

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Синоптико-статистичний прогноз забруднення  
атмосферного повітря міста Київ»

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ-61  
спеціальності 101 – Екологія  
Бібко Ганна Миколаївна

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

Рецензент к.геогр.н., доц.  
Боровська Галина Олександрівна

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 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
*Бібко Ганні Миколаївні*

1. Тема роботи: *«Синоптико-статистичний прогноз забруднення атмосферного повітря міста Київ»*

керівник роботи: *Полетаєва Лариса Миколаївна, к.геогр.н., доц.*

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 02 » листопада 2017 року № 321-С

2. Строк подання студентом роботи з *01 червня 2018 року*

3. Вихідні дані до роботи *метеорологічні дані радіозондування за вересень-жовтень 2016 р., січень, квітень, липень 2017 р., аерологічні діаграми з кривими температурної стратифікації атмосфери на метеорологічній станції Київ у строк 00 год. за вересень-жовтень 2016 р, січень, квітень, липень 2017 р. з архіву сайту Вайомінзького університету (Ларамі, Вайоминг, США), приземні карти погоди європейської частини за строк 00 год. (вересень-жовтень 2016 р та січень, квітень, липень 2017 р.)*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Методика синоптико-статистичного прогнозу метеорологічних умов забруднення атмосфери, рівень забруднення атмосферного повітря в частках ГДК, прогноз забруднення атмосфери у Києві*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Методика прогнозу МУЗ, таблиця значень предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ, результати перевірки прогнозу МУЗ

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 кліматичною характеристикою та метеорологічними умовами накопичення домішок у повітрі міста Київ</i>	26.03.18-31.03.18	90	5 (відмінно)
2	<i>Збір метеорологічної інформації радіозондування на метеорологічній станції Київ за вересень 2016 р.-липень 2017р.</i>	01.04.18-19.04.18	90	5 (відмінно)
3	<i>Вивчення методики та розрахунки за прогностичною схемою МУЗ</i>	20.04.18-29.04.18	90	5 (відмінно)
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	<b>30.04.18-06.05.18</b>	90	5 (відмінно)
4	<i>Перевірка прогностичних даних на фактичному матеріалі</i>	07.25.18-11.05.18	90	5 (відмінно)
5	<i>Підготовка аналізу та висновків по роботі</i>	12.05.18-16.05.18	90	5 (відмінно)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновка керівника</i>	17.05.18-24.05.18	90	5 (відмінно)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської і кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту</i>	25.05.18-01.06.18	90	5 (відмінно)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90, 0	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

Бірко Г.М.

( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Полепова Л.М.

( прізвище та ініціали )

## АНОТАЦІЯ

### **Бібко Г.М. Синоптико-статистичний прогноз забруднення атмосферного повітря міста Київ.**

*Актуальність теми.* Якість повітряного басейну міста Київ перевищує санітарно-гігієнічні нормативи, тому необхідно проводити прогноз забруднення атмосферного повітря.

*Метою роботи є* показати ефективність використання прогнозу метеорологічних умов забруднення (МУЗ) повітря м. Київ з ціллю запобігання аномально високих рівнів забруднення повітряного басейну.

*Об'єкт дослідження* – стан атмосферного повітря міста Київ.

*Предмет дослідження* – прогноз метеоумов забруднення атмосферного повітря м.Київ.

*Методи дослідження.* В якості прогностичної схеми взято синоптико-статистичний метод МУЗ та методика розрахунку індексів забруднення атмосфери (ІЗА).

*Результати дослідження.* Прогноз забруднення атмосфери свідчить про ефективність використання методу МУЗ для високого рівня забруднення.

*Наукова новизна одержаних результатів.* Проведений прогноз метеорологічних умов забруднення атмосферного повітря м. Києва у вересні-жовтні 2016 р. та січні, квітні, липні 2017 р. та оцінена його ефективність.

*Теоретичне та практичне значення* – прогностична інформація за методом МУЗ повинна передаватись в держадміністрацію міста, доводитись до дорожньої поліції та установ Міністерства охорони здоров'я, і на підприємства-забруднювачі з метою прийняття заходів щодо зменшення викидів шкідливих домішок.

*Структура та обсяг роботи.* Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань (18 найменувань). Обсяг роботи складає 96 с. з урахуванням додатків, в тому числі 5 рисунків, 19 таблиць.

*Ключові слова:* забруднення атмосферного повітря, індекс забруднення атмосфери, показник гранично допустимого забруднення, прогноз метеорологічних умов забруднення, несприятливі метеорологічні умови.

## SUMMARY

### **Bibko G.M. Synoptic-and-Statistical Forecast of Atmospheric Air Pollution in the City of Kyiv.**

*Actuality of theme.* The quality of the airspace of the city of Kiev exceeds sanitary and hygienic standards, therefore it is necessary to carry out a forecast of pollution of atmospheric air.

*The purpose of the work is* to demonstrate the effectiveness of using the forecast of meteorological conditions of air pollution in Kyiv in order to prevent abnormally high levels of air pollution.

*The object of research* is the state of the atmospheric air of the city of Kiev.

*Subject of research* - forecast of meteorological conditions of atmospheric air pollution.

*Research methods.* As a prediction scheme, a synoptic-statistical method of meteorological pollution conditions and a method for calculating air pollution index.

*Research results.* The forecast of atmospheric pollution testifies to the effectiveness of using the MCP method for a high level of pollution.

*Scientific novelty of the obtained results.* The forecast of meteorological conditions of atmospheric air pollution in Kyiv in September-October 2016 and January, April, July 2017 and its efficiency is estimated.

*Theoretical and practical significance* - prognostic information by the method of MCP must be transferred to the city administration, brought to the traffic police and institutions of the Ministry of Health and the polluting enterprises in order to take measures to reduce the emission of harmful impurities.

*Structure and scope of work.* The work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of references (18 titles). The work volume is 96 seconds. including applications, including 5 drawings, 19 tables.

**Key words:** atmospheric air pollution, air pollution index, index of maximum permissible pollution, forecast of meteorological conditions of pollution, adverse meteorological conditions.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	8
ВСТУП .....	9
1 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ КИЇВ .....	11
1.1 Організація моніторингу забруднення атмосфери у місті Київ .....	17
1.2 Забруднення повітря у вересні 2016 р.....	19
1.3 Забруднення повітря у жовтні 2016 р.....	26
1.4 Забруднення повітря у січні 2017 р. ....	32
1.5 Забруднення повітря у квітні 2017 р. ....	39
1.6 Забруднення повітря у липні 2017 р. ....	45
2 СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ .....	49
2.1 Загальні принципи розробки питань прогнозу забруднення повітря	49
2.2 Методика прогнозу МУЗ.....	51
2.3 Визначення типу синоптичної ситуації .....	54
2.4 Визначення товщини шару перемішування .....	58
2.5 Визначення середньої швидкості вітру у шарі перемішування .....	59
2.6 Термінологія і оцінка справджуваності прогнозів МУЗ.....	60
3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ У КИЄВІ.....	63
ВИСНОВОКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	87
ДОДАТКИ.....	89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – гранично допустима концентрація

ГДК<sub>с.д.</sub> – гранично допустима концентрація середньодобова

ГДК<sub>м.р.</sub> – гранично допустима концентрація максимально разова

ВРЗА – високий рівень забруднення атмосфери

МУВЗ – метеорологічні умови високого забруднення

МУВЗ<sub>кр</sub> – метеорологічні умови високого забруднення короткочасні

МУВЗ<sub>н/о</sub> – метеорологічні умови високого забруднення не очікуються

МУЗ – метеорологічні умови забруднення

РЗА – рівень забруднення атмосфери

ПСЗ – пост спостереження за станом повітря

ЦГО – Центральної геофізичної обсерваторії по місту Києву

ЗА – забруднення атмосфери

ІЗА – індекс забруднення атмосфери



## ВСТУП

Київ – місто новобудов та інтенсивної реконструкції, зокрема, житлового фонду. Недотримання комплексного підходу, в тому числі екологічного, до освоєння тієї чи іншої території, що забудовується, часто призводить до перетворення житлових мікрорайонів у будівельні майданчики. При цьому знищуються дерева, зазнають шкоди рослинний покрив, асфальтові та інші покриття, відбувається інтенсивне забруднення середовища пилом і викидними газами будівельної техніки, а також шумове забруднення. Об'єктом дослідження є стан атмосферного повітря міста Київ.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи являється показати ефективність використання прогнозу метеорологічних умов забруднення повітря м. Київ з ціллю запобігання аномально високим рівням забруднення повітряного басейну. В якості прогностичної схеми взято синоптико-статистичний метод метеорологічних умов забруднення (МУЗ).

Елементи наукової новизни: проведений прогноз метеорологічних умов забруднення атмосферного повітря м. Києва у вересні-жовтні 2016 р. та січні, квітні, липні 2017 р. та оцінена його ефективність.

Предметом дослідження є прогноз метеоумов забруднення атмосферного повітря.

Актуальністю обраної теми є те, що якість повітряного басейну міста Київ перевищує санітарно-гігієнічні нормативи, тому необхідно проводити прогноз забруднення атмосферного повітря.

Задачі дослідження: оцінити метеорологічні умови забруднення повітряного басейну, розрахувати критерій МУЗ, оцінити справджуваність прогнозу.

В першому розділі йдеться про сучасний стан забруднення атмосферного повітря у місті Київ за два місяці 2016 року та 3 місяці 2017 року.

Методика прогнозу МУЗ описана у другому розділі даної роботи. Оцінка проводиться за трьома предикторами, що входять до прогностичної схеми: тип синоптичної ситуації, товщина шару перемішування, а також середня швидкість вітру в шарі перемішування.

В третьому розділі приведені розрахунки прогнозу метеорологічних умов забруднення повітря м. Київ. Як приклад, розглянуті прогнози МУЗ за вересень-жовтень 2016 р. та січень, квітень, липень 2017 р. та проведена оцінка ефективності використання прогностичної схеми МУЗ за той же період досліджень. Також одним із завдань цієї роботи є випробування можливостей даної прогностичної схеми на фактичному матеріалі. Дані про фактичний рівень забруднення у м. Києві за період вересня – жовтня 2016 р. та січня, квітня, липня 2017 р. взяті з архівних матеріалів моніторингу забруднення атмосфери на постах спостереження Центральної геофізичної обсерваторії по місту Києву (ЦГО).

Робота складається із вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань, додатку.

За темою магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 2 статті та 3 матеріалів і тез доповідей на міжнародних та університетських конференціях (див. Додаток А).

## 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ КИЇВ

Київ – це столиця України, великий культурний, історичний та торговельно-промисловий центр. Отже можна сміливо говорити, що Києву характерні всі екологічні проблеми, що притаманні всім великим містам. Це в першу чергу забруднення автотранспортом, зміни в складі атмосферного повітря, шумове забруднення, викиди хімічних речовин у атмосферу, забруднення токсичними відходами, проблема відходів. Майже все це стосується і Київської області. Але особливе місце в цьому регіоні посідає радіоактивна проблема, що пов'язано з Чорнобильською АЕС. На території Київської області знаходяться Канівське та Київське водосховища, що мають не найкращі екологічні умови. Це все тягне за собою проблему ґрунтів [1].

Зростання населення і промислового виробництва зумовили необхідність інтенсивного індустриального, житлово-комунального та соціально-культурного будівництва, розширення транспортної та енергетичної мереж міста. Щільність забудови в Києві безперервно збільшується, що негативно впливає як на міське природне середовище, так і на міського жителя. Через нарощування промислово-енергетичного і транспортного потенціалів підвищується рівень забруднення навколишнього природного середовища.

Погіршення стану більшості екосистем біосфери, зменшення продуктивності і біорізноманітності, мінеральних ресурсів, забруднення поверхні Землі, гідросфери, атмосфери пов'язане з інтенсивним зростанням чисельності населення планети та розвитком науково-технічного прогресу. Задоволення потреб людського суспільства призвела

до максимального розширення меж господарської діяльності, змін у пропорціях світового господарства, у виробничих потужностях, техніці, технологіях, асортименті споживання [3].

Екологічний стан столиці України вже переріс поняття «проблема» і якщо недотягнув до поняття «катастрофа», то це питання часу. Подібні проблеми характерні для кожного великого міста – транспорт, промислові зони, шкідливе виробництво, щільне будівництво – але так само як і наявність проблеми, для кожного міста існують шляхи її вирішення.

Основними джерелами забруднення навколишнього середовища в Києві є промислові підприємства енергетичного комплексу, а також хімічні і транспорт [2].

Сучасне місто не можна уявити без транспорту, проте саме транспорт, насамперед автомобільний, належить до найбільших і найшкідливіших джерел забруднення повітря (до 70 %). До того ж, із цим видом забруднень боротися важко і складно. Двигуни викидають у повітря значну кількість оксидів карбону, вуглеводних сполук, оксидів нітрогену, сполук свинцю та інших токсичних і канцерогенних речовин. І чим більше автомашин у місті, чим інтенсивніший їхній рух, тим вищі рівні забруднення навколишнього середовища, тим відчутніша шкода здоров'ю людини. Смог все сильніше наступає на Київ, а загазованість атмосферного повітря – є однією із причин екологічної кризи великого міста.

Викиди забруднюючих речовин від автотранспорту з року в рік зростають та негативно впливають на стан забруднення атмосферного повітря в місті. Особливо небезпечні тому, що здійснюються в безпосередній близькості від тротуарів у зоні активного пішогодного руху. Крім забруднення атмосферного повітря, міський транспорт та його супутня інфраструктура є головними забруднювачами водних об'єктів та ґрунтів нафтопродуктами. Насамперед, це стосується відкритих автостоянок, гаражних кооперативів та автозаправних станцій, які не

обладнано локальними очисними спорудами дощових стоків, пунктів розвантаження паливно-мастильних матеріалів на території річкового порту та автотранспортних підприємств міста. Має місце забруднення трамвайних колій мастилами через їх витікання з негерметичних редукторів трамвайних вагонів. Негативно впливають на стан довкілля і відходи автотранспортних засобів, які утворюються в процесі їх експлуатації, а саме: відпрацьовані мастила, фільтри, акумулятори, відпрацьовані шини, деталі та корпуси автомобілів, утилізацію яких належним чином ще не налагоджено [2].

Ще однією екологічною проблемою є проблема поводження з відходами. Незважаючи на тенденцію деякого зменшення обсягів утворення відходів виробництва, в місті триває процес накопичення відходів різних видів. У наслідок екологічно безграмотного господарювання на стічні канами перетворилися малі річки, які могли б бути окрасою нашого міста. Наприклад, відома річка Либідь, яка протікає по території семи районів Києва. На її берегах розташовано понад 350 великих і малих підприємств та господарських об'єктів. У стічних водах, які потрапляють у річку Либідь з промислових майданчиків без очищення, вміст забруднювачів часто в 30-40 разів перевищує гранично допустимі концентрації. Значна кількість їх стікає потім у Дніпро [2]. Однак слід зауважити, що достатньо успішно, порівняно з іншими містами України, в Києві вирішено проблеми очищення міських стічних вод та захоронення побутових відходів. Окрім того, в кожному районі міста відкрито бювети з джерельною водою. Невирішеними залишаються такі проблеми поводження з відходами як:

- не запроваджена чітка система утилізації та використання для потреб столиці продуктів переробки макулатури, склобою, автомобільних шин, полімерних відходів, відходів легкої та харчової промисловості, відпрацьованих нафтопродуктів;

- не впроваджена система поводження (знешкодження) з токсичними відходами. Необхідно вирішити питання щодо облаштування сучасного екологічно безпечного полігону токсичних відходів, який зараз відсутній. В Києві на території промислових підприємств та на звалищах сконцентровано близько 170 тис. тонн промислових токсичних відходів;

Вирішення більшості питань щодо утилізації відходів не потребує значних капіталовкладень, а залежить лише від зацікавленості та ініціативності місцевих органів управління.

Однім з найшкідливіших проблем, що викликає захворювання у людей є шумове забруднення. Зростаюче шумове забруднення великого міста також спричиняє чимало неприємностей городянам, негативно відбивається на їхньому здоров'ї та психічному стані. З розвитком усіх видів транспорту, інтенсивного будівництва збільшуються шумові навантаження на людину, зумовлюючи її роздратування, психічну неврівноваженість, безсоння і як наслідок – серцево-судинні та психічні захворювання. Тепер на вулицях Києва в багатьох районах шум іноді досягає у денні часи 80-90, а в нічні – 50-60 децибелів, що не є нормальним явищем. Дослідження показують, що саме акустичне забруднення міського середовища є одним з найвірогідніших чинників, що призводять до зростання гіпертонічної хвороби та інфаркту міокарда [3].

Дуже сприятливо відображається на екологічному стані міста те, що більше половини усієї території Києва займають зелені насадження. На південному сході міста розташований великий лісовий масив Пуща-Водиця, на півдні – Голосіївський ліс. У межах міста є 13 великих парків, численні сквери, два ботанічні сади та різноманітне вуличне озеленення. За площею зелених насаджень на одного мешканця (160-170 м<sup>2</sup>) Київ займає друге місце в Європі.

Моніторинг забруднення атмосферного повітря проводився Центральною геофізичною обсерваторією на 16-ти стаціонарних постах (ПСЗ), які розташовані у 8-ми районах столиці. Для визначення

забрудненості повітря у 2016 році було відібрано і проаналізовано 79976 проб. На ПСЗ № 10 та ПСЗ № 13 протягом всього року спостереження проводились лише за оксидом вуглецю через відключення постів від електроенергії [4].

На всіх стаціонарних постах визначався вміст основних забруднювальних домішок – завислі речовини, 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, залізо, кадмій, манган, 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.

Загальний рівень забруднення повітря за індексом забруднення атмосфери (ІЗА) у 2016 р. у Києві оцінювався як високий. Загалом по Києву перевищення середньодобових гранично допустимих концентрацій (ГДК<sub>с.д.</sub>\*) спостерігалось з діоксиду азоту у 3,0 рази, з формальдегіду – у 2,0, оксиду азоту – у 1,3 рази. Це речовини 2-го та 3-го класів небезпеки і ті, що протягом усього року у найбільшій мірі забруднювали повітря міста [4].

Середньорічні концентрації завислих речовин перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на Бессарабській площі (ПСЗ № 7) та проспекті Перемоги (ПСЗ № 11 – район метро Святошин) – в 1,3 рази, на інших постах були на рівні 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub> Загалом по місту середньорічна концентрація завислих речовин дорівнювала 0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації на постах міста були у межах 0,2-0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Вміст діоксиду сірки на постах і загалом по місту не перевищував рівня відповідних санітарно-гігієнічних норм. Середньорічні концентрації були у межах 0,1-0,6 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальні – на рівні 0,1-0,2 ГДК<sub>м.р.</sub> [4].

З оксиду вуглецю найбільші середньорічні концентрації зафіксовані в районах Бессарабської та Деміївської площ (ПСЗ № 20) – 1,1 і 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub> відповідно; на інших постах середньорічні концентрації були у межах від 0,2 до 0,9 ГДК<sub>с.д.</sub> Загалом по місту середньорічна концентрація оксиду вуглецю становила 0,6 ГДК<sub>с.д.</sub> За максимальними концентраціями перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> спостерігалось на 7-ми постах, ще на 2-х максимальні концентрації були на рівні 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>. Найбільші разові концентрації спостерігались влітку, у липні: на площі Перемоги (ПСЗ № 6) та Бессарабській площі – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на вулиці Олександра Довженка (ПСЗ № 2), проспекті Перемоги і Деміївській площі – 1,4 ГДК<sub>м.р.</sub>. Повторюваність випадків перевищення максимально разової ГДК від загальної кількості спостережень з оксиду вуглецю становила на Бессарабській площі – 4,9%; по місту вона становила 0,2% (у минулому році – 0,6% ).

Вміст діоксиду азоту за середньорічними та максимальними концентраціями перевищував рівень відповідних ГДК майже на всіх постах. Найбільш високі середньорічні концентрації діоксиду азоту спостерігались на постах, які розташовані поблизу автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту: в районі Бессарабської площі – 3,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Перемоги, Деміївській площі та вулиці Довженка – 3,5 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середньорічні концентрації були у межах 1,0-3,3 ГДК<sub>с.д.</sub> [4].

Максимальні разові концентрації діоксиду азоту відмічались у липні на проспекті Перемоги – 4,1 ГДК<sub>м.р.</sub>, Бессарабській площі – 4,0 ГДК<sub>м.р.</sub>, вулиці Довженка – 3,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, Деміївській площі і вулиці Каунаській (ПСЗ № 9) – 3,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. На інших постах максимальні концентрації діоксиду азоту були у межах 1,1-2,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на ПСЗ № 5 (проспект Науки, район Багринової гори) – 0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. Повторюваність випадків перевищення максимально разової ГДК від загальної кількості спостережень по місту



становила 10,1% (в минулому році – 17,1%); найвища повторюваність відмічена на ПСЗ № 7 – 21%.

Вміст формальдегіду у повітрі міста був підвищений. Середньорічні концентрації цієї домішки майже на усіх постах, де вона визначалась, перевищували середньодобову ГДК у 1,3-2,3 рази. Найбільш високий середньорічний вміст формальдегіду спостерігався на Бессарабській і Деміївській площах, проспекті Перемоги та вулиці Довженка – 2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>; найнижчий вміст формальдегіду відмічено на проспекті Науки – 0,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Разові концентрації формальдегіду були у межах 0,3-0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, найвищі з них відмічались у липні [4].

### 1.1 Організація моніторингу забруднення атмосфери у місті Київ

Моніторинг забруднення повітря у місті Київ проводиться Центральною геофізичною обсерваторією (ЦГО). Наша оцінка базується на спостереженнях ЦГО за забрудненням атмосферного повітря на 16 постах міста Києва (на ПСЗ № 10 та № 13 спостереження проводились не в повному обсязі через відключення їх від електромережі). Карта-схема розміщення постів моніторингу наведена на рис. 1.

На постах визначались 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [5].

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводилась шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст. ГДК розподіляються на середньодобові – ГДК<sub>с.д.</sub> (з ними порівнюються середні

концентрації), та максимально разові – ГДК<sub>м.р.</sub> (з ними порівнюються разові максимальні концентрації шкідливих речовин).

Також оцінка проводилась за індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА).

ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left[ \frac{\bar{q}_{мес}}{ПДК_{сс}} \right]_i^{C_i}, \quad (1.1)$$

де  $C_i$  – 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.

Вважається, що при  $ІЗА \leq 1$  якість повітря за вмістом окремої забруднюючої речовини відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [5].



Рис. 1 - Карта-схема розміщення постів моніторингу у м.Києві

Комплексний ІЗА (КІЗА) – безрозмірна функція характеристик ступеню забруднення атмосфери декількома речовинами. Комплексний ІЗА, враховуючи  $l$  речовин, присутніх у атмосфері, розраховується за формулою:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i = \sum_{i=1}^l \left[ \frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right]_i^{C_i}, \quad (1.2)$$

де  $\bar{q}$  - осереднена за часом (місяць/рік), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація  $i$ -ої домішки;

$i$  – домішка.

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

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (1.3)$$

Величина  $I_5$  до 5 відповідає низькому забрудненню; від 5 до 7 – рівень забруднення підвищений; від 7 до 14 – рівень забруднення високий; більше 14 – рівень забруднення відповідає дуже високому [6].

## 1.2 Забруднення повітря у вересні 2016 р.

Для визначення забруднення повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6966 проб [7].

За індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА) рівень забруднення у вересні загалом по місту характеризувався, як високий. По

території міста рівень забруднення відрізнявся: на дев'яти постах він характеризувався, як високий, на чотирьох – як підвищений, на одному – як низький. На двох постах ІЗА не розраховувався тому, що визначалась лише одна домішка.

У вересні загалом по місту середньомісячні концентрації трьох забруднювальних речовин (другого та третього класу небезпеки) перевищували ГДК<sub>с.д.</sub>: діоксиду азоту – у 2,8 раза, формальдегіду – у 2,0 рази, оксиду азоту – у 1,3 раза.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував рівень санітарно-гігієнічних нормативів майже на всіх постах. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені на Бессарабській площі – 3,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, на Московській площі, вулиці Довженка та проспекті Перемоги – 3,5 ГДК<sub>с.д.</sub>; найменша – на проспекті Науки (район Багринової гори) – 0,5 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на вулиці Скляренка становив 1,3 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській і Московській площах та вулиці Довженка – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах максимальні разові концентрації були на рівні 0,3-1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>. Всього у вересні було зафіксовано 85 випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 8,1% від загальної кількості спостережень по місту (в минулому місяці – 14,8%). Найбільша кількість перевищень зафіксована в районі Бессарабської площі – 30,8% [7].

Середньомісячні концентрації завислих речовин на Бессарабській площі та проспекті Перемоги становили 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на площі Перемоги – 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах – 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні разові концентрації завислих речовин коливались у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації діоксиду сірки на постах і загалом по місту не перевищували рівні відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Середньомісячні концентрації оксиду вуглецю досягали: в районах Бессарабської та Московської площ – 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на площі Перемоги,

вулиці Олександра Довженка, проспектах Оболонському та Перемоги – 1,1 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації на цих же постах перевищували рівень ГДК<sub>м.р.</sub> у 1,1-1,4 раза. На інших постах середньомісячні та максимальні концентрації оксиду вуглецю були у межах 0,2 - 0,8 відповідних ГДК. Найбільша кількість перевищень ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю спостерігалась на Московській площі – 7,7%, на Бессарабській площі – 5,8%, загалом по місту – 1,2% [7].

Середньомісячні концентрації формальдегіду майже на всіх постах, де проводились спостереження, перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub>. Середньомісячні концентрації формальдегіду на рівні 2,7 ГДК<sub>с.д.</sub> були зафіксовані на Бессарабській площі, Московській площі та вулиці Олександра Довженка (район метро Шулявка). В районі проспекту Науки середньомісячна концентрація формальдегіду була найнижчою і досягала 0,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,2 - 0,5 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячний вміст оксиду азоту (визначався лише на ПСЗ № 20) становив 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальний – 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub> [7].

Середньомісячні та максимальні концентрації фенолу, хлористого водню, фтористого водню, сірководню та аміаку були у межах відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у вересні були райони Бессарабської та Московської площ, де рівень забруднення повітря характеризувався як високий. Райони вулиці Олександра Довженка, проспекту Перемоги, Оболонського проспекту, площі Перемоги, вулиць Академіка Стражеска, Скляренка, Каунаської також характеризувались високим рівнем забруднення.

В районі бульвару Лесі Українки, вулиці Попудренка, Гідропарку та вулиці Інженера Бородіна (колишня Лазо) рівень забруднення повітря був підвищеним. На проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії)

відмічався низький рівень забруднення атмосферного повітря (див. рис. 2) [7].

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем дещо знизився. Спостерігалось зниження середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, фенолу, фтористого водню.

Порівняно з вереснем 2015 р. рівень забруднення значно знизився – з «дуже високого» до «високого рівня» (за ІЗА). Зафіксовано суттєве зниження середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, а також зниження вмісту оксиду азоту та фтористого водню. Дуже високе забруднення повітря вересня було викликано метеорологічними та синоптичними умовами (високою температурою повітря, приземними інверсіями, малою кількістю опадів та слабким приземним вітром). Вересень цього року був прохолоднішим, що сприяло зниженню концентрацій шкідливих домішок в атмосферному повітрі [7].

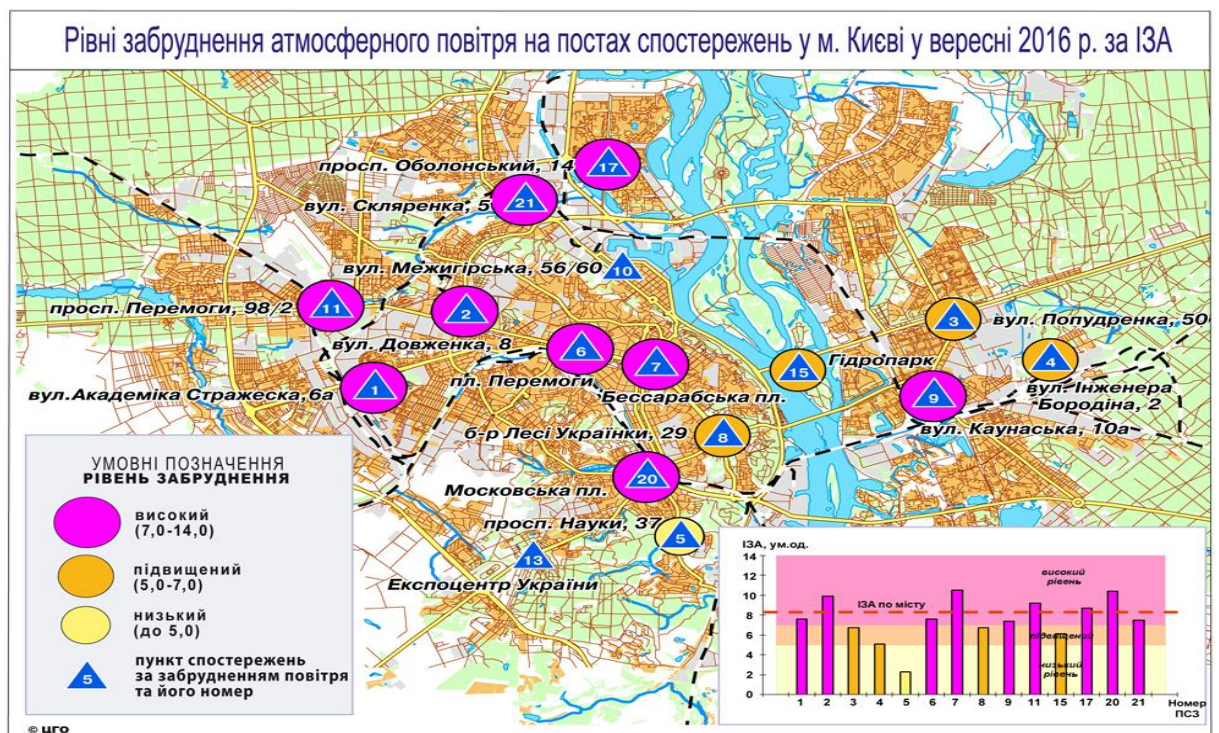


Рис. 2 – Рівні забруднення атмосферного повітря на постах спостереження у м. Києві у вересні 2016 р. за ІЗА [7].

Для визначення забрудненості повітря у місті було відібрано і проаналізовано 6734 проби. Визначалась 20 забруднювальних домішок.

За індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА) загальний рівень забруднення у серпні загалом по місту характеризувався, як дуже високий. По території міста рівень забруднення відрізнявся: на трьох постах він характеризувався, як дуже високий, на дев'яти – як високий, на одному – як підвищений, на одному посту – як низький. На двох постах ІЗА не розраховувався тому, що визначалась лише одна домішка.

Серпень у Києві виявився найсухішим за 125 років спостережень за опадами у столиці. За даними метеостанції Центральної геофізичної обсерваторії, яка розташована на проспекті Науки, опадів випало лише 3 мм, що склало 4% кліматичної норми. Середньомісячна температура серпня у Києві склала  $+22,6^{\circ}\text{C}$ , що перевищило кліматичну норму аж на  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Загалом увесь серпень був спекотним за температурним режимом. Температура першої і другої декад перевищили кліматичну норму на  $3,9^{\circ}\text{C}$  та  $3,5^{\circ}\text{C}$  відповідно; третя декада була вищою за кліматичну норму аж на  $4,5^{\circ}\text{C}$  [7].

З початку серпня 2015 р. у Києві спостерігались метеорологічні умови, що сприяли накопиченню та утриманню шкідливих домішок у приземному шарі повітря.

Українським гідрометцентром на період з 8 по 14 серпня було надано два штормових попередження про високий рівень забруднення атмосферного повітря в Києві, зумовлений антициклональною погодою, спекою, наявністю приземних інверсій, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. У цей період на постах Києва були зафіксовані найбільші концентрації забруднювальних речовин в атмосфері.

Зокрема, протягом 7-15 серпня, на всіх постах міста, за винятком ПСЗ № 5 (пр. Науки) та ПСЗ №15 (Гідропарк) середньодобові концентрації діоксиду азоту та формальдегіду досягали 4,8-5,6 ГДК<sub>с.д.</sub>, а в районах Бессарабської та Московської площ – до 6,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Після незначного

зниження вмісту цих домішок у другій половині місяця, починаючи з 28 по 31 серпня знову відмічалось зростання середньодобових концентрацій діоксиду азоту до 5,0-5,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – до 4,4-5,6 ГДК<sub>с.д.</sub> на 12-ти ПСЗ. Вміст інших домішок у повітрі міста був відносно стабільним протягом усього серпня: найвищі середньодобові концентрації діоксиду сірки не перевищували середньодобові ГДК, оксиду азоту та завислих речовин – на деяких постах досягали 1,2-1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>.

У серпні загалом по місту середньомісячна концентрація діоксиду азоту досягала 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, фтористого водню – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> майже на всіх постах. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені на Бессарабській площі – 5,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, вулицях Олександра Довженка, Каунаській, Семена Скляренка, Московській площі, проспектах Перемоги та Оболонському – 4,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середній вміст діоксиду азоту був на рівні 3,3-4,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на Московській площі становив 2,0 ГДК<sub>м.р.</sub> на Бессарабській площі – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Оболонському проспекті – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – був на рівні 1,2-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на ПСЗ № 5 – 0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. Всього у серпні було зафіксовано 354 випадки перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 35,3% від загальної кількості спостережень по місту (в минулому місяці – 20,8%). Найбільша кількість перевищень зафіксована в районі Московської площі та проспекту Перемоги – 47%, на вулиці Скляренка, Оболонському проспекті, Бессарабській площі – 42-43,5% [7].

Середньомісячні концентрації завислих речовин перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на Бессарабській площі та проспекті Перемоги в 1,3 раза; на інших постах були на рівні 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст завислих речовин на постах був у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.



Вміст діоксиду сірки за середніми та максимальними концентраціями на постах і загалом по місту не перевищував рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів [7].

Середньомісячні концентрації оксиду вуглецю досягали: в районі Бессарабської площі 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах були у межах 0,1-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю становили: на вулиці Скляренка – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на перетині вулиці Академіка Стражеска та бульвару Лепсе – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Московській площі – 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах були у межах 0,2-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 1 та ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 4%, на ПСЗ № 21 – 2,2%, загалом по місту – 0,6%.

Вміст формальдегіду в повітрі міста у серпні значно підвищився і на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, середньомісячні концентрації перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,7 – 4,7 раза. Високі середньомісячні концентрації формальдегіду були зафіксовані на Бессарабській площі – 4,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, Московській площі, проспектах Перемоги і Оболонському, вулицях Стражеска і Скляренка – 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. В районі Гідропарку середньомісячна концентрація формальдегіду досягала 2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,3-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячна концентрація оксиду азоту у серпні становила 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальна – 0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. Оксид азоту визначався тільки на ПСЗ №20 (Московська площа) – в районі інтенсивного руху автотранспорту [7].

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у серпні були райони Бессарабської площі, Московської площі та проспекту Перемоги, де рівень забруднення повітря характеризувався як дуже високий. Райони вулиці Скляренка, Оболонського проспекту, площі Перемоги, вулиць Довженка, Каунаська, Стражеска, бульвару Лесі

Українки, вулиці Попудренка та Гідропарку характеризувались високим рівнем забруднення. В районі вулиці Сергія Лазо рівень забруднення повітря був підвищеним, на проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії) – низьким (див. рис.).

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з вереснем 2014 р. та серпнем 2014 р. значно підвищився – з «високого» до «дуже високого рівня» (за ІЗА), що викликано було погодними умовами серпня – високою температурою повітря, приземними інверсіями, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. Зафіксовано зростання середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, фтористого водню, а порівняно з роком – ще й фенолу [7].

### 1.3 Забруднення повітря у жовтні 2016 р.

Для визначення забруднення повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6402 проби. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [8].

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводилась шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст. ГДК розподіляються на середньодобові (ГДК<sub>с.д.</sub>), і з ними порівнюються середні концентрації, та максимально разові (ГДК<sub>м.р.</sub>), з ними порівнюються разові максимальні концентрації шкідливих речовин.

За даними спостережень метеостанції Центральної геофізичної обсерваторії середньомісячна температура жовтня у Києві склала +6,5°C,

що нижче за кліматичну норму на  $1,6^{\circ}\text{C}$ . Найхолодніше було 19 жовтня, коли мінімальна температура опустилась до  $-2,2^{\circ}\text{C}$ , а найтепліше – 1 жовтня, коли максимальна температура досягла  $+25,8^{\circ}\text{C}$ . Опадів у жовтні випало 101 мм, що відповідає майже трьом кліматичним нормам, завдяки чому перекрито їх дефіцит, який спостерігався протягом червня – вересня [8].

Завдяки сезонному зниженню температури повітря та випадінню великої кількості опадів загальний рівень забруднення повітря (за ІЗА) у жовтні знизився з «високого» до рівня «підвищений». По території міста рівень забруднення відрізнявся: на двох постах він характеризувався, як високий, на дев'яти – як підвищений, на трьох – як низький. На двох постах ІЗА не розраховувався тому, що визначалась лише одна домішка.

У жовтні загалом по місту середньомісячні концентрації двох забруднювальних речовин (третього класу небезпеки) перевищували ГДК<sub>с.д.</sub>: діоксиду азоту – у 2,5 раза, оксиду азоту – у 1,2 раза. Вміст формальдегіду (речовина другого класу небезпеки) був на рівні 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними концентраціями майже на всіх постах перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub>. Найбільші середньомісячні концентрації на рівні 3,0 ГДК<sub>с.д.</sub> відмічені на Бессарабській площі, Деміївській площі (колишня Московська) та Оболонському проспекті. На інших постах середній вміст діоксиду азоту становив 2,3-2,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки (ПСЗ № 5) – 0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на рівні 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub> зафіксовано на Деміївській площі, Оболонському проспекті та вулиці Попудренка (район станції метро Чернігівська). Ще на семи постах максимальний вміст діоксиду азоту досягав 1,0-1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>. Найбільша кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з діоксиду азоту спостерігалась на Оболонському проспекті – 5%; загалом по місту вона становила 1,6% (в минулому місяці – 8,1%) [8].

Середньомісячні концентрації завислих речовин на Бессарабській площі та проспекті Перемоги становили 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на

інших постах – 0,7-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні разові концентрації завислих речовин коливались у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації діоксиду сірки на постах і загалом по місту не перевищували рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Найвищі середньомісячні та разові концентрації оксиду вуглецю на рівні 1,0 відповідних ГДК зафіксовані в районах Бессарабської площі та Деміївської площі (ПСЗ № 20). На інших постах середньомісячні концентрації були у межах 0,2-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальні – 0,2-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub> [8].

Середньомісячні концентрації формальдегіду майже на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,0-1,3 раза, лише на ПСЗ № 5 середня концентрація становила 0,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,1-0,3 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячний вміст оксиду азоту (визначався лише на ПСЗ № 20) становив 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальний – 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації фенолу, хлористого водню, фтористого водню, сірководню та аміаку не досягали рівнів відповідних санітарно гігієнічних норм.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у жовтні були райони Деміївської площі (Центральний автовокзал) та Бессарабської площі, де рівень забруднення повітря характеризувався як високий (див. рис.). Райони проспектів Перемоги і Оболонського, вулиць Довженка, Каунаської, Склярєнка, Академіка Стражєска, Попудренка, площі Перемоги та бульвару Лесі Українки характеризувались підвищеним рівнем забруднення повітря. Гідропарк, вулиця Інженера Бородіна та проспект Науки (поряд з метеомайданчиком ЦГО) характеризувались низьким рівнем забруднення повітря [8].

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем та жовтнем 2015 р. суттєво знизився, що було пов'язано із зниженням температури повітря та випадінням значної

кількості опадів. Зафіксовано зниження середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду.

Серпень 2016 р. у Києві виявився найсухішим за 125 років спостережень за опадами у столиці. За даними метеостанції Центральної геофізичної обсерваторії, яка розташована на проспекті Науки, опадів випало лише 3 мм, що склало 4% кліматичної норми. Середньомісячна температура серпня у Києві склала  $+22,6^{\circ}\text{C}$ , що перевищило кліматичну норму аж на  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Загалом увесь серпень був спекотним за температурним режимом. Температура першої і другої декад перевищили кліматичну норму на  $3,9^{\circ}\text{C}$  та  $3,5^{\circ}\text{C}$  відповідно; третя декада була вищою за кліматичну норму аж на  $4,5^{\circ}\text{C}$ .

Зокрема, протягом 7-15 серпня, на всіх постах міста, за винятком ПСЗ № 5 (пр.Науки) та ПСЗ №15 (Гідропарк) середньодобові концентрації діоксиду азоту та формальдегіду досягали 4,8-5,6 ГДК<sub>с.д.</sub>, а в районах Бессарабської та Московської площ – до 6,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Після незначного зниження вмісту цих домішок у другій половині місяця, починаючи з 28 по 31 серпня знову відмічалось зростання середньодобових концентрацій діоксиду азоту до 5,0-5,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – до 4,4-5,6 ГДК<sub>с.д.</sub> на 12-ти ПСЗ. Вміст інших домішок у повітрі міста був відносно стабільним протягом усього серпня: найвищі середньодобові концентрації діоксиду сірки не перевищували середньодобові ГДК, оксиду азоту та завислих речовин – на деяких постах досягали 1,2-1,8 ГДК<sub>с.д.</sub> [8].

Загалом по місту середньомісячна концентрація діоксиду азоту досягала 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, фтористого водню – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> майже на всіх постах. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені на Бессарабській площі – 5,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, вулицях Олександра Довженка, Каунаській, Семена Скляренка, Московській площі, проспектах Перемоги та Оболонському –

4,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середній вміст діоксиду азоту був на рівні 3,3-4,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на Московській площі становив 2, ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Оболонському проспекті – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – був на рівні 1,2-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. на ПСЗ № 5 – 0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. Всього у серпні було зафіксовано 354 випадки перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 35,3% від загальної кількості спостережень по місту (в минулому місяці – 20,8%). Найбільша кількість перевищень зафіксована в районі Московської площі та проспекту Перемоги – 47%, на вулиці Скляренка, Оболонському проспекті, Бессарабській площі – 42 - 43,5%.

Середньомісячні концентрації завислих речовин перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на Бессарабській площі та проспекті Перемоги в 1,3 раза; на інших постах були на рівні 0,7 - 0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст завислих речовин на постах був у межах 0,2 - 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Вміст діоксиду сірки за середніми та максимальними концентраціями на постах і загалом по місту не перевищував рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів [8].

Середньомісячні концентрації оксиду вуглецю досягали: в районі Бессарабської площі 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах були у межах 0,1 - 0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю становили: на вулиці Скляренка – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на перетині вулиці Академіка Стражеска та бульвару Лепсе – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Московській площі – 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах були у межах 0,2 - 0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 1 та ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 4%, на ПСЗ № 21 – 2,2%, загалом по місту – 0,6%.

Вміст формальдегіду в повітрі міста у серпні значно підвищився і на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, середньомісячні концентрації перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,7 – 4,7 раза. Високі середньомісячні концентрації формальдегіду були зафіксовані на

Бессарабській площі – 4,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, Московській площі, проспектах Перемоги і Оболонському, вулицях Стражеска і Скляренка – 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. В районі Гідропарку середньомісячна концентрація формальдегіду досягала 2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,3-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub> [8].

Середньомісячна концентрація оксиду азоту у серпні становила 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальна – 0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. Оксид азоту визначався тільки на ПСЗ №20 (Московська площа) – в районі інтенсивного руху автотранспорту.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у серпні були райони Бессарабської площі, Московської площі та проспекту Перемоги, де рівень забруднення повітря характеризувався як дуже високий. Райони вулиці Скляренка, Оболонського проспекту, площі Перемоги, вулиць Довженка, Каунаська, Стражеска, бульвару Лесі Українки, вулиці Попудренка та Гідропарку характеризувались високим рівнем забруднення. В районі вулиці Сергія Лазо рівень забруднення повітря був підвищеним, на проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії) – низьким (рис. 3).

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем та серпнем 2014 р. значно підвищився – з «високого» до «дуже високого рівня» (за ІЗА), що викликано було погодними умовами серпня – високою температурою повітря, приземними інверсіями, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. Зафіксовано зростання середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, фтористого водню, а порівняно з минулим роком – ще й фенолу [8].

Спостереження за станом забруднення атмосферного повітря проводились на двох постах міста Біла Церква та на одному посту в містах Бровари, Обухів, Українка. В атмосфері визначався вміст чотирьох основних домішок – завислих речовин, діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту та специфічних – 8-ми важких металів. У місті Біла Церква

у жовтні було відібрано і проаналізовано 600 проб, в Обухові та Українці – по 300, у Броварах 256 проб [8].

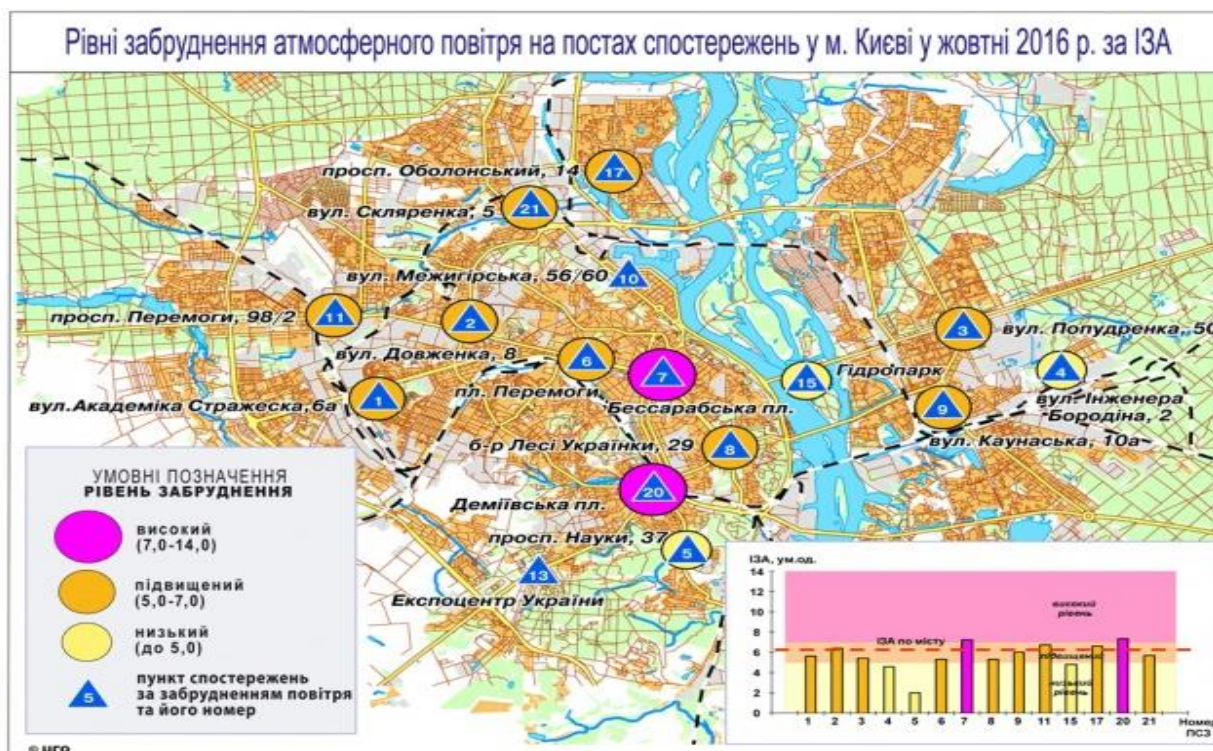


Рис. 3 – Рівні забруднення атмосферного повітря на постах спостереження у м. Києві у жовтні 2016 р. за ІЗА [8].

#### 1.4 Забруднення повітря у січні 2017 р.

Для визначення забруднення повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6111 проб. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [9].

Загалом по місту у січні відмічались підвищені середньомісячні концентрації трьох забруднювальних речовин (другого та третього класу



небезпеки): діоксиду азоту – на рівні 2,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на всіх постах, крім ПСЗ № 5 (пр.Науки). Найбільші з них відмічені: на Деміївській площі, проспектах Перемоги і Оболонському та вулиці Олександра Довженка – 3,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на Бессарабській площі та вулиці Каунаській – 3,0 ГДК<sub>с.д.</sub> На інших постах середній вміст діоксиду азоту був у межах 2,3 - 2,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Найвищі разові концентрації діоксиду азоту спостерігались на Деміївській площі – 1,5 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Оболонському проспекті, вулицях Довженка та Каунаській – 1,3 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі та проспекті Перемоги – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах максимальні концентрації були у межах 0,6-1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>. Найбільша кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з діоксиду азоту у січні спостерігалась на Деміївській площі та вулиці Каунаській – 10,4%; загалом по місту вона становила 4,1% [9].

Середньомісячні концентрації завислих речовин на Бессарабській площі та проспекті Перемоги становили 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах – 0,7-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні разові концентрації завислих речовин коливались у межах 0,2 - 0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації діоксиду сірки на постах і загалом по місту не перевищували рівні відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Найвищі середньомісячні концентрації оксиду вуглецю були зафіксовані в районах: Бессарабської площі – 1,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, Деміївської площі (колишня Московська) – 1,4 ГДК<sub>с.д.</sub>, проспектів Перемоги і Оболонського – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, площі Перемоги та вулиці Олександра Довженка – 1,1 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середньомісячні концентрації були у межах 0,3 - 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю на Бессарабській і Деміївській площах та Оболонському проспекті досягали

1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах становили 0,2-1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 14,6%, загалом по місту – 1,5% [9].

Середньомісячні концентрації формальдегіду майже на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,0-1,7 раза, лише на ПСЗ № 5 середня концентрація становила 0,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,2-0,3 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячний вміст оксиду азоту (визначався лише на Деміївській площі) становив 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальний – 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації фенолу, хлористого водню, фтористого водню, сірководню та аміаку не перевищували рівень відповідних санітарно гігієнічних норм.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у січні були райони Деміївської площі, проспекту Перемоги (поблизу метро Святошин) та Бессарабської площі, де рівень забруднення повітря характеризувався як високий. Повітря на Оболонському проспекті, вулицях Олександра Довженка (метро Шулявка), Каунаській, площі Перемоги також характеризувалось високим рівнем забруднення. Підвищений рівень забруднення спостерігався та вулицях Академіка Стражеска, Семена Скляренка, Попудренка (метро Чернігівська), бульварі Лесі Українки, вулиці Інженера Бородіна та на Гідропарку. Низьким забрудненням повітря характеризувався проспект Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії) [9].

У порівнянні з попереднім місяцем рівень забруднення повітря в місті дещо підвищився, в основному, за рахунок зростання вмісту діоксиду азоту. Підвищення рівня забруднення пояснюється погодними умовами січня – приземними та припіднятими інверсіями, слабким приземним вітром, а також відсутністю денного шару перемішування.

Порівняно з січнем 2016 р. загальний рівень забруднення атмосферного повітря також підвищився. Зафіксовано незначне зростання вмісту формальдегіду, оксиду вуглецю, діоксиду сірки [9].

Для визначення забрудненості повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6734 проби. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень.

Цьогорічний серпень у Києві виявився найсухішим за 125 років спостережень за опадами у столиці. За даними метеостанції Центральної геофізичної обсерваторії, яка розташована на проспекті Науки, опадів випало лише 3 мм, що склало 4% кліматичної норми. Середньомісячна температура серпня у Києві склала  $+22,6^{\circ}\text{C}$ , що перевищило кліматичну норму аж на  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Загалом увесь серпень був спекотним за температурним режимом. Температура першої і другої декад перевищили кліматичну норму на  $3,9^{\circ}\text{C}$  та  $3,5^{\circ}\text{C}$  відповідно; третя декада була вищою за кліматичну норму аж на  $4,5^{\circ}\text{C}$ .

З початку серпня 2015 р. у Києві спостерігались метеорологічні умови, що сприяли накопиченню та утриманню шкідливих домішок у приземному шарі повітря [9].

Українським гідрометцентром на період з 8 по 14 серпня було надано два штормових попередження про високий рівень забруднення атмосферного повітря в Києві, зумовлений антициклональною погодою, спекою, наявністю приземних інверсій, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. У цей період на постах Києва були зафіксовані найбільші концентрації забруднювальних речовин в атмосфері [9].

Зокрема, протягом 7 - 15 серпня, на всіх постах міста, за винятком ПСЗ № 5 (пр.Науки) та ПСЗ №15 (Гідропарк) середньодобові концентрації діоксиду азоту та формальдегіду досягали 4,8 – 5, ГДК<sub>с.д.</sub>, а в районах Бессарабської та Московської площ – до 6,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Після незначного зниження вмісту цих домішок у другій половині місяця, починаючи з 28 по 31 серпня знову відмічалось зростання середньодобових концентрацій діоксиду азоту до 5,0 – 5,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – до 4,4 - 5,6 ГДК<sub>с.д.</sub> на 12-ти ПСЗ. Вміст інших домішок у повітрі міста був відносно стабільним протягом усього серпня: найвищі середньодобові концентрації діоксиду сірки не перевищували середньодобові ГДК, оксиду азоту та завислих речовин – на деяких постах досягали 1,2 – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>.

У серпні загалом по місту середньомісячна концентрація діоксиду азоту досягала 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, фтористого водню – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub> [9].

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> майже на всіх постах. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені на Бессарабській площі – 5,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, вулицях Олександра Довженка, Каунаській, Семена Скляренка, Московській площі, проспектах Перемоги та Оболонському – 4,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середній вміст діоксиду азоту був на рівні 3,3-4,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на Московській площі становив 2,0 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Оболонському проспекті – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – був на рівні 1,2-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на ПСЗ № 5 – 0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. Всього у серпні було зафіксовано 354 випадки перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 35,3% від загальної кількості спостережень по місту (в минулому місяці – 20,8%). Найбільша кількість перевищень зафіксована в районі Московської площі та проспекту Перемоги – 47%, на вулиці Скляренка, Оболонському проспекті, Бессарабській площі – 42 - 43,5% [9].

Середньомісячні концентрації завислих речовин перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на Бессарабській площі та проспекті Перемоги в 1,3 раза; на інших постах були на рівні 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст завислих речовин на постах був у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Вміст діоксиду сірки за середніми та максимальними концентраціями на постах і загалом по місту не перевищував рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Середньомісячні концентрації оксиду вуглецю досягали: в районі Бессарабської площі 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах були у межах 0,1-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю становили: на вулиці Скляренка – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на перетині вулиці Академіка Стражеска та бульвару Лепсе – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Московській площі – 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах були у межах 0,2-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 1 та ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 4%, на ПСЗ № 21 – 2,2%, загалом по місту – 0,6% [9].

Вміст формальдегіду в повітрі міста у серпні значно підвищився і на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, середньомісячні концентрації перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,7 – 4,7 раза. Високі середньомісячні концентрації формальдегіду були зафіксовані на Бессарабській площі – 4,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, Московській площі, проспектах Перемоги і Оболонському, вулицях Стражеска і Скляренка – 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. В районі Гідропарку середньомісячна концентрація формальдегіду досягала 2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,3-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячна концентрація оксиду азоту у серпні становила 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальна – 0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. Оксид азоту визначався тільки на ПСЗ №20 (Московська площа) – в районі інтенсивного руху автотранспорту [9].

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у серпні були райони Бессарабської площі, Московської площі та проспекту Перемоги, де рівень забруднення повітря характеризувався як дуже високий. Райони вулиці Склярєнка, Оболонського проспекту, площі Перемоги, вулиць Довженка, Каунаська, Стражєска, бульвару Лєсї Українки, вулиці Попудренка та Гідропарку характеризувались високим рівнем забруднення. В районі вулиці Сергія Лазо рівень забруднення повітря був підвищеним, на проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії) – низьким (див. рис. 4) [9].

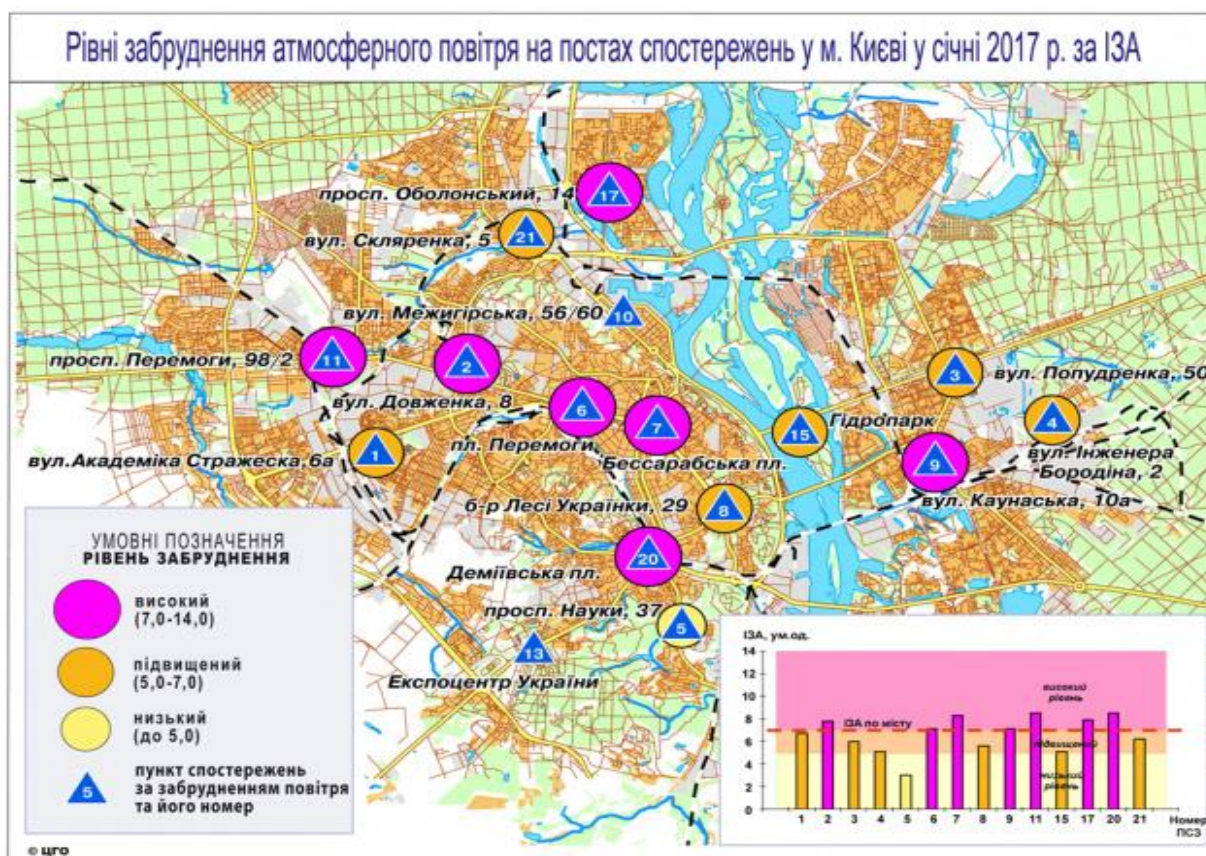


Рис. 4 – Рівні забруднення атмосферного повітря на постах спостереження у м. Києві у січні 2017 р. за ІЗА [9].

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем та серпнем 2014 р. значно підвищився – з «високого» до «дуже високого рівня» (за ІЗА), що викликано було погодними умовами серпня – високою температурою повітря, приземними інверсіями,

відсутністю опадів та слабким приземним вітром. Зафіксовано зростання середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, фтористого водню, а порівняно з минулим роком – ще й фенолу [9].

### 1.5 Забруднення повітря у квітні 2017 р.

Для визначення забрудненості повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6533 проби. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [10].

Загалом по місту у квітні відмічались підвищені середньомісячні концентрації трьох забруднювальних речовин (другого та третього класу небезпеки): діоксиду азоту – на рівні 2,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 2,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував відповідні санітарно-гігієнічні нормативи майже на всіх постах. Найбільш високий вміст діоксиду азоту відмічено на Бессарабській площі, де середньомісячна концентрація становила 3,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимально разова – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>. Кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з діоксиду азоту на цьому посту була найвищою і становила 16,7%; загалом по місту вона становила 2,6% (в минулому місяці – 3,3%). Найнижчі концентрації зафіксовано на проспекті Науки – 0,8 ГДК<sub>с.д.</sub> та 0,5 ГДК<sub>м.р.</sub> відповідно.

Середньомісячні концентрації завислих речовин на Бессарабській площі та проспекті Перемоги становили 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на

інших постах – 0,7-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні разові концентрації завислих речовин коливались у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub> [10].

Середньомісячні та максимальні концентрації діоксиду сірки на постах і загалом по місту не перевищували рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Найвищі середньомісячні концентрації оксиду вуглецю були зафіксовані в районах: Бессарабської площі – 1,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, проспекту Перемоги та площі Перемоги – 1,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, Деміївської площі – 1,4 ГДК<sub>с.д.</sub>, вулиці Скляренка – 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середньомісячні концентрації були у межах 0,3-1,1 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю на Бессарабській площі, проспекті Перемоги та площі Перемоги досягали 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах становили 0,2-1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 29,2%, загалом по місту – 2,8% (у березні – 1,3%).

Середньомісячні концентрації формальдегіду на 12-ти постах були на рівні 1,7-2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на ПСЗ № 5 в районі проспекту Науки середньомісячна концентрація становила 0,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації формальдегіду були в межах 0,2-0,5 ГДК<sub>м.р.</sub> [10].

Середньомісячний вміст оксиду азоту (визначався лише на Деміївській площі) становив 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальний – 0,3 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячні та максимальні концентрації фенолу, хлористого водню, фтористого водню, сірководню та аміаку не перевищували рівень відповідних санітарно гігієнічних норм.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненим у квітні, як завжди, був район Бессарабської площі (див.рис.). Високий рівень забруднення атмосфери відмічався також в районі проспекту Перемоги, Деміївської площі, площі Перемоги, Оболонського проспекту, вулиць Довженка (метро Шулявка), Каунаської, Скляренка, Академіка Стражеска (перетин з бульваром Вацлава Гавела).



Дещо чистішим було повітря на бульварі Лесі Українки, вулиці Попудренка (метро Чернігівська), Гідропарку (район поблизу мосту метро та автомагістралі) та вулиці Інженера Бородіна – підвищений рівень забруднення. Низьким забрудненням повітря характеризувався проспект Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії).

У порівнянні з попереднім місяцем рівень забруднення повітря в місті дещо знизився, в основному, за рахунок зниження вмісту формальдегіду [10].

Порівняно з квітнем 2016 р. загальний рівень забруднення повітря також знизився – знизилась середньомісячні концентрації діоксиду та оксиду азоту, формальдегіду.

Для визначення забрудненості повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 6734 проби. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень.

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводилась шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст. ГДК розподіляються на середньодобові (ГДК<sub>с.д.</sub>), і з ними порівнюються середні концентрації, та максимально разові (ГДК<sub>м.р.</sub>), з ними порівнюються разові максимальні концентрації шкідливих речовин.

За індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА) загальний рівень забруднення у серпні загалом по місту характеризувався, як дуже високий. По території міста рівень забруднення відрізнявся: на трьох постах він характеризувався, як дуже високий, на дев'яти – як високий, на одному –

як підвищений, на одному посту – як низький. На двох постах ІЗА не розраховувався тому, що визначалась лише одна домішка [10].

Цьогорічний серпень у Києві виявився найсухішим за 125 років спостережень за опадами у столиці. За даними метеостанції Центральної геофізичної обсерваторії, яка розташована на проспекті Науки, опадів випало лише 3 мм, що склало 4% кліматичної норми. Середньомісячна температура серпня у Києві склала  $+22,6^{\circ}\text{C}$ , що перевищило кліматичну норму аж на  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Загалом увесь серпень був спекотним за температурним режимом. Температура першої і другої декад перевищили кліматичну норму на  $3,9^{\circ}\text{C}$  та  $3,5^{\circ}\text{C}$  відповідно; третя декада була вищою за кліматичну норму аж на  $4,5^{\circ}\text{C}$ .

З початку серпня 2015 р. у Києві спостерігались метеорологічні умови, що сприяли накопиченню та утриманню шкідливих домішок у приземному шарі повітря.

Українським гідрометцентром на період з 8 по 14 серпня було надано два штормових попередження про високий рівень забруднення атмосферного повітря в Києві, зумовлений антициклональною погодою, спекою, наявністю приземних інверсій, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. У цей період на постах Києва були зафіксовані найбільші концентрації забруднювальних речовин в атмосфері.

Зокрема, протягом 7-15 серпня, на всіх постах міста, за винятком ПСЗ № 5 (пр.Науки) та ПСЗ №15 (Гідропарк) середньодобові концентрації діоксиду азоту та формальдегіду досягали  $4,8-5,6$  ГДК<sub>с.д.</sub>, а в районах Бессарабської та Московської площ – до  $6,7$  ГДК<sub>с.д.</sub>. Після незначного зниження вмісту цих домішок у другій половині місяця, починаючи з 28 по 31 серпня знову відмічалось зростання середньодобових концентрацій діоксиду азоту до  $5,0-5,7$  ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – до  $4,4-5,6$  ГДК<sub>с.д.</sub> на 12-ти ПСЗ. Вміст інших домішок у повітрі міста був відносно стабільним протягом усього серпня: найвищі середньодобові

концентрації діоксиду сірки не перевищували середньодобові ГДК, оксиду азоту та завислих речовин – на деяких постах досягали 1,2-1,8 ГДК<sub>с.д.</sub> [10].

У серпні загалом по місту середньомісячна концентрація діоксиду азоту досягала 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, формальдегіду – 4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, оксиду азоту – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, фтористого водню – 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>.

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> майже на всіх постах. Найбільші середньомісячні концентрації відмічені на Бессарабській площі – 5,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, вулицях Олександра Довженка, Каунаській, Семена Скляренка, Московській площі, проспектах Перемоги та Оболонському – 4,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середній вміст діоксиду азоту був на рівні 3,3-4,5 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки на Московській площі становив 2,0 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Оболонському проспекті – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – був на рівні 1,2-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на ПСЗ № 5 – 0,7 ГДК<sub>м.р.</sub>. Всього у серпні було зафіксовано 354 випадки перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 35,3% від загальної кількості спостережень по місту (в минулому місяці – 20,8%). Найбільша кількість перевищень зафіксована в районі Московської площі та проспекту Перемоги – 47%, на вулиці Скляренка, Оболонському проспекті, Бессарабській площі – 42-43,5% [10].

Середньомісячні концентрації завислих речовин перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на Бессарабській площі та проспекті Перемоги в 1,3 раза; на інших постах були на рівні 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст завислих речовин на постах був у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Вміст діоксиду сірки за середніми та максимальними концентраціями на постах і загалом по місту не перевищував рівнів відповідних санітарно-гігієнічних нормативів.

Середньомісячні концентрації оксиду вуглецю досягали: в районі Бессарабської площі 1,2 ГДК<sub>с.д.</sub>, на інших постах були у межах 0,1-0,9 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації оксиду вуглецю становили: на

вулиці Скляренка – 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на перетині вулиці Академіка Стражеска та бульвару Лепсе – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Бессарабській площі – 1,2 ГДК<sub>м.р.</sub>, на Московській площі – 1,0 ГДК<sub>м.р.</sub>; на інших постах були у межах 0,2-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>. На ПСЗ № 1 та ПСЗ № 7 кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю становила 4%, на ПСЗ № 21 – 2,2%, загалом по місту – 0,6% [10].

Вміст формальдегіду в повітрі міста у серпні значно підвищився і на всіх 13-ти постах, де проводились спостереження, середньомісячні концентрації перевищували рівень ГДК<sub>с.д.</sub> у 1,7 – 4,7 рази. Високі середньомісячні концентрації формальдегіду були зафіксовані на Бессарабській площі – 4,7 ГДК<sub>с.д.</sub>, Московській площі, проспектах Перемоги і Оболонському, вулицях Стражеска і Скляренка – 4,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. В районі Гідропарку середньомісячна концентрація формальдегіду досягала 2,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, на проспекті Науки – 1,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,3-0,8 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середньомісячна концентрація оксиду азоту у серпні становила 1,8 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальна – 0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. Оксид азоту визначався тільки на ПСЗ №20 (Московська площа) – в районі інтенсивного руху автотранспорту.

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у серпні були райони Бессарабської площі, Московської площі та проспекту Перемоги, де рівень забруднення повітря характеризувався як дуже високий. Райони вулиці Скляренка, Оболонського проспекту, площі Перемоги, вулиць Довженка, Каунаська, Стражеска, бульвару Лесі Українки, вулиці Попудренка та Гідропарку характеризувались високим рівнем забруднення. В районі вулиці Сергія Лазо рівень забруднення повітря був підвищеним, на проспекті Науки (поряд з метеомайданчиком обсерваторії) – низьким (див. рис. 5).

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем та серпнем 2014 р. значно підвищився – з «високого»

до «дуже високого рівня» (за ІЗА), що викликано було погодними умовами серпня – високою температурою повітря, приземними інверсіями, відсутністю опадів та слабким приземним вітром. Зафіксовано зростання середньомісячних концентрацій діоксиду азоту, формальдегіду, фтористого водню, а порівняно з минулим роком – ще й фенолу [10].

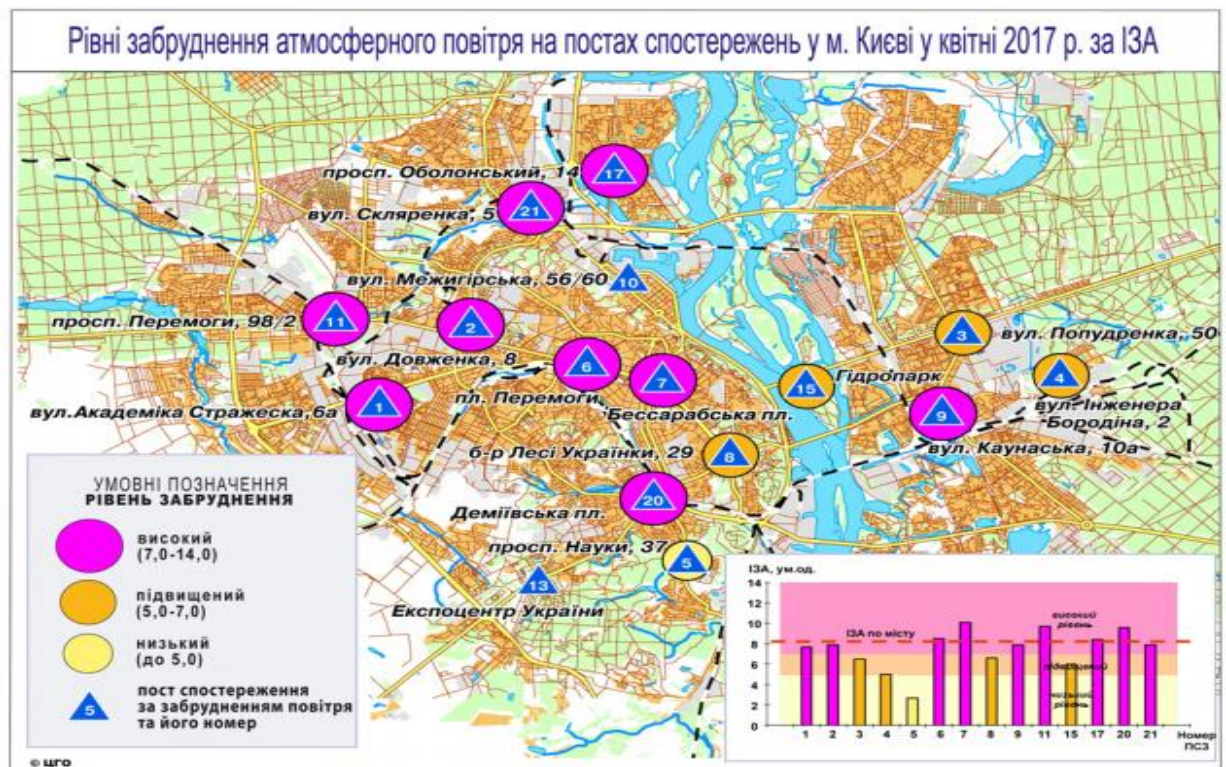


Рис. 5 – Рівні забруднення атмосферного повітря на постах спостереження у м. Києві у квітні 2017 р. за ІЗА [10].

### 1.6 Забруднення повітря у липні 2017 р.

Для визначення забруднення повітря у місті Києві за місяць було відібрано і проаналізовано 7068 проб. Визначалась 20 забруднювальних домішок. Основні – завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. З специфічних домішок визначались сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід, 8 важких металів та ін. Їх склад визначався в залежності від викидів шкідливих

речовин в атмосферу від підприємств, які розташовані в зоні поста спостережень [11].

У липні загалом по місту середньомісячні концентрації п'яти забруднювальних речовин (другого та третього класу небезпеки) перевищували ГДК<sub>с.д.</sub>: з діоксиду азоту – у 3,3 рази, формальдегіду – у 3,0 рази, фенолу – у 2,0 рази, оксиду азоту – у 1,3 рази, оксиду вуглецю – у 1,1 рази.

Вміст завислих речовин за середньомісячними концентраціями перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub> на ПСЗ № 7 (Бессарабська площа) та ПСЗ № 11 (пр. Перемоги) – в 1,3 рази, на інших постах він був у межах 0,7-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні разові концентрації завислих речовин коливались у межах 0,2-0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

З оксиду вуглецю перевищення ГДК<sub>с.д.</sub> за середньомісячними концентраціями в 1,8 рази відмічалось на Бессарабській площі, в 1,7 рази – на Деміївській площі, в 1,4-1,5 рази – на Оболонському проспекті (ПСЗ № 17), вулиці Довженка (ПСЗ № 2), площі Перемоги та проспекті Перемоги, в 1,0-1,2 рази – на вулицях Скляренка, Каунаській, Межигірській та Академіка Стражеска. На всіх інших постах середньомісячні концентрації оксиду вуглецю були у межах 0,4-0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації досягали 2,2 ГДК<sub>м.р.</sub> в районі проспекту Перемоги, 2,0 ГДК<sub>м.р.</sub> – на площі Перемоги, 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub> – на Бессарабській площі, 1,0-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub> – ще на восьми постах міста. Всього у липні зафіксовано 79 випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub>, що становило 9,7% від загальної кількості спостережень (у минулому місяці – 7,9%). Найбільша кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з оксиду вуглецю зафіксована на Бессарабській та Деміївській площах – 46,2% і 36,5% відповідно [11].

Вміст діоксиду азоту за середньомісячними та максимальними концентраціями майже на всіх постах перевищував рівень ГДК<sub>с.д.</sub>. Більш високі середньомісячні концентрації відмічені: на Деміївській площі – 4,0 ГДК<sub>с.д.</sub>, на Бессарабській площі, проспекті Перемоги, вулицях

Довженка, Каунаській, Скляренка – 3,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших постах середній вміст діоксиду азоту був на рівні 1,0-3,5 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст цієї домішки в районі Деміївської площі становив 1,8 ГДК<sub>м.р.</sub>, на вулиці Інженера Бородіна – 1,7 ГДК<sub>м.р.</sub>, на проспекті Перемоги – 1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – був на рівні 0,4-1,5 ГДК<sub>м.р.</sub>. Найбільша кількість випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з діоксиду азоту спостерігалась: на ПСЗ № 20 – 33,7%, ПСЗ № 11 – 31,7%, ПСЗ № 7 – 30,8%; загалом по місту вона становила 19,3% (в минулому місяці – 16,7%).

Більш високий середньомісячний вміст формальдегіду зафіксовано на Деміївській і Бессарабській площах, Оболонському проспекті та на перетині вулиці Академіка Стражеска з бульваром Вацлава Гавела – 3,7 ГДК<sub>с.д.</sub>. На інших дев'яти постах середньомісячні концентрації формальдегіду становили 1,0-3,3 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальні концентрації цієї домішки були у межах 0,2-0,6 ГДК<sub>м.р.</sub>.

Середня концентрація оксиду азоту (визначався тільки на ПСЗ №20 - Деміївська площа) у липні дорівнювала 1,3 ГДК<sub>с.д.</sub>, максимальна – 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub> [11].

У липні в повітрі Києва продовжував підвищуватись вміст фенолу: за середньомісячними значеннями на усіх шести ПСЗ, де проводились спостереження він становив 1,7-2,0 ГДК<sub>с.д.</sub>; максимальні концентрації на вулицях Довженка та Каунаській досягали 2,0 ГДК<sub>м.р.</sub>, на інших постах – 1,2-1,6 ГДК<sub>м.р.</sub>. За місяць зафіксовано 36 випадків перевищення ГДК<sub>м.р.</sub> з фенолу, що становило 9,9% від загальної кількості спостережень.

Максимальний вміст хлористого водню на шести постах з семи досягав рівня 1,0-1,1 ГДК<sub>м.р.</sub>, середній вміст становив 0,4-0,6 ГДК<sub>с.д.</sub> [11].

Найбільший середньомісячний вміст фтористого водню на рівні 1,0 ГДК<sub>с.д.</sub> зафіксовано на Бессарабській та Деміївській площах; ще на трьох постах він був на рівні 0,8 ГДК<sub>с.д.</sub>. Максимальний вміст на усіх ПСЗ становив 0,4 ГДК<sub>м.р.</sub>.

З діоксиду сірки та аміаку середньомісячні та максимальні концентрації не досягали рівнів відповідних санітарно гігієнічних норм [11].

За інтегральним показником – ІЗА найбільш забрудненими у липні були райони Деміївської площі (Центральний автовокзал) та Бессарабської площі, де рівень забруднення повітря характеризувався як високий. Райони Оболонського проспекту, вулиць Довженка, Каунаської, Академіка Стражеска, Скляренка, проспекту та площі Перемоги, бульвару Лесі Українки, вулиці Попудренка та Гідропарку (район поблизу мосту метро та автомагістралі) також характеризувались високим рівнем забруднення. В районі вулиці Інженера Бородіна рівень забруднення повітря був підвищеним. Низьким забрудненням повітря характеризувався проспект Науки (поряд з метеомайданчиком ЦГО).

Загальний рівень забруднення атмосферного повітря порівняно з попереднім місяцем підвищився, в основному, за рахунок зростання вмісту фенолу у повітрі.

Порівняно з липнем 2016 р. рівень забруднення повітря дещо знизився: значно знизилась середньомісячні концентрації діоксиду азоту, менше – оксиду азоту, поряд з цим підвищився вміст фенолу та оксиду вуглецю [11].



## 2 СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

### 2.1 Загальні принципи розробки питань прогнозу забруднення повітря

Вивчення метеорологічних умов забруднення повітря є основою для його прогнозування, оскільки завдання полягає в тому, щоб передбачати і запобігати високим рівням концентрацій, що створюються при несприятливих метеорологічних ситуаціях.

Складність обліку метеоумов визначається двома обставинами. По-перше, в місті безліч джерел викидів з істотно-різними характеристиками, і в районі кожного з них небезпечне скупчення домішок у приземному шарі повітря виникає при неоднакових метеорологічних ситуаціях. По-друге, залежність забруднення повітря по місту в цілому від метеоумов є складною і неоднозначною, рівень забруднення визначається багатьма факторами [12].

Виконані дослідження вказують на доцільність розробки двох видів прогнозування забруднення повітря: в районі окремих джерел і по місту в цілому. Таким підходом усувається, принаймні, одна із зазначених складнощів проблеми - облік різноманіття характеристик викидів зводиться до того, що для кожного з найбільш істотних джерел задача вирішується окремо. При цьому охоплюється велика кількість розташованих в місті об'єктів, і в той же час використовуються порівняно прості співвідношення для одиночних джерел. При проведенні практичних заходів щодо захисту атмосфери не так важливо, що аналізується і прогнозується не реально спостережувана концентрація, а та її частина, яка створюється викидами конкретного об'єкта.

Методи прогнозування забруднення повітря по місту в цілому засновані на результатах аналізу впливу метеорологічних і синоптичних умов на концентрації домішок. Облік конкретних особливостей механізму забруднення повітря досягається завдяки тому, що прогностичні схеми складаються за матеріалами спостережень в кожному місті окремо по сезонах, а також (по можливості) по частинах діб. Цим враховуються зміни протягом року особливостей викидів в атмосферу шкідливих речовин, кліматичні та мікрокліматичні умови в їх річному і добовому перебігу.

Для найбільш повного врахування фізичного процесу забруднення повітря в місті при розробці питань його прогнозу слід враховувати можливу асинхронність зв'язків між концентраціями і метеорологічними параметрами. Зв'язки можуть бути асинхронними - спочатку встановлюється будь-які метеорологічні умови і тільки через деякий час, формується відповідний їм рівень забруднення повітря. Але ступінь асинхронності зв'язків неоднакова в різних ситуаціях, що ускладнює їх прямий облік в схемах прогнозу. У той же час при використанні в прогностичних схемах метеорологічних параметрів за попередній проміжок часу може відпасти необхідність передбачення предикторів, і таким чином буде виключена можлива помилка їх прогнозу.

Одним з варіантів схем прогнозу, який широко застосовується в багатьох містах, включає метеорологічні предиктори в ранні ранкові години (3-6 місцевого часу) і показник забруднення повітря за першу половину дня і за день. В іншому варіанті використовуються предиктори за денні години (за 15 годин) і показник забруднення за другу половину дня і за вечір. При цьому в разі понад короткострокового прогнозу (до 8-10 годин) розглядаються виміряні метеорологічні параметри. При такому підході для уточнення прогнозу можуть використовуватися варіанти прогностичних схем із застосуванням складних фізичних характеристик, що не передбачаються існуючими методами. При включенні в схеми прогнозу як предиктор вихідного значення параметра  $P$  в неявному вигляді

враховується асинхронний зв'язок між концентраціями і тими метеорологічними умовами, які найбільшою мірою визначають рівень забруднення повітря в місті.

Можливі варіанти прогностичних схем з асинхронними предикторами, віддаленими від терміну відбору проб повітря на 6-24 годин [13].

Важливою проблемою при вирішенні задачі прогнозу забруднення повітря в місті є врахування складного характеру зв'язків між концентраціями і метеорологічними чинниками. Внаслідок цього при розробці прогностичних схем велике значення має вибір методу, який дозволив би максимально врахувати реальний вигляд зв'язків.

Для найбільшого обліку фізичного процесу поширення домішок в атмосфері і реального вигляду зв'язків між концентраціями і метеорологічними чинниками доцільно одночасне і незалежне складання в місті обох зазначених вище видів прогнозів забруднення повітря: в районі одиночних джерел викидів шкідливих речовин і по місту в цілому. Якщо в разі одиночних об'єктів при наявності даних про параметри викидів розроблений спосіб прогнозу може всюди застосовуватися в чистому вигляді, то для прогнозування забруднення повітря по місту в цілому необхідно попередньо виконати обробку фактичних матеріалів спостережень за конкретним містом за попередні роки.

## 2.2 Методика прогнозу МУЗ

Методика прогнозу метеорологічних умов забруднення (МУЗ) розроблена в Гідрометцентрі СРСР в 80-ті роки двадцятого століття і базується на використанні фактичного і прогностичного аеросиноптичного матеріалу, який є у синоптика на момент складання прогнозів погоди загального користування. Вона дозволяє оцінити підготовленість стану атмосфери до процесу накопичення або розсіювання шкідливих домішок.

Обов'язковою умовою в роботі за цією методикою є використання фактичної і прогностичної карт АТ925 (приблизно 750 м над поверхнею Землі) [14].

Важливим завданням в проблемі охорони навколишнього середовища є забезпечення чистоти повітря. Накопичення шкідливих домішок в приземному шарі повітря багато в чому залежить від метеорологічних факторів, головним чином від стійкості стратифікації температури повітря і горизонтального перенесення. При застійних явищах в атмосфері різко ослаблене перемішування забрудненого повітря і практично відсутній горизонтальний перенос. Тривале збереження слабких вітрів над великою територією сприяє накопиченню тут шкідливих домішок, що викидаються промисловими підприємствами і автотранспортом.

Залежно від рівня розвитку промисловості міста, його фізико-географічного положення та особливостей рельєфу метеорологічні умови можуть надавати неоднаковий вплив на забруднення повітря. Доцільно виділити найбільш загальні і важливі метеорологічні предиктори, що характеризують умови, що сприяють накопиченню або розсіюванню шкідливих домішок в атмосфері. До них слід віднести:

- загальний розвиток синоптичних процесів як міру здатності провітрювання і перетворення речовин, що викидаються в атмосферу в різних погодних умовах (циркуляційний фактор);

- товщину шару перемішування повітря, що характеризує термічну і динамічну турбулентність (вертикальне перемішування);

- середню швидкість вітру в шарі перемішування, а при відсутності цього шару - швидкість вітру біля підстилюючої поверхні як фактор інтенсивності зміни повітряних мас.

Ці предиктори можуть бути визначені за вихідними даними або передбачені на 12, 24 і 36 г. на основі використання фактичного або

прогностичного аеросиноптичного матеріалу, наявного у синоптика при складанні короткострокового прогнозу погоди [14].

Кількість метеорологічних предикторів може бути і більша. Так, для ряду міст важливо, на якому тлі температури або при якому напрямку вітру підвищується небезпека забруднення, проте це можна врахувати і при аналізі (прогнозі) циркуляційного фактору.

Метеорологічні умови забруднення в першому наближенні подають у вигляді комплексного показника:

$$\text{МУЗ} = \text{Ц} + \text{H}_{\text{тд}} + \bar{C}_{\text{пер}}, \quad (2.1)$$

де Ц - циркуляційний фактор у вигляді типу синоптичної ситуації; визначається за прогностичними (фактичними) приземними картами [15].

$\text{H}_{\text{тд}}$  - товщина шару перемішування, обумовлена термічною і динамічною турбулентністю, визначається за прогностичними (фактичними) кривими стратифікації температури [16].

$\bar{C}_{\text{пер}}$  - середня швидкість вітру в шарі  $\text{H}_{\text{тд}}$ ; визначається за прогностичними (фактичними) картами АТ925 і АТ850, і приземних картах погоди [16].

При висоті шару перемішування  $\text{H}_{\text{тд}} = 0$  (приземна інверсія)

$$\text{МУЗ} = \text{Ц} + \text{H}_{\text{тд}} + \text{C}_0, \quad (2.2)$$

де  $\text{C}_0$  - швидкість вітру біля поверхні Землі при  $\text{H}_{\text{тд}} = 0$ ; визначається по прогностичній або фактичній карті поля приземного тиску.

Кількість предикторів у (2.1), може бути і більше (4 чи 5) [13].

### 2.3 Визначення типу синоптичної ситуації

Відомо, що залежності між вмістом домішок в міському повітрі і метеорологічними параметрами складні і неоднозначні. Вони визначаються комплексом параметрів. Тим часом синоптична ситуація являє собою складний комплекс метеорологічних і аерологічних характеристик, відображає все різноманіття процесів, що відбуваються в атмосфері [12].

Синоптичні ситуації успішно прогнозуються існуючими методами. Але фізична оцінка ситуацій і пов'язаних з ними забруднень складна внаслідок великої мінливості, а іноді нечіткою вираженістю синоптичної ситуації. Іноді при схожих синоптичних ситуаціях можуть спостерігатися різноманітні погодні умови, які визначають рівень забруднення атмосфери (РЗА). Тому зупинимось на найбільш характерних.

Підвищене забруднення атмосфери відзначається в антициклонах як в тепле, так і в холодне півріччя (в холодну більше). При циклонічній ситуації міське повітря більш-менш чисте, що пов'язано з опадами і посиленням вітру.

При наявності прогнозу позитивних аномалій тиску на місяць існує ймовірність підвищення РЗА. Але фактичні матеріали показують, що антициклон не завжди визначає високий вміст домішок в міському повітрі. Найбільший РЗА в приземному шарі атмосфери відзначається в стаціонарному антициклоні і малорухомих гребенях, які є високими і теплими баричними утвореннями. До останніх були віднесені антициклони і гребені, які рухаються з швидкістю менше ніж 30 км за годину.

Ефект високого рівня забруднення атмосфери (ВРЗА) в стаціонарних антициклонах взимку більший, ніж влітку (для пилу більше, ніж для діоксиду сірки). Чим вище середній РЗА, тим більше перевищення цього рівня в стаціонарних антициклонах. Антициклони і гребені, які швидко переміщуються, не визначають ВРЗА. Забруднення повітря в місті

знижується при проходженні холодних фронтів, за винятком концентрацій, які формуються високими джерелами з гарячими викидами.

Максимальний РЗА формується в малорухомих антициклонах, яким відповідає область тепла в тропосфері. Холодні антициклони рухаються швидко. Поряд з цим РЗА в антициклонах визначається приземною температурою повітря. Чим вище температура, тим забруднення повітря має бути вище. РЗА вище в теплих частинах антициклонів, зазвичай в північній і західній периферії антициклону. Дуже часто це відріг сибірського антициклону.

Підвищене забруднення повітря може відзначитися в малоградієнтних баричних полях особливо в районах баричної сідловини і в розмитих циклонах. Іноді в теплих секторах циклонів. Є відомості про підвищення концентрацій домішок в зоні теплих фронтів. Зростання концентрацій діоксиду сірки та діоксиду азоту відзначається при проходженні фронту, який пов'язаний з морським бризом, що визначається утворенням низько розташованої піднятої інверсії в денний час.

У проміжних полях при інших рівних умовах з антициклонним вигином ізобар пов'язане більш високе забруднення повітря, а з циклонічним вигином - менш високе забруднення, ніж з прямолінійними ізобарами.

Таким чином, утворенню підвищеного РЗА в міському повітрі сприяють: малоградієнтне баричне поле; антициклонічна кривизна ізобар; тепла повітряна маса; адвекція тепла в тропосфері.

У конкретних містах, в залежності від регіону, характеру синоптичних процесів, властивостей викидів, розташування джерел та інших факторів, повинні бути виявлені інші особливості впливу синоптичних умов на забруднення повітря.

Тип синоптичної ситуації визначає загальні умови циркуляції атмосфери. При малоактивному розвитку процесів і застійних явищах в атмосфері (слабкий вітер) складаються найбільш несприятливі

метеорологічні умови, що сприяють накопиченню шкідливих домішок. Навпаки, якщо атмосферні процеси активні, то приземні шари повітря швидко очищаються.

Якщо у прогностичній схемі МУЗ метеорологічним предикторам умовно ставити дискретні значення від 3 до 10, тоді МУЗ буде змінюватися від 9 до 30. При використанні чотирьох (п'яти) параметрів МУЗ відповідно: від 12 (15) до 40 (50). Чисельні характеристики кожного предиктора беруть відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Значення  $\bar{C}$ ,  $H_{\text{тд}}$ ,  $\bar{C}_{\text{пер}}(C_0)$  і відповідні їм числові характеристики (на прикладі трьох предикторів) [13]

Типи синоптичних ситуацій	Стан атмосфери			Числова характеристика
	$H_{\text{тд}}$		$\bar{C}_{\text{пер}}(C_0)$ м/с	
	м	гПа (мб)		
Малорухомі антициклони та гребені, особливо які змістилися з півдня (тривалість $\geq 1,5$ доби), циклон або депресія влітку	$\leq 300$	$\leq 30$	00-3	3 3
Розмиті поля (малоградієнтне поле підвищеного тиску) з вітром змінних напрямків (тривалість $\geq 1$ доби)-підвищений рівень забруднення у теплий та холодний період	400	40	4 4	4 4
ПдЗ периферія антициклон – підвищений рівень забруднення у холодний період. 1. Західна периферія антициклону (незалежно від швидкості вітру) при траєкторії із південно-східного сектора і адвекції тепла. 2. Розмиті поля (тривалість $< 1$ доби.)	500	50	5 5 5	5 5 5
1. Передня частина циклону при траєкторіях із південно-східного сектора та адвекції тепла підвищений рівень забруднення у теплий та холодний періоди. Малорухомий невеликий за площею циклон, в якому циркулює одна і та ж повітряна маса	600	60	6	6



## Продовження таблиці 2.1

Периферія баричних утворень, тривалість $\geq 1,5$ доби і вітер $\leq 4$ м/с (встановлюється ПдЗ периферія антициклон на $\geq 1,5$ доби при слабкому вітрі).	700	70	7	7
Центри або периферії баричних утворень тривалість $\leq 1,5$ доби і вітер $\leq 4$ м/с	800	80	8	8
Центри або периферії баричних утворень будь-якої тривалості і вітер $\geq 5$ м/с. ПдЗ периферія антициклон, яка руйнується.	900	90	9	9
1. Баричні утворення, які швидко рухаються, або перемежування улоговин та гребенів (хвильова діяльність), проходження фронтів циклон. 2. Ультраполярне вторгнення повітряної маси	1000	$\geq 100$	$\geq 10$	10

З таблиці виходить, що чим менше товщина шару перемішування і чим слабкіший вітер, тим більший внесок вносять вони в забруднення атмосфери. Менші цифри надані і тим типам синоптичних ситуацій, при яких визначалась найбільша повторюваність випадків високого забруднення. Чим менші значення МУЗ, тим більш сприятливі умови для забруднення [14].

Послідовність розміщення предикторів в таблицях, аналогічних таблиці 2.1, в різних районах території України може відрізнятися від наведених.

Чисельні характеристики кожного прогнозованого метеопараметру підставляються в формулу (2.1) або (2.2) і обчислюється комплексний показник. Для центрального європейського району метеоумови високого забруднення характеризуються його значеннями для ночі 9 - 13, для дня 9 - 16. При остаточному заключенні про небезпеку метеоумов в більшості випадків враховується і тривалість збереження цих умов. Виняток можуть становити "застійні" ситуації. Проте, для будь-якого міста такий висновок повинен бути підкріплений статистичними даними.

При значеннях МУЗ рівних і більше 30, можна чекати метеоумови високого забруднення (з урахуванням тривалості їх збереження).

#### 2.4 Визначення товщини шару перемішування

Під шаром перемішування розуміється шар, в якому під впливом термодинамічної турбулентності відбувається перерозподіл шкідливих домішок по вертикалі. Чим тонше такий шар, тим у більшій кількості в ньому будуть накопичуватися ці домішки.

Товщина шару перемішування ( $H_{\text{тд}}$ ) в м або гПа розраховується за аерологічними діаграмами. Верхня межа шару перемішування визначається як висота точки перетину кривої стратифікації з кривою стану. За нижню межу шару перемішування приймається поверхня Землі (якщо  $H_{\text{тд}}$  виражено в гПа, то береться тиск, що не приведений до рівня моря). Останню обставину особливо важливо пам'ятати, якщо  $H_{\text{тд}}$  розраховується для пунктів, розташованих високо над рівнем моря. При розрахунках  $H_{\text{тд}}$  за прогностичними кривим стратифікації, для яких використовується значення приземного тиску, зняте з прогностичних приземних карт (приведене до рівня моря), поправку на висоту станцій можна визначити наближено, виходячи з того, що зміна тиску по вертикалі на 10 гПа відбувається в шарі товщиною близько 100 м [17].

На поточний день товщина шару перемішування визначається по аерологічній діаграмі у ранковий термін з урахуванням очікуваної максимальної температури повітря.

Хороші результати при розрахунках  $H_{\text{тд}}$  дає облік можливого добового ходу температури біля поверхні Землі і на висотах. При цьому встановлюється, коли саме почне з'являтися (зникати) шар перемішування і як буде змінюватися його товщина. Розсіювання шкідливих домішок можна очікувати тільки при наявності потужного шару перемішування, що зберігається більшу частину дня.

При визначенні ступеню стійкості атмосфери і її термодинамічного стану на поточний день велику допомогу можуть надати також спостереження за температурою і вітром на висотних метеокомплексах і телевізійних мачтах. У тих випадках, коли на аерологічній діаграмі відзначається байдужа стратифікація атмосфери або крива стану проходить не більше ніж на  $1^{\circ}\text{C}$  лівіше кривої стратифікації, верхня межа шару перемішування знаходиться на тій висоті, на якій ці умови порушуються.

Розрахунок  $H_{\text{тд}}$  за прогностичними кривим стратифікації на 24 і 36 години аналогічний розрахункам на поточний день, але з'являється необхідність врахування змін температури, викликаних трансформацією, вертикальними зрушеннями вітру.

Верхня межа шару перемішування може бути визначена і іншим способом. Для цього в теплий період використовуються графіки для прогнозу максимальної товщини шару перемішування. На них по осі абсцис відкладені різниці  $(T_{\text{max}} - T_3)$ , де  $T_{\text{max}}$  – прогнозована максимальна приземна температура,  $T_3$  – приземна температура в 3 ч.

Похилі прямі лінії відповідають різним середнім значенням вертикального градієнта температури в нижньому шарі товщиною 1,5 км. Значення  $\Delta T$  визначається за даними радіозондування атмосфери в 3 ч. На осі ординат знімається значення верхньої межі шару перемішування.

У ряді випадків нижню межу підвищених інверсій можна ототожнювати з верхньою межею шарів перемішування, а наявність приземних інверсій - з відсутністю шарів перемішування.

## 2.5 Визначення середньої швидкості вітру у шарі перемішування

Середня швидкість вітру в шарі перемішування ( $\bar{C}_{\text{пер}}$ ) розраховується за даними прогнозу вітру заданої завчасності на поверхні

Землі і на поверхнях 925 і 850 гПа. При прогнозі на поточний день дозволяється використання даних про фактичну швидкість вітру у вихідний термін.

Якщо, судячи з прогностичної кривої стратифікації, верхня межа шару перемішування товщиною  $H_{\text{ТД}}$  близька до ізобаричної поверхні 850 гПа, то  $\bar{C}_{\text{пер}}$  розраховується за формулою

$$\bar{C}_{\text{пер}} = \frac{C_3 + C_{925} + C_{850}}{3} \quad (2.3)$$

Якщо ж верхня межа  $H_{\text{ТД}}$  близька до поверхні 925 гПа, то замість (2.3) використовується формула:

$$\bar{C}_{\text{пер}} = \frac{C_3 + C_{925}}{2} \quad (2.4)$$

При  $H_{\text{ТД}} \approx 0$  враховується тільки прогностичне значення швидкості вітру біля поверхні Землі ( $C_3$ ) [18].

## 2.6 Термінологія і оцінка справджуваності прогнозів МУЗ

Числовий вираз комплексного показника МУЗ служить основою для відповідної термінології прогнозу в формулюванні, зрозумілому споживачам (табл. 2.2). В реальних умовах попередження передають тільки в разі очікуваних метеоумов високого забруднення - МУВЗ.

При оцінці прогнозів МУЗ використовується три градації справджуваності: 100%, 50% і 0% (таблиця 2.3). Попередження випадків метеоумов високого забруднення розраховується за цією ж таблицею, але з урахуванням фактично спостережених випадків МУВЗ [14].

Для оцінки прогнозів використовується діагностичний аеросиноптичний матеріал, за яким з використанням формул (2.1-2.4)

також визначається комплексний показник МУЗ. Цей показник порівнюється потім з прогностичним його значенням.

Порядок взаємодії Гідрометцентрів з облдержадміністраціями визначається Положенням, затвердженим обома сторонами. Гідрометцентр на основі методики прогнозу МУЗ оцінює підготовленість атмосфери до накопичення або розсіювання шкідливих домішок і робить висновок про небезпеку метеорологічних умов, які разом з необхідними метеорологічними параметрами передається до облдержадміністрації.

В облдержадміністрації на підставі висновку гідрометцентру і прогностичних схем, розроблених за іншими методиками для міста, а також даних про фактичне забруднення атмосфери, прогноуються рівні забруднення атмосфери (ЗА) по місту в цілому і від окремих джерел

У разі якщо фонове ЗА близько до критичних значень і очікуються метеоумови високого забруднення, на підприємства передаються попередження з метою прийняття заходів щодо скорочення викидів шкідливих домішок. Моніторингова служба в ці періоди здійснює контроль за проведенням підприємствами необхідних заходів.

Таблиця 2.2 - Термінологія прогнозів за комплексним показником МУЗ без урахування вагових коефіцієнтів окремих предикторів [13]

Термінологія прогнозів	Умови, за яких надається формулювання прогнозу
Очікуються метеоумови високого забруднення – МУВЗ	На строк прогнозу і в попередні 12 та 24* години одержані значення МУЗ: на ніч 9-13: на день 9-16.
Очікуються метеоумови накопичення шкідливих домішок (короточасні МУВЗ) – МУВЗ <sub>кр</sub>	На строк прогнозу і в попередні 12 годин одержані значення МУЗ: на ніч 9-13: на день 9-16.
Метеоумови високого забруднення не очікуються – МУВЗ <sub>н/о</sub>	На строк прогнозу одержані МУЗ: для ночі (дня) дорівнюють та більші 14 (17)

\*При застійних ситуаціях урахування тривалості МУЗ у ряді міст може бути необов'язковим.

Таблиця 2.3 - Оцінка справджуваності прогнозів МУЗ

Текст прогнозу		Справджуваність (%) прогнозів МУЗ		
		100	50	0
1. метеоумови забруднення	Очікуються високого	МУВЗ	МУВЗ <sub>кр</sub>	МУВЗ не було
2. метеоумови шкідливих (короткочасні МУВЗ)	Очікуються накопичення домішок	МУВЗ <sub>кр</sub>	МУВЗ	МУВЗ не було
3. метеоумови забруднення не очікуються	високого	МУВЗ не було	МУВЗ <sub>кр</sub>	МУВЗ

### 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ У КИЄВІ

Ефективність використання прогностичної схеми МУЗ була з'ясована нами на матеріалах вересня – жовтня 2016 р. та січня, квітня, липня 2017 р. Для цього було визначено синоптичну ситуацію з архіву приземних синоптичних карт [15], яка увійшла до прогнозу у вигляді циркуляційного чинника. Далі було проаналізовано радіозонди 00 годин за європейським часом, з яких були отримані дані про наявність температурних інверсій та середню швидкість вітру у шарі перемішування [16]. Приклад проаналізованого матеріалу наведено у Додатку Б і В

Вибір періоду досліджень визначався таким чином. На першому етапі восні 2016 р. було складено прогнози МУЗ для двох місяців (вересень та жовтень). Далі були взяті середні місяці кожного сезону з осені 2016 р. по літо 2017 р. (січень, квітень, липень).

Добірка предикторів, які впливають на забруднення атмосфери у Києві, дозволила скласти щоденні прогнози МУЗ за визначений період. В таблицях 3.1 – 3.5 приведені значення числових характеристик предикторів та комплексного показника МУЗ у м. Києві за розглянутий період. Таблиці складені автором за матеріалами [15-16].

Таблиця 3.1 – Значення предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ. Вересень 2016 р., м. Київ (складено автором за матеріалами [15-16])

Дата	$\bar{C}_{\text{пер}}$ ( $C_0$ ), м/с	Числова характер- ристика	$H_{\text{тд,м}}$	Числова характер- ристика	Числова характер- ристика Ц	МУЗ
1	2	3	400	4	4	11
2	4	4	500	5	4	13
3	0	3	500	5	4	12
4	2	3	400	4	3	10

## Продовження таблиці 3.1

5	5	5	400	4	4	13
6	4	4	600	6	4	14
7	2	3	300	3	3	9
8	5	5	400	4	3	12
9	2	3	300	3	5	11
10	3	3	500	5	4	12
11	3	3	300	3	4	10
12	3	3	600	6	4	13
13	2	3	400	4	4	11
14	3	3	300	3	5	11
15	2	3	300	3	4	10
16	0	3	300	3	4	10
17	0	3	300	3	4	10
18	4	4	300	3	4	11
19	3	3	400	4	4	11
20	4	4	500	5	5	14
21	10	10	1000	10	9	29
22	10	10	1000	10	10	30
23	10	10	1000	10	9	29
24	3	3	400	4	4	11
25	3	3	400	4	4	11
26	4	4	300	3	5	11
27	3	3	300	3	4	10
28	5	5	500	5	4	14
29	3	3	500	5	4	12
30	3	3	400	4	4	11

Таблиця 3.2 – Значення предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ. Жовтень 2016 р., м. Київ (складено автором за матеріалами [15-16])

Дата	$\bar{C}_{\text{пер}}$ ( $C_0$ ), м/с	Числова характер- ристика	$N_{\text{гд,м}}$	Числова характер- ристика	Числова характер- ристика Ц	МУЗ
1	2	3	300	3	6	12
2	2	3	300	3	6	12



## Продовження таблиці 3.2

3	2	3	300	3	6	12
4	0	3	300	3	6	12
5	10	10	1000	10	9	29
6	2	3	300	3	5	11
7	1	3	400	4	5	11
8	1	3	300	3	5	11
9	10	10	500	5	9	24
10	10	10	700	7	10	27
11	4	4	1000	10	7	21
12	2	3	300	3	7	13
13	10	10	900	9	7	26
14	2	3	300	3	7	13
15	4	4	1000	10	4	18
16	6	6	1000	10	4	20
17	0	3	300	3	4	10
18	0	3	300	3	4	10
19	1	3	300	3	4	10
20	2	3	300	3	4	10
21	1	3	300	3	4	10
22	10	10	1000	10	5	25
23	10	10	1000	10	9	29
24	6	6	1000	10	9	25
25	5	5	1000	10	9	24
26	10	10	800	8	9	27
27	2	3	1000	10	8	21
28	3	3	1000	10	4	17
29	10	10	600	6	9	25
30	10	10	1000	10	9	29
31	10	10	1000	10	9	29

Таблиця 3.3 – Значення предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ. Січень 2017 р., м. Київ (складено автором за матеріалами [15-16])

Дата	$\bar{C}_{\text{пер}}$ ( $C_0$ ), м/с	Числова характер- ристика	$H_{\text{ТД}}$ , м	Числова характер- ристика	Числова характер- ристика Ц	МУЗ
1	6	6	500	5	9	20
2	10	10	700	7	9	26
3	10	10	800	8	10	28
4	10	10	1000	10	10	30
5	10	10	1000	10	10	30
6	10	10	800	8	10	28
7	10	10	700	7	9	26
8	10	10	800	8	9	26
9	3	3	300	3	7	13
10	3	3	500	5	4	12
11	3	3	400	4	3	10
12	9	9	1000	10	9	28
13	7	7	700	7	9	23
14	10	10	400	4	10	24
15	10	10	700	7	10	27
16	3	3	300	3	3	9
17	3	3	300	3	3	9
18	0	3	300	3	3	9
19	2	3	500	5	3	11
20	6	6	400	4	7	17
21	1	3	300	3	5	11
22	6	6	800	8	4	18
23	4	4	300	3	4	10
24	4	4	300	3	4	10
25	10	10	600	6	9	25
26	8	8	800	8	9	25
27	4	4	300	3	5	12
28	2	3	300	3	4	10
29	3	3	300	3	4	10
30	3	3	300	3	5	11
31	3	3	300	3	3	9

Таблиця 3.4 – Значення предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ. Квітень 2017 р., м. Київ (складено автором за матеріалами [15-16])

Дата	$\bar{C}_{\text{пер}}$ ( $C_0$ ), м/с	Числова характер- ристика	$N_{\text{гд,м}}$	Числова характер- ристика	Числова характер- ристика Ц	МУЗ
1	3	3	300	3	6	12
2	3	3	300	3	5	11
3	4	4	300	3	5	12
4	3	3	300	3	4	10
5	3	3	300	3	4	10
6	1	3	300	3	5	11
7	5	5	500	5	8	18
8	10	10	1000	10	9	29
9	10	10	1000	10	8	28
10	1	3	300	3	5	11
11	4	4	300	3	4	11
12	9	9	700	7	10	26
13	3	3	300	3	5	11
14	7	7	1000	10	10	27
15	9	9	1000	10	7	26
16	3	3	300	3	4	10
17	0	3	300	3	7	13
18	6	6	500	5	4	15
19	10	10	1000	10	7	27
20	3	3	300	3	5	11
21	3	3	300	3	6	12
22	10	10	1000	10	6	26
23	1	3	300	3	7	13
24	7	7	1000	10	7	24
25	3	3	300	3	4	10
26	7	7	500	5	9	21
27	8	8	500	5	6	19
28	4	4	400	4	5	13
29	4	4	300	3	6	13
30	5	5	500	5	9	19

Таблиця 3.5 – Значення предикторів і відповідних їм числових характеристик для прогнозу МУЗ. Липень 2017 р., м. Київ (складено автором за матеріалами [15-16])

Дата	$\bar{C}_{\text{пер}}$ ( $C_0$ ), м/с	Числова характер- ристика	$H_{\text{ТД,М}}$	Числова характер- ристика	Числова характер- ристика Ц	МУЗ
1	2	3	300	3	6	12
2	8	8	400	4	9	21
3	7	7	1000	10	10	27
4	7	7	1000	10	7	24
5	10	10	1000	10	10	30
6	2	3	300	3	4	10
7	6	6	1000	10	5	21
8	1	3	300	3	4	10
9	2	3	300	3	4	10
10	1	3	300	3	4	10
11	2	3	300	3	4	10
12	3	3	300	3	6	12
13	0	3	300	3	6	12
14	8	8	1000	10	10	2
15	1	3	300	3	4	10
16	0	3	300	3	4	10
17	0	3	300	3	4	10
18	1	3	300	3	4	10
19	2	3	300	3	6	12
20	1	3	300	3	4	10
21	3	3	300	3	5	11
22	2	3	300	3	4	10
23	5	5	1000	10	9	24
24	1	3	300	3	5	11
25	1	3	300	3	6	12
26	0	3	300	3	6	12
27	2	3	400	4	6	13
28	5	5	500	5	5	15
29	10	10	1000	10	9	29
30	10	10	1000	10	10	30
31	2	3	300	3	4	30

Одне із завдань цієї роботи є випробування можливостей даної прогностичної схеми на фактичному матеріалі. Дані про фактичний рівень забруднення у м. Києві за період вересня – жовтня 2016 р. та січня, квітня, липня 2017 р. взяті з архіву моніторингу ЗА, проведеного на постах спостереження Центральної геофізичної обсерваторії по місту Києву (ЦГО). Результати розрахунків у частках ГДК, приведені у таблицях 3.6 – 3.10. Далі за даними таблиць нами було розраховано  $I_5$  за формулою (1.3) [6].

Таблиця 3.6 - Рівень забруднення атмосферного повітря, вересень 2016 р., м. Київ ( складено автором за даними ЦГО)

Дата	Завислі речовини	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формаль-дегід	Оксид азоту	$I_5$
01.09.2016	0,83	0,66	2,90	3,19	1,13	8,71
02.09.2016	0,81	0,78	2,92	3,30	1,21	9,02
03.09.2016	0,83	0,73	3,13	3,41	1,29	9,40
04.09.2016	0,83	0,84	3,21	4,66	1,56	11,10
06.09.2016	0,83	0,80	3,17	3,18	1,29	9,28
07.09.2016	0,81	0,84	3,05	2,89	1,38	8,97
08.09.2016	0,81	0,93	3,12	3,02	1,42	9,30
09.09.2016	0,81	0,93	3,13	3,31	1,13	9,32
10.09.2016	0,81	0,79	3,19	3,20	1,38	9,37
12.09.2016	0,81	0,89	3,41	3,38	0,47	8,95
13.09.2016	0,81	0,89	3,43	3,30	1,50	9,93
14.09.2016	0,81	0,86	3,12	2,46	1,33	8,58
15.09.2016	0,81	0,91	2,98	2,65	0,88	8,22
16.09.2016	0,83	0,81	2,96	3,46	1,25	9,31
17.09.2016	0,81	0,81	2,77	2,17	1,25	7,81
19.09.2016	0,81	0,73	2,61	2,36	1,13	7,64
20.09.2016	0,82	0,73	2,62	2,00	1,13	7,28
21.09.2016	0,85	0,65	2,48	1,66	1,17	6,81
22.09.2016	0,82	0,60	2,38	1,90	1,38	7,08
23.09.2016	0,82	0,70	2,18	1,86	1,13	6,69
24.09.2016	0,82	0,59	2,63	1,54	1,25	6,83
26.09.2016	0,82	0,63	2,65	1,11	1,29	6,50

## Продовження таблиці 3.6

27.09.2016	0,85	0,74	2,68	1,47	1,29	7,03
28.09.2016	0,77	0,75	2,50	1,48	1,25	6,75
29.09.2016	0,67	0,57	2,77	1,00	1,25	6,25
30.09.2016	0,73	0,70	2,91	1,70	1,04	7,09

Проаналізувавши розрахований  $I_5$  за період від 1-го вересня до 20-го вересня 2016 р. у м. Києві, можна зробити висновок, що атмосфера відповідає високому рівню, а з 21-го вересня до кінця місяця спостерігається підвищений рівень індексу.

Таблиця 3.7 - Рівень забруднення атмосферного повітря, жовтень 2016 р., м. Київ ( складено автором за даними ЦГО)

Дата	Завислі речовини	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формальдегід	Оксид азоту	$I_5$
01.10.2016	0,77	0,66	2,76	2,25	1,25	7,70
03.10.2016	0,79	0,88	2,90	1,85	1,08	7,50
04.10.2016	0,79	0,61	2,66	2,07	1,17	7,31
05.10.2016	0,77	0,45	2,69	1,28	1,13	6,31
06.10.2016	0,77	0,57	2,53	1,10	1,04	6,01
07.10.2016	0,77	0,61	2,56	0,98	1,08	6,01
08.10.2016	0,77	0,53	2,46	0,80	1,08	5,64
10.10.2016	0,77	0,37	2,47	0,87	1,21	5,68
11.10.2016	0,77	0,49	2,51	0,85	1,21	5,83
12.10.2016	0,77	0,54	2,44	0,88	1,08	5,72
13.10.2016	0,77	0,56	2,46	1,01	0,96	5,76
15.10.2016	0,82	0,74	2,52	0,86	1,08	6,02
17.10.2016	0,83	0,54	2,51	0,90	1,00	5,78
18.10.2016	0,81	0,67	2,45	0,99	1,17	6,09
19.10.2016	0,79	0,67	2,61	1,05	1,08	6,22
20.10.2016	0,77	0,70	2,51	1,07	1,21	6,26
21.10.2016	0,82	0,76	2,49	0,95	1,21	6,22
22.10.2016	0,79	0,60	2,62	1,11	1,17	6,29
24.10.2016	0,79	0,77	2,60	1,31	1,21	6,68
25.10.2016	0,77	0,81	2,56	1,05	1,21	6,40

## Продовження таблиці 3.7

26.10.2016	0,82	0,64	2,50	0,96	1,13	6,04
27.10.2016	0,77	0,61	2,49	1,11	1,08	6,06
28.10.2016	0,82	0,80	2,29	1,16	1,04	6,11
29.10.2016	0,45	0,47	2,28	1,06	1,13	5,39
31.10.2016	0,44	0,63	2,10	1,03	0,83	5,03

З таблиці 3.7 видно, що тільки чотири дні, з 1-го до 4-го жовтня, спостерігається високий рівень забруднення, а в продовж всього місяця, атмосфера відноситься до підвищеного рівня забрудненості.

Таблиця 3.8 - Рівень забруднення атмосферного повітря, січень 2017 р, м. Київ ( складено автором за даними ЦГО)

Дата	Завислі речовини	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формаль-дегід	Оксид азоту	I <sub>5</sub>
03.01.2017	0,77	0,70	2,41	1,76	0,88	6,51
04.01.2017	0,77	0,76	2,35	1,52	1,33	6,73
05.01.2017	0,77	0,80	2,26	1,40	0,42	5,64
06.01.2017	0,77	0,81	2,09	1,00	0,83	5,50
09.01.2017	0,77	0,68	2,13	1,02	0,83	5,44
10.01.2017	0,77	0,89	2,28	1,05	0,83	5,82
11.01.2017	0,76	0,83	2,28	0,98	0,96	5,81
12.01.2017	0,76	0,95	2,29	1,00	0,75	5,76
13.01.2017	0,76	0,78	2,26	1,24	0,96	6,00
14.01.2017	0,76	0,64	2,48	1,50	0,79	6,18
16.01.2017	0,76	0,92	3,08	2,24	1,21	8,21
17.01.2017	0,76	1,09	3,68	2,31	1,54	9,38
18.01.2017	0,76	1,05	3,43	1,92	1,38	8,54
19.01.2017	0,76	0,79	3,03	1,79	1,38	7,74
20.01.2017	0,76	0,79	2,89	1,75	1,29	7,48
21.01.2017	0,76	0,70	2,89	1,93	1,29	7,59
23.01.2017	0,76	0,88	2,81	1,86	1,38	7,68
24.01.2017	0,76	0,84	2,89	1,87	1,50	7,86
25.01.2017	0,76	0,83	2,78	1,58	1,42	7,37

## Продовження таблиці 3.8

26.01.2017	0,76	0,89	2,83	1,16	1,21	6,85
27.01.2017	0,76	0,82	2,82	1,52	0,79	6,71
28.01.2017	0,76	0,68	2,75	1,68	1,33	7,21
30.01.2017	0,76	0,85	2,82	1,50	1,21	7,13
31.01.2017	0,57	0,77	3,24	1,68	1,29	7,54

Проаналізувавши дані таблиці 3.8, можна сказати що ситуація в січні місяці склалась таким чином: з 3-го до 14-го січня 2017 р., та 26-27 спостерігається підвищений рівень забруднення. В усі інші дні атмосфера відповідає високому рівню забруднення. Індекс забруднення  $I_5$  зимою менший ніж у місяці теплого періоду, тому що у холодний період в цілому підвищується турбулентний обмін атмосфери.

Таблиця 3.9 - Рівень забруднення атмосферного повітря, квітень 2017 р, м. Київ ( складено автором за даними ЦГО)

Дата	Завислі речовини	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формальдегід	Оксид азоту	$I_5$
01.04.2017	0,79	0,86	2,82	2,76	1,13	8,35
03.04.2017	0,79	0,92	2,81	2,77	1,33	8,63
04.04.2017	0,79	0,93	2,76	2,57	1,25	8,29
05.04.2017	0,87	0,96	2,80	2,37	1,61	8,61
06.04.2017	0,82	0,96	2,83	2,35	1,21	8,17
07.04.2017	0,79	0,98	2,63	1,90	1,21	7,51
08.04.2017	0,74	0,81	2,36	1,73	1,13	6,77
10.04.2017	0,77	0,98	2,59	2,19	4,71	11,24
11.04.2017	0,77	0,97	2,64	2,03	1,25	7,66
12.04.2017	0,79	0,94	2,63	1,78	1,29	7,43
13.04.2017	0,79	0,94	2,69	1,97	1,25	7,64
14.04.2017	0,76	0,90	2,75	2,23	0,83	7,47
15.04.2017	0,81	0,76	2,53	2,00	1,25	7,35
18.04.2017	0,79	0,91	2,61	1,91	1,25	7,47



## Продовження таблиці 3.9

19.04.2017	0,76	0,91	2,62	1,94	1,21	7,43
20.04.2017	0,76	0,92	2,63	1,98	1,21	7,50
21.04.2017	0,76	0,89	2,65	1,99	1,21	7,50
22.04.2017	0,79	0,75	2,65	2,51	1,08	7,79
24.04.2017	0,81	0,91	2,62	2,34	0,83	7,51
25.04.2017	0,79	0,92	2,79	2,45	1,17	8,11
26.04.2017	0,79	0,91	3,04	2,51	1,17	8,42
27.04.2017	0,79	0,94	3,19	4,02	1,08	10,03
28.04.2017	0,76	1,00	3,13	3,70	1,29	9,88
29.04.2017	0,51	0,81	2,91	4,30	1,33	9,87

З таблиці 3.9 ми можемо спостерігати, що в квітні індекс забруднення атмосферного повітря  $I_5$  на протязі всього місяця був високим, тільки 8-го квітня можна було спостерігати підвищений рівень забруднення.

Таблиця 3.10 - Рівень забруднення атмосферного повітря, липень 2017 р., м. Київ ( складено автором за даними ЦГО)

Дата	Завислі речовини	Оксид вуглецю	Діоксид азоту	Формаль-дегід	оксид азоту	$I_5$
01.07.2017	0,74	0,96	3,27	4,99	1,46	11,42
03.07.2017	0,77	1,13	3,17	3,75	1,33	10,15
04.07.2017	0,77	0,98	2,98	2,87	1,13	8,72
05.07.2017	0,72	1,05	2,64	2,51	1,33	8,25
06.07.2017	0,72	0,96	2,90	3,04	1,33	8,95
07.07.2017	0,77	0,96	2,88	3,49	1,21	9,31
08.07.2017	0,79	1,65	3,06	4,60	1,25	11,36
10.07.2017	0,79	1,04	3,22	5,31	1,33	11,70
11.07.2017	0,79	1,17	3,56	6,28	1,38	13,18
12.07.2017	0,82	1,26	3,47	6,30	1,46	13,30
13.07.2017	0,77	1,22	3,09	5,12	1,29	11,49
14.07.2017	0,76	1,02	3,02	2,72	1,29	8,81
15.07.2017	0,81	1,01	3,13	3,88	1,42	10,25

## Продовження таблиці 3.10

17.07.2017	0,76	1,19	3,30	4,43	1,29	10,97
18.07.2017	0,79	1,28	3,16	4,38	1,38	10,98
19.07.2017	0,76	1,07	3,27	3,99	1,42	10,51
20.07.2017	0,76	1,30	3,25	3,70	1,46	10,47
21.07.2017	0,76	1,16	3,50	4,42	1,42	11,25
22.07.2017	0,76	1,17	3,95	4,18	1,63	11,68
24.07.2017	0,79	1,08	3,64	4,86	1,63	11,99
25.07.2017	0,79	1,19	3,88	5,23	1,75	12,84
26.07.2017	0,79	1,15	3,76	5,67	1,79	13,16
27.07.2017	0,79	1,07	3,75	5,35	1,21	12,18
28.07.2017	0,52	0,98	3,52	3,25	1,13	9,40
29.07.2017	0,53	0,89	3,38	2,26	1,21	8,26
31.07.2017	0,62	1,06	3,52	6,88	1,33	13,41

З даних таблиці 3.10 ми бачимо, що за індексом забруднення атмосферного повітря загальний рівень забруднення у липні по Києву був високий. Особливо можна виділити 8-13 та 21-27 липня 2017 року. Він дуже відрізнявся у різних частинах міста: на дванадцяти постах характеризувався, як високий, на одному – як підвищений, ще на одному – низький. У липні взагалі по місту середньомісячні концентрації чотирьох забруднювальних речовин (другого та третього класу небезпеки) перевищували норму: діоксиду азоту – у 3,3 рази, формальдегіду – у 3,0 рази, оксиду азоту – у 1,3 рази, оксиду вуглецю – у 1,1 рази [6].

В цілому в столиці було зафіксовано місця масового скупчення автомобільного транспорту, тоді як відсутність вітру призвела до суттєвих застійних явищ в атмосфері міста.

В таблицях 3.11 – 3.15 приведено результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва за період вересня – жовтня 2016 р. та січня, квітня, липня 2017 р. Якщо у місті фактично спостерігалось перевищення концентрації над ГДК хоча б однією речовиною, то у стовпчику «Фактичне ЗА» ми ставили «+», якщо

атмосфера залишалася чистою – «-». Позначка «Θ» означає співпадіння прогнозу та фактичного ЗА.

Всього за розглянутий період складено 125 прогнозів. З них підтверджені фактичними даними забруднення атмосфери - 77.

Таблиця 3.11 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва у вересні 2016 р. (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
1.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ Θ
2.09.2016	МУВЗ	+ Θ
3.09.2016	МУВЗ	+ Θ
4.09.2016	МУВЗ	+ Θ
5.09.2016	МУВЗ	дані відсутні
6.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
7.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ Θ
8.09.2016	МУВЗ	+ Θ
9.09.2016	МУВЗ	+ Θ
10.09.2016	МУВЗ	+ Θ
11.09.2016	МУВЗ	дані відсутні
12.09.2016	МУВЗ	+ Θ
13.09.2016	МУВЗ	+ Θ
14.09.2016	МУВЗ	+ Θ
15.09.2016	МУВЗ	+ Θ
16.09.2016	МУВЗ	+ Θ
17.09.2016	МУВЗ	+ Θ
18.09.2016	МУВЗ	дані відсутні
19.09.2016	МУВЗ	+ Θ
20.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
21.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
22.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
23.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
24.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ Θ
25.09.2016	МУВЗ	дані відсутні
26.09.2016	МУВЗ	+ Θ
27.09.2016	МУВЗ	+ Θ

## Продовження таблиці 3.11

28.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
29.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
30.09.2016	МУВЗ	+ ⊖

З таблиці 3.11 видно, що прогноз МУЗ був складений для всіх 30 днів місяця. Але дані моніторингу про забруднення атмосфери є тільки для робочих днів, за виключенням вихідних. Прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у вересні 2016 р. у 20 випадках з 26 спрогнозованих. Погодні умови у вересні 2016 р. в Києві були аномальними з точки зору накопичення забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. Тільки 6 днів за місяць метеоумови можна характеризувати як сприяючі розсіюванню домішок (МУВЗ<sub>н/о</sub>). В інші 24 доби синоптична ситуація, швидкість вітру та інверсійний розподіл температури приводили до накопичення домішок. Особливо затяжним періодом накопичення домішок в атмосфері були 7 - 19 вересня.

Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 77%, що свідчить про ефективність даної прогностичної схеми.

Таблиця 3.12 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва у жовтень 2016 р. (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
1.10.16	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
2.10.16	МУВЗ	дані відсутні
3.10.16	МУВЗ	+ ⊖
4.10.16	МУВЗ	+ ⊖
5.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
6.10.16	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
7.10.16	МУВЗ	+ ⊖
8.10.16	МУВЗ	+ ⊖
9.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
10.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+

## Продовження таблиці 3.12

11.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
12.10.16	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
13.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
14.10.16	МУВЗ <sub>кр</sub>	дані відсутні
15.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
16.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
17.10.16	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
18.10.16	МУВЗ	+ ⊖
19.10.16	МУВЗ	+ ⊖
20.10.16	МУВЗ	+ ⊖
21.10.16	МУВЗ	+ ⊖
22.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
23.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
24.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
25.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
26.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
27.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
28.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
29.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
30.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
31.10.16	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+

З таблиці 3.12 видно, що прогноз МУЗ був складений для всіх 31 днів місяця. Але дані моніторингу про забруднення атмосфери відсутні для 2-го, 9-го, 14-го, 16-го, 23-го та 30-го жовтня. Прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у жовтні 2016 р. у 12 випадках з 25 спрогнозованих. Погодні умови у жовтні 2016 р. в Києві були такі, що у 17 днів за місяць їх можна характеризувати як сприяючі розсіюванню домішок (МУВЗ<sub>н/о</sub>). В інші 14 днів синоптична ситуація, швидкість вітру та інверсійний розподіл температури приводили до накопичення домішок. Значне накопичення домішок в атмосфері спостерігалось 18 жовтня - 21 жовтня.

Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 48%.

Таблиця 3.13 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва у січень 2017 р. (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
1.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
2.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
3.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
4.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
5.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
6.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
7.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
8.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
9.01.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
10.01.17	МУВЗ	+ ⊖
11.01.17	МУВЗ	+ ⊖
12.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
13.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
14.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
15.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
16.01.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
17.01.17	МУВЗ	+ ⊖
18.01.17	МУВЗ	+ ⊖
19.01.17	МУВЗ	+ ⊖
20.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
21.01.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
22.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
23.01.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
24.01.17	МУВЗ	+ ⊖
25.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
26.01.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
27.01.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
28.01.17	МУВЗ	+ ⊖
29.01.17	МУВЗ	дані відсутні
30.01.17	МУВЗ	+ ⊖
31.01.17	МУВЗ	+ ⊖

З таблиці 3.13 видно, що прогноз МУЗ був складений для всіх 31 днів місяця. Але дані моніторингу про забруднення атмосфери є тільки для днів 3-6, 9-14, 16-21, 23-28 та 30-31 січня. Прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у січні 2017 р. у 14 випадках з 24 спрогнозованих. 16 днів за місяць метеоумови можна характеризувати як сприяючі розсіюванню домішок (МУВЗ<sub>н/о</sub>). В інші 15 діб синоптична ситуація приводила до накопичення домішок. Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 58%.

Таблиця 3.14 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва у квітні 2017 р. (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
1.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
2.04.17	МУВЗ	дані відсутні
3.04.17	МУВЗ	+ ⊖
4.04.17	МУВЗ	+ ⊖
5.04.17	МУВЗ	+ ⊖
6.04.17	МУВЗ	+ ⊖
7.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
8.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
9.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
10.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
11.04.17	МУВЗ	+ ⊖
12.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
13.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+
14.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
15.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
16.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	дані відсутні
17.04.17	МУВЗ	дані відсутні
18.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
19.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
20.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
21.04.17	МУВЗ	+ ⊖
22.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+

## Продовження таблиці 3.14

23.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	дані відсутні
24.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
25.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
26.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
27.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
28.04.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
29.04.17	МУВЗ	+ ⊖
30.04.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні

З таблиці 3.14 видно, що прогноз МУЗ був складений для всіх 30 днів місяця. Але дані моніторингу про забруднення атмосфери відсутні у такі дні 2-го, 9-го, 16-го, 17-го, 23-го та 30го квітня. Прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у квітні 2017 р. у 12 випадках з 24 спрогнозованих. 13 днів за місяць метеоумови можна характеризувати як сприяючі розсіюванню домішок (МУВЗ<sub>н/о</sub>). В інші 17 діб в атмосферному повітрі спостерігалось накопичення домішок. Особливо можна виділити період з 1 квітня по 6 квітня.

Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 50%.

Таблиця 3.15 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери м. Києва у липні 2017 р. (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
1.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
2.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
3.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
4.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
5.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
6.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
7.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
8.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
9.07.17	МУВЗ	дані відсутні



Продовження таблиці 3.15

10.07.17	МУВЗ	+ ⊕
11.07.17	МУВЗ	+ ⊕
12.07.17	МУВЗ	+ ⊕
13.07.17	МУВЗ	+ ⊕
14.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
15.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊕
16.07.17	МУВЗ	дані відсутні
17.07.17	МУВЗ	+ ⊕
18.07.17	МУВЗ	+ ⊕
19.07.17	МУВЗ	+ ⊕
20.07.17	МУВЗ	+ ⊕
21.07.17	МУВЗ	+ ⊕
22.07.17	МУВЗ	+ ⊕
23.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
24.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊕
25.07.17	МУВЗ	+ ⊕
26.07.17	МУВЗ	+ ⊕
27.07.17	МУВЗ	+ ⊕
28.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
29.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
30.07.17	МУВЗ <sub>н/о</sub>	дані відсутні
31.07.17	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊕

З таблиці 3.15 видно, що прогноз МУЗ був складений для всіх 31 днів місяця. Оскільки дані моніторингу про забруднення атмосфери є тільки для робочих днів, то з аналізу випадають 5 вихідних днів липня. Прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у липні 2017 року у 19 випадках з 26 спрогнозованих. Погодні умови у липні 2017 р. в Києві в цілому сприяли накопиченню забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. 10 днів за місяць метеоумови можна характеризувати як сприяючі розсіюванню домішок (МУВЗ<sub>н/о</sub>). В іншу 21 добу синоптична ситуація, швидкість вітру та інверсійний розподіл температури приводили до накопичення домішок. Особливо затяжними

періодами накопичення домішок в атмосфері були 9 липня – 13 липня та 16 липня – 22 липня.

Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 73%.

Оскільки забруднення атмосфери в цілому по місту Київ практично у всі дні має підвищений рівень за рахунок викидів величезної кількості столичного парку автотранспорту, тому потрібно провести аналіз справджуваності прогнозу МУЗ для високого рівня ІЗА ( $I_5$  більше або рівне 7). Такий підхід є найбільш коректним для міст зі значним забрудненням повітряного басейну.

Таблиця 3.16 - Результати порівняння прогнозу МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери для високого рівня ІЗА у м. Київ за розглянутий період (складено автором)

Дата	Прогноз	Фактичне ЗА
Вересень 2016 р.		
01.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
02.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
03.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
04.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
06.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
07.09.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
08.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
09.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
10.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
12.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
13.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
14.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
15.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
16.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
17.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
19.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
20.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
22.09.2016	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
27.09.2016	МУВЗ	+ ⊖

## Продовження таблиці 3.16

30.09.2016	МУВЗ	+ ⊖
Жовтень 2016 р.		
01.10.2016	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
03.10.2016	МУВЗ	+ ⊖
04.10.2016	МУВЗ	+ ⊖
Січень 2017 р.		
16.01.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
17.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
18.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
19.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
20.01.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
21.01.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
23.01.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
24.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
25.01.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
28.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
30.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
31.01.2017	МУВЗ	+ ⊖
Квітень 2017 р.		
01.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
03.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
04.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
05.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
06.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
07.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
10.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
11.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
12.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
13.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
14.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
15.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
18.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
19.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
20.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
21.04.2017	МУВЗ	+ ⊖
22.04.2017	МУВЗ	+ ⊖

## Продовження таблиці 3.16

24.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
25.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
26.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
27.04.2017	МУВЗ <sub>н/о</sub>	+
28.04.2017	МУВЗ <sub>кр</sub>	+ ⊖
29.04.2017	МУВЗ	+ ⊖

Аналізуючи дані, які ми отримали, тільки для високого рівня забруднення, можна сказати, що у вересні 2016 р. прогноз МУЗ співпадав з фактичним забрудненням атмосфери у 17 випадках із 20 прогнозованих. Таким чином, справджуваність прогнозу МУЗ склала 85%, що свідчить про ефективність даної прогностичної схеми. Прогноз співпав з фактичним забрудненням атмосфери, при високому рівні забруднення у 3 випадках із 3 в жовтні 2016 р., прогноз МУЗ склав 100%. В січні 2017 р. із 12 прогнозних значень було співпадання в 10 випадках, справджуваність прогнозу склала 83%. В квітні 2017 р. прогноз МУЗ співпав з фактичним забрудненням атмосфери у 15 випадках із 23 спрогнозованих, справджуваність прогнозу склала 65%. Це нижчий відсоток справджуваності прогнозу. Він свідчить про те, що складні метеорологічні умови перехідного періоду не вичерпуються тільки розглянутими предикторами. Весною можуть складатися такі НМУ (наприклад, тумани, умови застою повітря, низько розташовані підвищені інверсії та ін.), які призводять до формування високого рівня забруднення повітря.

В липні 2017 р. все залишилося без змін, весь місяць спостерігався високий рівень забруднення, прогноз склав 73%.

## ВИСНОВОКИ

Загальний рівень забруднення повітря в Києві вище середнього по Україні і оцінюється фахівцями як високий. У повітрі більше двох десятків різних шкідливих домішок: діоксид сірки, оксид вуглецю, формальдегід і звичайний пил. За даними фахівців Центральної геофізичної обсерваторії, висока концентрація діоксиду азоту в повітрі Києва, вдвічі перевищує норму, влітку може збільшуватися у п'ять-шість разів.

Моніторинг забруднення повітря у місті Київ проводиться Центральною геофізичною обсерваторією. Рівень забруднення атмосферного повітря загалом по місту Київ у вересні-жовтні 2016 р. та січні, квітні, липні 2017 р. характеризувався як високий. Тому невідкладним є прогноз забруднення повітря або метеорологічних умов ЗА.

Для прогнозу забруднення атмосфери у м. Києві запропоновано використання прогностичної схеми МУЗ, при цьому були оцінені три предиктора, що входять до прогностичної схеми: типи синоптичної ситуації та товщину шару перемішування, а також середні швидкості вітру в шарі перемішування за вересень-жовтень 2016 р. та січень, квітень, липень 2017 р.

Дані про фактичний рівень забруднення у м. Києві за період вересня – жовтня 2016 р. та січня, квітня, липня 2017 р. ми взяли з офіційного сайту головного управління Держсанепідслужби у м. Києві. Також ми використали дані постів спостереження Центральної геофізичної обсерваторії по місту Києву.

З цього приводу можна сказати, що у вересні-жовтні 2016 р. та січні, квітні 2017 р. атмосфера в деякі дні відповідала високому та підвищеному рівню забруднення, а у липні 2017 р. на протязі всього місяця спостерігається високий рівень забруднення атмосфери. Так як у холодний

період підвищується турбулентний обмін атмосфери, індекс забруднення  $I_5$  зимою менший за місяці теплого періоду. В липні показник  $I_5$  був високим.

Добірка предикторів, які впливають на забруднення атмосфери у Києві, дозволила скласти щоденні прогнози МУЗ за визначений період.

Оскільки забруднення атмосфери в цілому по місту Київ практично у всі дні має підвищений рівень за рахунок викидів величезної кількості столичного парку автотранспорту, тому було проведено аналіз справджуваності прогнозу МУЗ для високого рівня ІЗА ( $I_5$  більше або рівне 7). Такий підхід є найбільш коректним для міст зі значним забрудненням повітряного басейну.

Порівнюючи прогноз МУЗ з фактичним забрудненням атмосфери у місті Київ за період вересень – жовтень 2016 р. та січень, квітень, липень 2017 р., тільки при високому рівні забрудненості, можна сказати, що отриманий прогноз забруднення атмосфери свідчить про ефективність використання методу МУЗ, доказом цього є виправданість прогнозу, що складає у вересні 2016 р. – 85%, у жовтні 2016 р. – 100%, у січні 2017 р. – 83%, у квітні 2017 р. – 65 % , у липні 2017 р. – 73%. Всього за розглянутий період складено 84 прогнозів. З них підтверджені фактичними даними забруднення атмосфери - 61.

Попередження про метеоумови високого забруднення (прогноз МУЗ) потрібно доводити до підприємств-забруднювачів, а також до жителів міста Київ. Цю дуже важливу інформацію легко довести за допомогою інтернету або інших засобів масової інформації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Голубець М.А., Кучерявий В.П., Генсірук С.А. та ін. Конспект лекцій з курсу « Екологія і охорона природи». К., 1990. 216 с.
2. Заверуха Н.М., Серебряков В.В., Скиба Ю.А. Основи екології: навч. посібн. 2-е вид. К.: Каравела, 2008. 304 с.
3. Кілька поглядів на екологію Києва. URL: <http://www.likar.info/novosti-Ukraine/news-10276-kilka-poglyadiv-na-ekologiyu-kijeva> (дата звернення 10.05.18)
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2016 році. URL: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/Доповідь%20Київ%202016.pdf> (дата звернення 15.05.18)
5. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
6. Центральна геофізична обсерваторія. URL: <http://www.cgo.kiev.ua> (дата звернення 18.09.17)
7. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 9 (282) К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2016 р.
8. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 10 (283) К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2016 р.
9. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 1 (286) К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2017 р.
10. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 4 (289) К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2017 р.

11. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 7 (292) К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2017 р.
12. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. 1991. 223 с.
13. Лаврик В.І., Боголюбов В.М., Полетаєва Л.М. та ін. Моделювання і прогнозування стану довкілля: Підручник. К.: ВЦ «Академія», 2010. 400 с.
14. Специализированные прогнозы погоды. Учебное пособие. Л., ЛГМИ, 1991. 112 с.
15. Deutscher Wetterdiest 2018. URL: [http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv\\_dwd.html](http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html) ( дата звернення: 05.03.2018)
16. University of Wyoming // College of Engineer-ing // Department of Atmosheric Science. URL: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> ( дата звернення: 05.03.2018)
17. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологи. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 184 с.
18. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий /РД 52.04. 78–86/ М.: Гидрометеиздат, 1986. 59 с.



## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Бібко Г.М., Полетаєва Л. М. Екологія та екологічна безпека // Матеріали науково-практич. Конф. Всеукр. Студентського конкурсу // Оцінка та прогноз забруднення атмосферного повітря міста Київ синоптико-статистичним методом. Полтава: ПолНТУ, 2017. С. 9
2. Бібко Г.М., Полетаєва Л. М. Матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих вчених // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування // Синоптико-статистичний прогноз метеорологічних умов забруднення атмосфери міста Київ, 29-30 листопада 2017., Х.:ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. С. 21-22.
3. Бібко Г.М., Полетаєва Л. М. II Всеукраїнська науково-практична конференція // Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти // Прогноз метеорологічних умов забруднення повітря міста Київ. Полтава: ПДАА, 2017. С. 108-110
4. Бібко Г.М., Полетаєва Л. М. Прогноз метеорологічних умов забруднення атмосферного повітря міста Київ // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей // Государственная гидрометеорологическая служба Украины. №1(21), 2018. С. 182-187
5. Бібко Г. М, Полетаєва Л. М. Оцінка та прогноз забруднення атмосферного повітря міста Київ синоптико-статистичним методом // Збірник тез за матеріалами XVI конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ, 2017. С. 109.

## Додаток Б

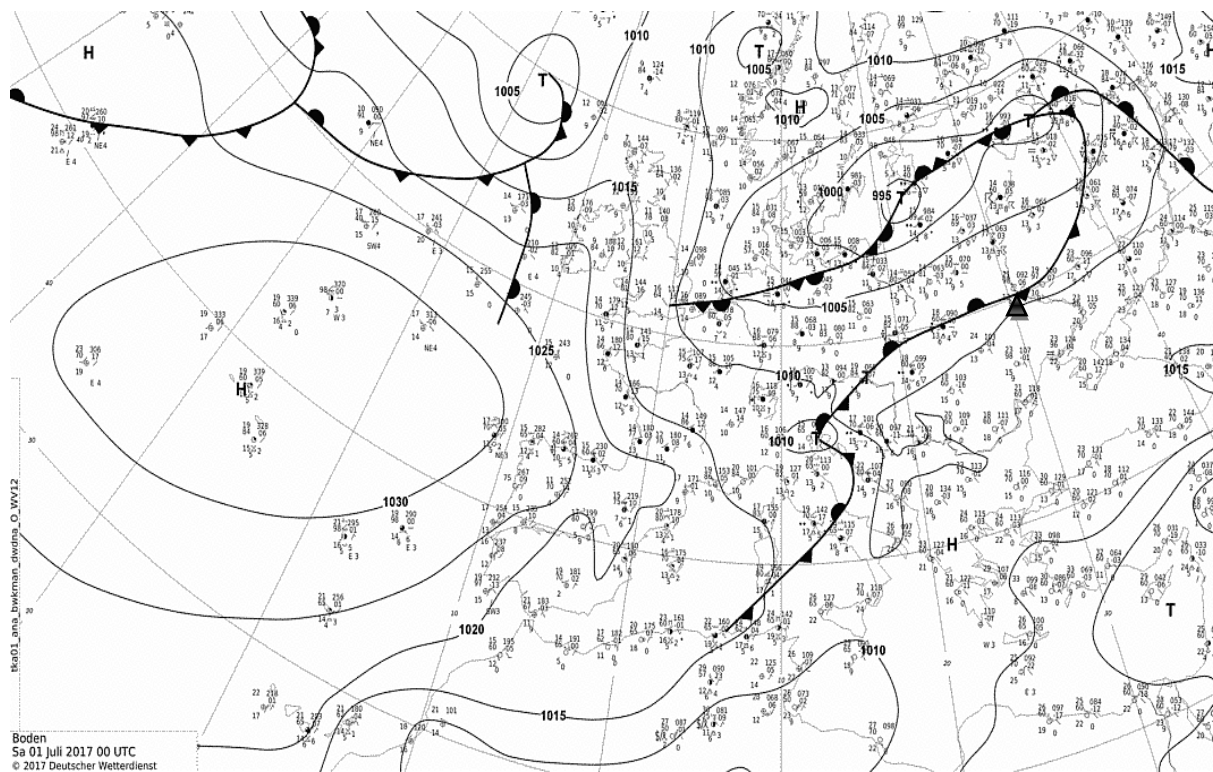


Рисунок Б.1 – Приземна синоптична карта за 1 липня 2017 року

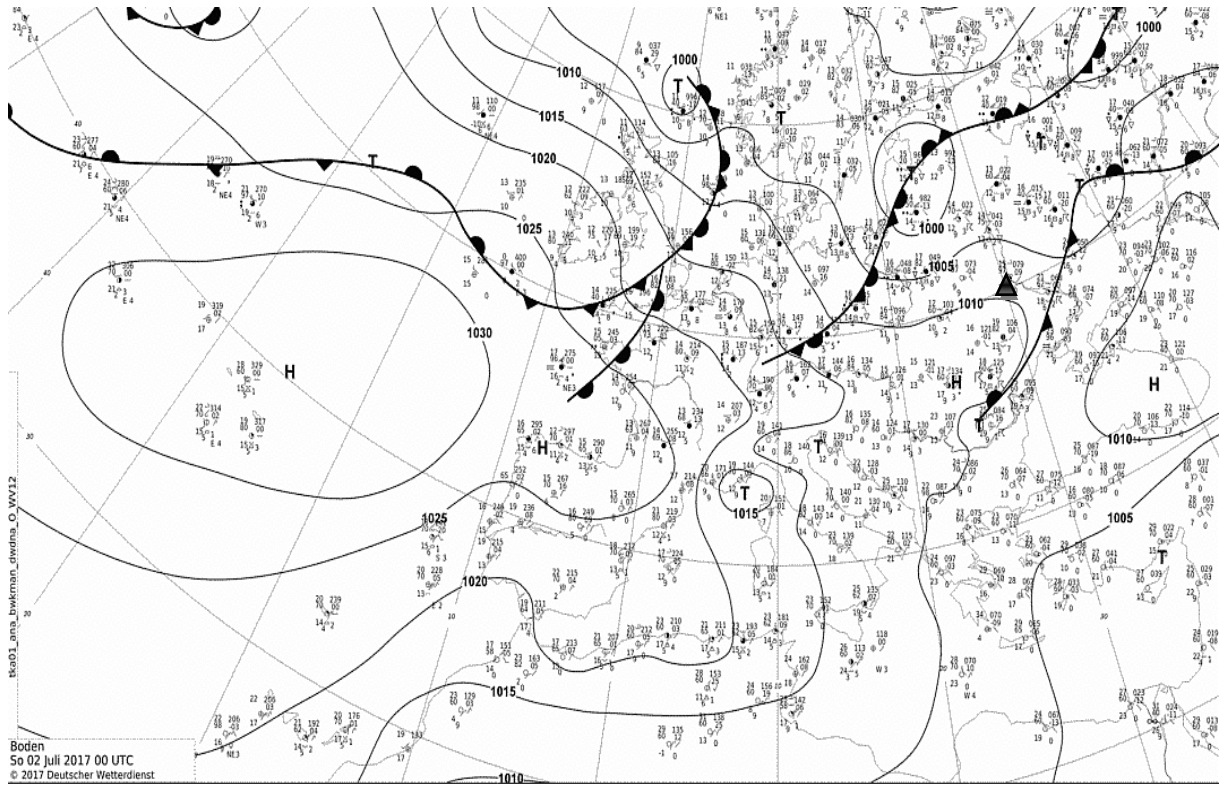


Рисунок Б.2 – Приземна синоптична карта за 2 липня 2017 року

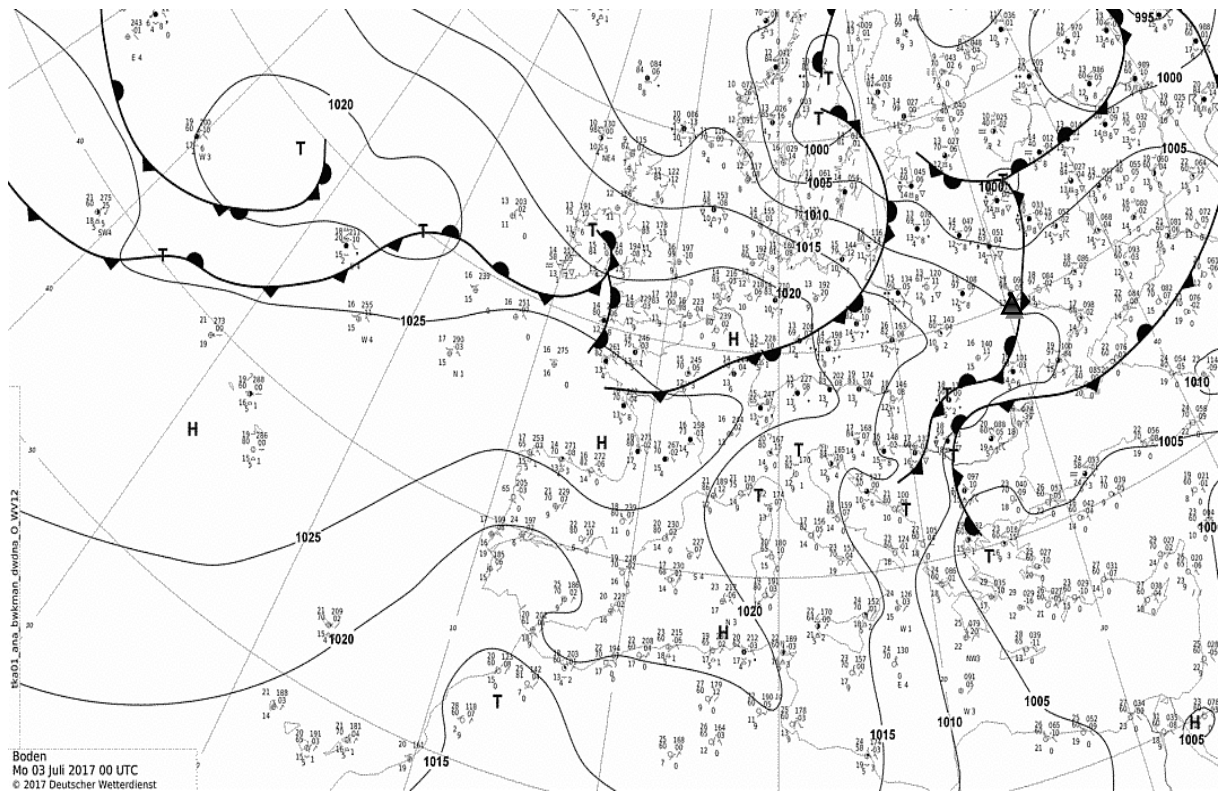


Рисунок Б.3 – Приземна синоптична карта за 3 липня 2017 року

## Додаток В

Таблиця В.1 – Дані радіозондування на метеостанції Київ у 00 годин  
за європейським часом за 1 липня 2017 року

### 33345 UKKK Kyiv Observations at 00Z 01 Jul 2017

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	С	С	%	g/kg	deg	knot	К	К	К
1000.0	78									
990.0	167	22.0	10.0	46	7.84	275	4	296.0	319.0	297.4
973.0	317	23.6	11.6	47	8.89	300	8	299.1	325.4	300.7
963.0	407	23.1	10.9	46	8.57	315	10	299.5	324.9	301.0
925.0	756	21.2	8.2	43	7.43	265	12	301.0	323.3	302.3
897.0	1021	20.0	7.0	43	7.04	245	21	302.4	323.7	303.7
884.0	1147	19.4	6.4	43	6.86	250	22	303.0	323.9	304.3
850.0	1482	16.2	4.2	45	6.12	265	25	303.1	321.8	304.2
826.0	1720	14.2	3.0	47	5.78	265	37	303.5	321.3	304.6
719.0	2873	4.8	-2.9	57	4.33	250	37	305.4	319.0	306.2
700.0	3095	3.0	-4.0	60	4.08	255	33	305.8	318.6	306.5
682.0	3305	1.4	-4.6	64	4.00	259	32	306.3	318.9	307.0
677.0	3364	1.2	-6.1	58	3.61	260	31	306.7	318.2	307.4
602.0	4304	-1.3	-29.3	10	0.57	260	64	314.3	316.3	314.4
597.0	4370	-1.7	-28.2	11	0.63	260	66	314.5	316.8	314.6
544.0	5102	-6.5	-15.9	47	2.05	260	58	317.4	324.3	317.7
531.0	5292	-7.7	-12.7	67	2.73	260	62	318.1	327.3	318.6
500.0	5760	-7.7	-14.7	57	2.46	260	70	323.6	332.1	324.1
493.0	5870	-7.3	-16.3	49	2.18	260	72	325.4	333.0	325.8
476.0	6142	-9.7	-22.7	34	1.30	260	76	325.7	330.4	325.9
444.0	6673	-13.6	-23.8	42	1.27	260	85	327.3	331.9	327.6
420.0	7096	-16.7	-24.7	50	1.24	260	85	328.6	333.1	328.8
400.0	7460	-20.5	-28.5	49	0.92	260	85	328.3	331.7	328.4
361.0	8210	-27.3	-33.3	57	0.64	260	85	328.9	331.4	329.1
300.0	9520	-36.5	-45.5	39	0.22	260	85	333.8	334.7	333.9
295.0	9636	-37.5	-46.5	39	0.20	260	86	334.0	334.8	334.0
250.0	10750	-48.1	-56.1	39	0.08	265	87	334.4	334.8	334.4
246.0	10855	-49.1	-57.1	39	0.07	265	87	334.4	334.7	334.4
225.0	11435	-54.9	-62.9	36	0.04	255	80	334.2	334.4	334.2
207.0	11970	-54.9	-62.9	36	0.04	250	74	342.3	342.5	342.3
200.0	12190	-54.9	-62.9	36	0.04	250	82	345.7	345.9	345.7
193.0	12417	-54.7	-62.7	36	0.04	252	85	349.5	349.7	349.5
183.0	12761	-52.6	-60.6	37	0.06	255	91	358.2	358.5	358.2

Таблиця В.2 - Дані радіозондування на метеостанції Київ у 00 годин  
за європейським часом за 2 липня 2017 року

### 33345 UKKK Kyiv Observations at 00Z 02 Jul 2017

PRES hPa	HGHT m	TEMP C	DWPT C	RELH %	MIXR g/kg	DRCT deg	SKNT knot	THTA K	THTE K	THTV K
1000.0	67									
988.0	167	15.2	12.7	85	9.42	300	8	289.4	316.0	291.0
963.0	385	14.6	10.8	78	8.51	285	25	290.9	315.2	292.4
938.0	610	16.1	8.9	62	7.67	300	33	294.5	316.9	295.9
932.0	665	16.4	8.4	59	7.47	300	32	295.4	317.4	296.8
925.0	729	15.8	6.8	55	6.74	300	31	295.5	315.3	296.7
921.0	766	15.6	6.6	55	6.68	301	31	295.6	315.3	296.8
850.0	1441	11.4	0.4	47	4.66	310	25	298.1	312.2	298.9
821.0	1729	9.1	-0.8	50	4.40	315	21	298.6	312.0	299.4
795.0	1996	7.0	-2.0	53	4.17	318	24	299.1	311.9	299.9
786.0	2089	6.6	-1.4	57	4.41	319	24	299.7	313.2	300.5
777.0	2184	6.5	-3.4	49	3.84	320	25	300.5	312.4	301.2
700.0	3038	5.2	-21.8	12	0.96	260	35	308.2	311.5	308.4
698.0	3061	5.2	-21.8	12	0.96	259	35	308.5	311.8	308.6
674.0	3338	3.1	-23.4	12	0.87	250	37	309.2	312.3	309.4
556.0	4858	-8.3	-32.0	13	0.48	250	43	313.2	315.0	313.3
530.0	5236	-11.1	-34.1	13	0.40	248	52	314.2	315.7	314.2
500.0	5680	-14.5	-24.5	42	1.06	245	62	315.3	319.0	315.5
458.0	6341	-19.3	-28.3	45	0.82	243	78	317.3	320.2	317.5
416.0	7053	-23.1	-27.5	67	0.97	241	96	321.3	324.8	321.4
400.0	7340	-25.5	-30.4	64	0.77	240	103	321.8	324.6	321.9
386.0	7597	-26.3	-32.3	57	0.66	238	109	324.0	326.5	324.1
371.0	7874	-28.6	-34.6	56	0.55	235	117	324.6	326.7	324.7
327.0	8757	-36.0	-42.0	54	0.29	230	124	326.3	327.5	326.4
300.0	9360	-41.1	-47.1	52	0.18	235	120	327.3	328.1	327.4
292.0	9543	-42.9	-48.9	52	0.15	235	119	327.3	327.9	327.3
252.0	10527	-48.2	-56.1	40	0.08	235	111	333.5	333.8	333.5
250.0	10580	-48.5	-56.5	39	0.07	235	109	333.8	334.1	333.8
239.0	10876	-49.9	-57.9	38	0.06	240	103	336.0	336.3	336.1
227.0	11215	-47.1	-55.1	39	0.10	245	95	345.3	345.7	345.3
200.0	12050	-49.9	-58.9	34	0.07	230	84	353.6	353.9	353.6
192.0	12316	-50.9	-60.9	29	0.05	230	80	356.1	356.4	356.1
167.0	13225	-49.5	-59.5	30	0.08	245	49	372.9	373.3	373.0
159.0	13543	-51.3	-61.8	28	0.06	250	39	375.1	375.4	375.1

Таблиця В.3 - Дані радіозондування на метеостанції Київ у 00 годин  
за європейським часом за 3 липня 2017 року

### 33345 UKKK Kyiv Observations at 00Z 03 Jul 2017

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	76									
990.0	167	17.6	11.6	68	8.73	315	8	291.6	316.6	293.1
925.0	739	12.8	6.8	67	6.74	300	21	292.4	312.0	293.6
892.0	1044	10.0	6.1	77	6.66	294	23	292.6	311.9	293.7
851.0	1435	8.6	5.5	81	6.70	285	25	295.0	314.7	296.2
850.0	1445	8.6	5.2	79	6.56	285	25	295.1	314.5	296.3
838.0	1563	8.0	3.2	72	5.78	281	25	295.7	312.9	296.7
820.0	1742	8.6	2.2	64	5.49	275	25	298.2	314.7	299.2
803.0	1915	9.2	1.2	57	5.23	274	27	300.6	316.5	301.6
793.0	2019	9.4	-11.6	21	1.99	273	28	301.9	308.3	302.3
766.0	2305	7.4	-0.6	57	4.80	271	30	302.8	317.6	303.6
700.0	3040	2.0	-2.6	72	4.54	265	37	304.7	318.8	305.5
675.0	3332	-0.3	-4.9	72	3.97	265	33	305.2	317.7	306.0
667.0	3427	-1.1	-5.6	71	3.79	265	33	305.4	317.4	306.1
652.0	3609	-1.7	-6.0	72	3.77	266	33	306.7	318.7	307.4
552.0	4919	-7.5	-15.5	53	2.08	270	31	314.8	321.9	315.2
500.0	5680	-13.1	-23.1	43	1.20	260	39	317.0	321.2	317.2
489.0	5847	-14.3	-24.8	41	1.05	250	41	317.5	321.2	317.7
430.0	6811	-21.5	-34.5	30	0.48	263	38	320.3	322.1	320.4
400.0	7340	-25.5	-38.5	29	0.35	270	37	321.8	323.1	321.8
393.0	7467	-26.5	-39.3	29	0.32	270	37	322.0	323.3	322.1
371.0	7882	-29.9	-41.9	30	0.26	275	41	322.9	323.9	323.0
345.0	8392	-33.0	-45.0	29	0.20	270	54	325.5	326.3	325.6
307.0	9211	-37.9	-49.9	27	0.13	262	90	329.7	330.2	329.7
300.0	9370	-39.1	-50.1	30	0.13	260	97	330.1	330.7	330.2
278.0	9885	-43.9	-53.9	32	0.09	253	110	330.5	330.9	330.5
270.0	10079	-45.1	-54.8	33	0.08	250	115	331.6	331.9	331.6
250.0	10590	-48.1	-57.1	35	0.07	250	113	334.4	334.7	334.4
226.0	11247	-52.9	-59.9	42	0.05	254	90	336.9	337.1	336.9
223.0	11333	-53.1	-61.1	37	0.05	255	87	337.9	338.1	337.9
206.0	11847	-49.5	-57.5	39	0.08	255	58	351.2	351.6	351.3
200.0	12040	-49.7	-57.7	38	0.08	255	56	353.9	354.3	353.9
178.0	12802	-50.5	-60.1	31	0.07	265	51	364.6	364.9	364.6