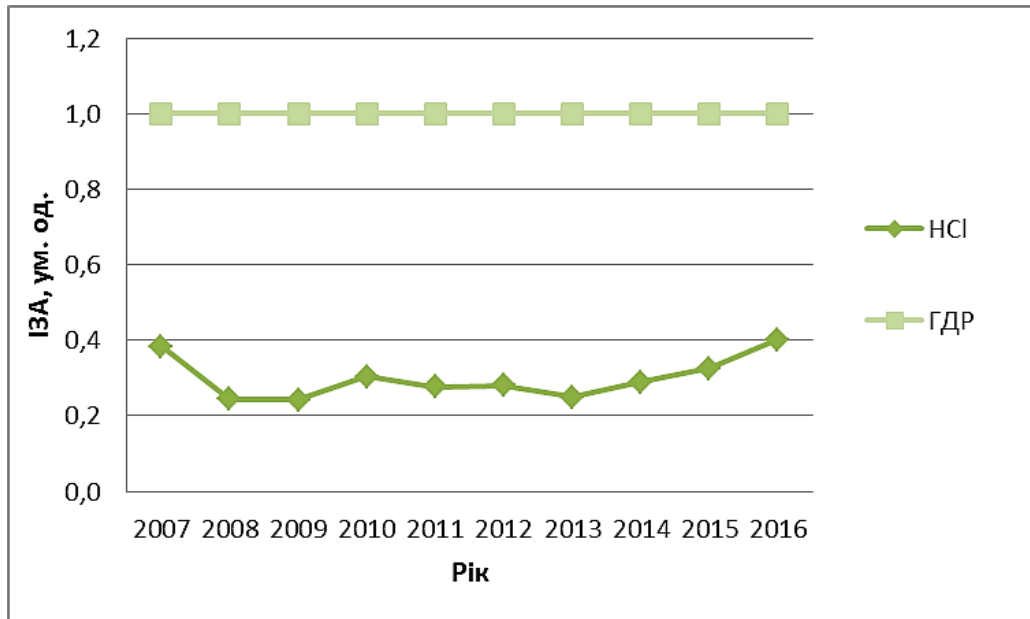


Рисунок В.5 – Динаміка зміни ІЗА хлористого водню в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)

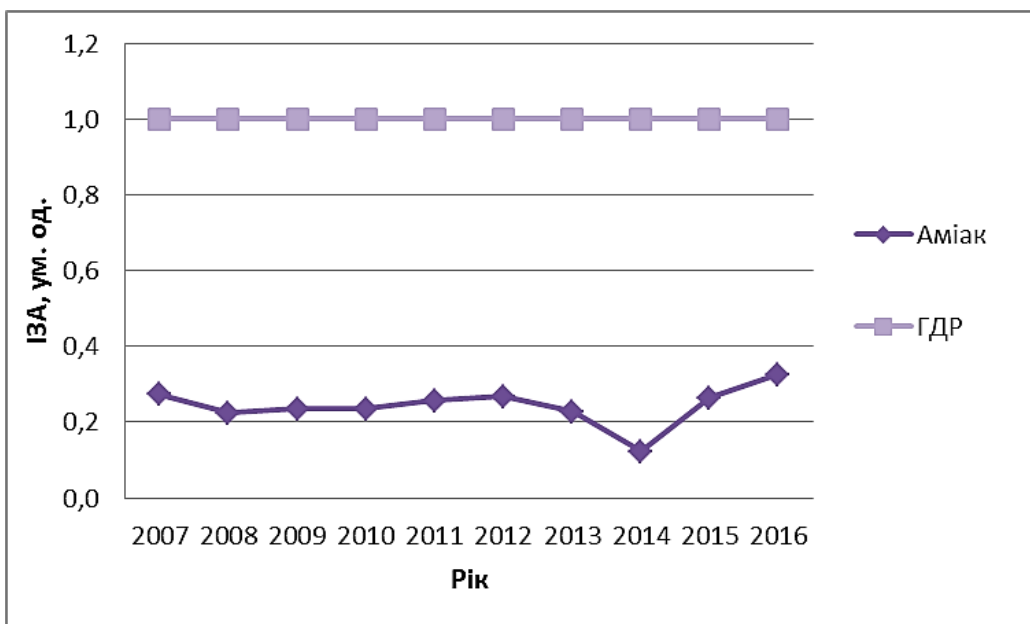


Рисунок В.6 – Динаміка зміни ІЗА аміаку в місті Київ (2007 – 2016 роках) (складено автором)