

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Стан атмосферного повітря окремих регіонів України за
даними автоматизованих спостережень

Виконав студент 2 курсу групи МОС- 21
спеціальності 101 – Екологія
Лавров Тихон Валентинович

Керівник д.т.н., професор
Чугай Ангеліна Володимирівна

Рецензент д.геогр.н., професор
Тучковенко Юрій Степанович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.
“ 10 ” жовтня 20 22 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Лаврову Тихону Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Стан атмосферного повітря окремих регіонів України за даними автоматизованих спостережень

Керівник роботи Чугай Ангеліна Володимирівна, д.т.н., професор

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “30” вересня 2022 р. № 166”С”

2. Строк подання студентом роботи 15 листопада 2022 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища, Екологічних паспортів в окремих регіонах України, дані автоматизованих спостережень за забрудненням атмосферного повітря у 2021 р.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Характеристика системи моніторингу забруднення атмосферного повітря в Україні

2) Оцінка стану повітряного басейну за даними автоматизованих спостережень в окремих регіонах України

3) Розробка програми обробки даних автоматизованих спостережень

4) Апробація програми обробки даних на прикладі Львівської області

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- 1) Розташування автоматизованих ПСЗ в Одеській області (1 рис.).
 - 2) Мапи сайту SaveEcoBot (3 рис.).
 - 3) Мапа якості повітря на сайті EcoCity (1 рис.).
 - 4) Станція моніторингу якості повітря SaveEcoSensor (1 рис.).
 - 5) Вміст ЗР у повітряному басейні Київської області у 2021 р. (13 рис.).
 - 6) Вміст ЗР у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р. (13 рис.).
 - 7) Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ (м. Дніпро, 2021 р.) (1 рис.).
 - 8) Вміст ЗР у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.) (5 рис.).
 - 9) Структура програми SaveEcoBotParser (14 рис.).
 - 10) Вміст ЗР у повітряному басейні Львівської області у 2021 р. (8 рис.).
 - 11) Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ (м. Львів, 2021 р.) (1 рис.).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Система моніторингу атмосферного повітря в Україні. Особливості функціонування автоматизованих систем	10.10.22-16.10.22	100	5 (відм.)
2.	Оцінка якості атмосферного повітря за даними автоматизованих спостережень в окремих регіонах України	17.10.22-24.10.22	100	5 (відм.)
3.	Розробка програми обробки результатів автоматизованих спостережень	25.10.22-31.10.22	100	5 (відм.)
	<i>Рубіжна атестація</i>	01.11.22-05.11.22	100	5 (відм.)
4.	Оцінка стану повітряного басейну Львівської області із застосуванням програми обробки результатів автоматизованих спостережень	06.11.22-10.11.22	100	5 (відм.)
5.	Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра	11.11.22-14.11.22	100	5 (відм.)
6.	Передача роботи керівнику на перевірку і підпис. Оформлення остаточної електронної версії роботи та проходження процедури на встановлення ступеня оригінальності і відсутності ознак плагіату. Складення керівником протоколу перевірки та висновку. Підготовка презентаційного матеріалу та доповіді до публічного захисту. Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії.	15.11.22-20.11.22	-	-
7.	Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту та подання. Рецензування роботи.	21.11.22-30.11.22	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		100,0	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лавров Т.В.

(прізвище та ініціали)

Чугай А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лавров Т.В. Стан атмосферного повітря окремих регіонів України за даними автоматизованих спостережень.

Для більш повної інформації щодо якісних характеристик повітряного басейну на протязі останніх років впроваджуються автоматизовані системи спостережень. До таких систем відносяться і системи громадського моніторингу. Питання аналізу даних автоматизованих спостережень є важливими, оскільки офіційні дані щодо вмісту окремих забруднюючих речовин переважно містять результати спостережень на мережі стаціонарних пунктів. Але вказана мережа є у свої більшості застарілою і потребує переоснащення. Все це вказує на актуальність виконаного дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є аналіз функціонування автоматизованих систем моніторингу забруднення атмосферного повітря в окремих регіонах України.

Об'єктом дослідження є забруднення повітряного басейну окремих регіонів України, предметом дослідження – системи автоматизованих спостережень за станом атмосферного повітря в Україні.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища, Екологічних паспортів в окремих регіонах України, дані автоматизованих спостережень за забрудненням атмосферного повітря.

З метою оцінки стану повітряного басейну в Україні в системі громадського моніторингу застосовуються такі додатки як SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro. На початок військових дій дані передавало 296 станцій EcoCity. Станом на 6 вересня 2022 р. ця цифра складає 236 станцій.

У Київській області спостереження проводяться на автоматизованих пунктах у 15 містах. Аналіз за 2021 р. показав, що на протязі року відзначались

окремі випадки перевищення $ГДК_{сд}$ за вміст SO_2 і NO_2 . Суттєві перевищення нормативів відзначались за вмістом O_3 .

На території Дніпропетровської області встановлено 11 стаціонарних автоматизованих пунктів. Перевищення нормативів на протязі 2021 р. відзначалось за вмістом NO_2 , O_3 , NH_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10} . Порівняння даних автоматизованих спостережень зі стаціонарними на прикладі м. Дніпро показало, що у більшості випадків концентрації забруднюючих речовин, визначені на стаціонарних ПСЗ, значно вище, ніж відповідні дані, отримані шляхом автоматизованих спостережень.

Аналіз забруднення атмосферного повітря в Одеській області показав, що перевищення нормативів відзначались для NO_2 , SO_2 , $PM_{2,5}$.

Розроблено програму `PublicMonitoringParser`, що дозволяє перетворювати численні дані з сайту громадського моніторингу `SaveEcoBot.com` на середньомісячні концентрації забруднюючих речовин, які є більш зручними для подальшої обробки. Так, за даними сайту `SaveEcoBot.com` із застосуванням розробленої програми для Львівської області визначено, що перевищення $ГДК_{сд}$ відзначались за вмістом NO_2 , SO_2 , NH_3 . Порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих пунктах, показало, що лише за вмістом NO_2 результати є порівняними.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань і додатків. Обсяг роботи складає 82 с., в т.ч. 63 рис. і 25 літературних джерел.

Ключові слова: пункт спостережень, автоматизовані пункти, забруднююча речовина, громадський моніторинг.

SUMMARY

Lavrov T. The Status of the Atmospheric Air in Particular Regions of Ukraine According to the Data of Automated Observations.

In recent years automated observation systems have been introduced for more complete information on the quality characteristics of the air basin. Such systems include public monitoring systems. The analysis of automated observation data is important, since official data on the content of certain pollutants mainly contain the results of observations at a network of stationary points. But this network is mostly outdated and needs to be re-equipped. All this indicates the relevance of the study.

The purpose of the master's qualification work is to analyze the functioning of automated air pollution monitoring systems in certain regions of Ukraine.

The object of research is the pollution of the air basin in certain regions of Ukraine, the subject of research is the systems of automated air quality monitoring in Ukraine.

The data of literary sources, as well as materials of Regional reports on the state of the environment, Ecological passports in some regions of Ukraine, data of automated air quality observations are used as initial data. In order to assess the air quality in Ukraine, the public monitoring system uses such applications as SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro. At the beginning of military actions, 296 EcoCity stations transmitted data. As of September 6, 2022, this figure is 236 stations.

In the Kyiv region, observations are carried out at automated stations in 15 cities. The analysis for 2021 showed that during this year there were some cases of exceeding the *MPCs* for SO_2 and NO_2 . Significant exceedances of the standards were noted for the content of O_3 .

In the territory of Dnipropetrovsk region there are 11 stationary automated points. Exceedance of the standards during 2021 was noted for NO_2 , O_3 , NH_3 , $PM_{2.5}$ and PM_{10} . Comparison of automated observation data with stationary observations

on the example of Dnipro city showed that in most cases, the concentrations of pollutants determined at stationary stations are significantly higher than the corresponding data obtained by automated observations.

Analysis of air pollution in the Odesa region showed that exceedances of the standards were observed for NO_2 , SO_2 , $PM_{2.5}$.

The PublicMonitoringParser application was developed, which allows converting numerous data from the public monitoring site SaveEcoBot.com into average monthly concentrations of pollutants, which are more convenient for further processing. Thus, according to the data of the site SavEecoBot.com, using the developed program for the Lviv region, it was determined that the exceedance of *MPCs* was observed for NO_2 , SO_2 , NH_3 . Comparison of the data obtained at stationary and automated stations showed that only the NO_2 content results are comparable.

The work consists of introduction, 3 main chapters, conclusion, list of references and appendices. The volume of work is 82 pages, including 63 figures and 25 references.

Key words: observation point, automated points, pollutant, public monitoring.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП	11
1 ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ	13
1.1 Характеристика системи автоматизованого моніторингу в Україні	16
1.2 Системи автоматизованого моніторингу в окремих регіонах України	18
1.3 Громадський моніторинг	24
1.4 Моніторинг довкілля в умовах війни	28
2 СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ В ОКРЕМИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	31
2.1 Київська область	31
2.2 Дніпропетровська область	39
2.3 Одеська область	48
3 ПРОГРАМА ОБРОБКИ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ PUBLICMONITORINGPARSER	53
3.1 Опис технологій, які використовувались	53
3.2 Опис програми PublicMonitoringParser для перетворення даних з сайту SaveEcoBot.com	57
3.3 Повний цикл роботи програми PublicMonitoringParser	62
3.4 Оцінка якості повітряного басейну у Львівській області	66
ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76
ДОДАТКИ	79

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АСЕМА – автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря

БД – база даних

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ГДК – гранично допустима концентрація

ГО – громадське об'єднання

ЄС – Європейський союз

ЗР – забруднююча речовина

ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

ППС – первинні пункти спостережень

ПСЗ – пункт спостережень за забрудненням атмосфери

СЗЗ – санітарно-захисна зона

ЦП – центральний пульт

ВСТУП

Стан і якість атмосферного повітря є в окремих регіонах України характеризується незадовільними показниками, що негативно впливає на здоров'я населення. Для більш повної інформації щодо якісних характеристик повітряного басейну на протязі останніх років впроваджуються автоматизовані системи спостережень, які працюють у безперервному режимі і дозволяють отримати інформацію у будь-який момент часу. До таких систем відносяться і системи громадського моніторингу. Питання аналізу даних автоматизованих спостережень є важливими, оскільки офіційні дані щодо вмісту окремих забруднюючих речовин переважно містять результати спостережень на мережі стаціонарних пунктів. Але вказана мережа є у свої більшості застарілою і потребує переоснащення. Все це вказує на актуальність виконаного дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є аналіз функціонування автоматизованих систем моніторингу забруднення атмосферного повітря в окремих регіонах України.

Об'єктом дослідження є забруднення повітряного басейну окремих регіонів України, предметом дослідження – системи автоматизованих спостережень за станом атмосферного повітря в Україні.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища, Екологічних паспортів в окремих регіонах України, дані автоматизованих спостережень за забрудненням атмосферного повітря.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- охарактеризувати систему моніторингу атмосферного повітря в Україні з урахуванням функціонування автоматизованих систем;

- виконати аналіз стану повітряного басейну за даними автоматизованого моніторингу в окремих регіонах України;
- виконати порівняльний аналіз результатів спостережень за даними стаціонарних і автоматизованих пунктів;
- розробити програму обробки даних автоматизованих спостережень системи громадського моніторингу в Україні.

Новизна отриманих результатів полягає у розробці програми обробки даних автоматизованих спостережень системи громадського моніторингу в Україні з сайту SaveEcoBot.com.

Тематика роботи є складовою частиною НДР кафедри екології та охорони довкілля «Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів Північно-Західного Причорномор'я».

Робота апробована на декількох конференціях різного рівня, в т.ч.:

- VIII Міжнародний з'їзд екологів (Екологія / Ecology – 2021) (Вінниця, ВНТУ, вересень 2021 р.);
- I етап Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Екологія» (Одеса, ОДЕКУ, листопад 2021 – 2022 рр.);
- II і III Міжнародні науково-практичні конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» (Полтава, НУ «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», грудень 2021 – 2022 рр.);
- XXI наукова конференція молодих вчених Одеського державного екологічного університету (Одеса, ОДЕКУ, травень 2022 р.);
- Міжнародна наукова конференція за участю молодих науковців «Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування» (Одеса, ОДЕКУ, вересень 2022 р.).

За темою роботи підготовлено і опубліковано 6 наукових праць (1 стаття у фаховому виданні, матеріали і тези доповідей), а також подано заявку на отримання патенту на корисну модель.

1 ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

Як відомо, забруднення атмосфери – це зміни її газового складу в результаті надходження певних домішок. Аналіз забруднення повітря є чи не найскладнішим завданням аналітичної хімії, оскільки повітря є рухомою системою, склад якої постійно змінюється, а одна проба може містити десятки і сотні органічних та неорганічних сполук.

Забруднення атмосфери викликає такі глобальні проблеми як потепління клімату (парниковий ефект), кислотні дощі, руйнування озонового шару, опустелювання та ін.

В результаті антропогенної діяльності здійснюється штучне забруднення, в результаті чого значно змінюється склад атмосферного повітря. За особливостями будови і впливу розрізняють 2 основні види антропогенних забруднень:

- механічні – викиди цементних заводів, дим, сажа та ін.;
- хімічні – газоподібні речовини, здатні вступати в реакції з компонентами повітря, наприклад CO , CO_2 , SO_2 , NO_x . При цьому в антропогенному забрудненні атмосфери значну роль відіграють виробничі та побутові процеси.

Основними джерелами антропогенного забруднення атмосфери в Україні та більшості країн світу є:

- об'єкти теплоенергетики (теплові електростанції, топки котелень та будівель);
- промислові підприємства (чорної, кольорової металургії, хімічної промисловості, машинобудування, об'єкти видобутку і переробки природних копалин);
- транспорт (переважно автотранспорт);

- підприємства агропромислового комплексу (тваринницькі комплекси, рілля і рослинництво, консервні заводи тощо);
- будівельні майданчики.

Глобальні та регіональні системи спостережень і контролю за забрудненням атмосферного повітря в розвинених країнах організовані відповідно до рекомендацій ООН. Ці рекомендації були розроблені в 70-ті роки ХХ ст. Перелік забруднюючих речовин (ЗР), за якими слід проводити контроль, кожна країна визначає самостійно.

В Україні спостереження за забрудненням атмосфери здійснюються з початку 60-х років ХХ ст. Організація моніторингу передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як у самій атмосфері, так і в системі «атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера».

З цією метою необхідними є такі відомості:

1. Інформація про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням економічного розвитку регіону).
2. Характеристика забруднюючих речовин (токсичність, фізико-хімічні властивості).
3. Гідрометеорологічні дані.
4. Результати попередніх досліджень (ретроспективний аналіз).
5. Дані про забруднення атмосфери в інших районах, регіонах і країнах [1].

Моніторинг забруднення атмосферного повітря також передбачає контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків домішок на великі відстані від місця викиду.

На даний час діюча в Україні мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря охоплює пости ручного відбору проб повітря (стаціонарні пункти спостережень (ПСЗ)) та автоматизовані системи спостережень та контролю. Зі стаціонарних ПСЗ проби для аналізу передають в хімічні лабораторії.

Пункт спостережень може надавати інформацію про загальний стан повітряного басейну (якщо він знаходиться поза зоною впливу окремих

джерел викидів) і контролювати джерела викидів (якщо він перебуває в зоні впливу джерел викидів). При їх розміщенні пріоритетними є житлові райони з найбільшою щільністю населення, де можливе перевищення встановлених порогових значень нормативів якості атмосферного повітря. Загалом робота стаціонарних ПСЗ повинна відповідати таким умовам:

- обов'язковість відображення загального стану повітряного басейну і контроль за джерелами викиду;
- необхідність здійснення спостережень за всіма домішками, концентрації яких перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК);
- обов'язковість визначення основних ЗР (пил, CO , SO_2 , NO_2).

Також використовуються ще 2 типи ПСЗ: маршрутні і підфакельні.

Маршрутні ПСЗ призначені для регулярного відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості за допомогою спеціально обладнаної автолабораторії. Маршрут щомісячно змінюється з таким розрахунком, щоб відбір проб повітря у кожному пункті проводився в різний час доби. Розміщення маршрутних постів повинно бути таким, щоб виявляти максимальні концентрації ЗР, які формуються джерелом викиду. Визначаючи місця відбору проб, приймають до уваги висоту джерела викиду і максимально можливу зону забруднення ним атмосферного повітря.

Підфакельний (пересувний) ПСЗ використовується для відбору проб під димовим факелом джерела викидів з метою виявлення зони його впливу. Точки відбору проб обирають з урахуванням закономірностей поширення ЗР в атмосфері. Проби відбирають за переважним напрямком вітру на різних відстанях (від 0,2 до 20 км) від джерела забруднення. Допоміжні точки встановлюють у зоні формування максимальної концентрації, на межі санітарної захисної зони (СЗЗ), на відстані 200 м від СЗЗ [2].

1.1 Характеристика системи автоматизованого моніторингу в Україні

Автоматизовані системи спостереження і контролю атмосферного повітря (АСКНС-АГ) призначені для постійного контролю за змінними у часі та просторі характеристиками забруднення і метеорологічними параметрами повітряного простору. Залежно від характеру та об'єму робіт їх поділяють на декілька типів.

1. Промислові системи. Вони контролюють викиди промислових підприємств, ступінь забруднення промислових майданчиків і прилеглих до них територій. Оснащені датчиками для фіксування характерних інгредієнтів викидів підприємств, а також метеодатчиками, які розміщують з урахуванням шкідливості викидів, рози вітрів, особливостей розміщення житлових масивів. Такі системи, як правило, функціонують у структурі підприємств;

2. Міські системи. Їх призначено для контролювання рівня забруднення повітря міста викидами підприємств, транспорту, для вимірювання метеопараметрів. Завдяки їх функціонуванню встановлюють розмір забруднення територій з урахуванням сезону року і кліматичних факторів, параметри і частку кожного джерела забруднення, прогнозують небезпечність ситуації. Системи формуються з двох рівнів.

На I рівні здійснюють вимірювання концентрацій ЗР і деяких метеопараметрів, перетворення вимірних значень фізичних величин, реєстрацію цих значень на машинних носіях, формування повідомлень і збереження інформації. На цьому рівні типові автоматичні станції визначають основні ЗР: CO ($0 - 160$ мг/м³); SO_2 ($0 - 5$ мг/м³); NO_2 , NO та суму NO_x ($0 - 7,5$ мг/м³); суму вуглеводнів за винятком метану ($0 - 45$ мг/м³); O_3 ($0 - 0,15$ мг/м³); метеопараметри (швидкість, напрямок вітру, температуру повітря). Завершується перший рівень передачею даних в центр обробки інформації.

На II рівні інформація надходить від пересувних ПСЗ, стаціонарних газоаналітичних лабораторій. На цьому рівні обробляють результати, прогнозують небезпечні ситуації, розраховують необхідні результати і передають споживачам.

Міська система автоматичного спостереження і центр обробки даних забезпечують систематичне вимірювання заданих параметрів, автоматичний збір інформації з автоматизованих станцій, збирання інформації від неавтоматизованих ланок спостереження, оперативне оцінювання ситуації, короткостроковий прогноз.

Аналіз даних про концентрацію домішок триває не менше 20 – 30 хв., що відповідає терміну відбору проб в поглинальні прилади.

Видавання автоматизованою системою інформації може тривати від кількох хвилин до кількох годин.

У міську систему включені промислові автоматизовані підсистеми.

3. Регіональні системи. Переважно вони не мають своїх ПСЗ, а отримують інформацію з міських і промислових систем. Призначені для статистичної обробки і аналізу даних про забруднення навколишнього природного середовища на значних територіях, на базі яких проводять дослідження та прогнозування, розробляють науково обґрунтовані рекомендації щодо його охорони.

4. Загальнодержавні системи. Вони отримують відомості про забруднення і стан атмосферного повітря від регіональних систем, супутників Землі та космічних орбітальних станцій.

5. Глобальні системи. Їх використовують для досліджень атмосферних змін на основі міжнародних спостережень.

Автоматизовані системи спостереження і контролю атмосферного повітря різних типів обов'язково оснащені автоматичними системами відбору проб та приладами автоматичного визначення ЗР (газоаналізаторами) [3].

1.2 Системи автоматизованого моніторингу в окремих регіонах України

Системи автоматизованого моніторингу в останні роки досить часто застосовуються для оцінки стану атмосферного повітря в регіонах України. Наведемо коротку характеристику деяких з них.

Департаментом екології та природних ресурсів Київської ОДА проводяться спостереження за станом атмосферного повітря Київської області за допомогою 16 ПСЗ автоматизованої системи моніторингу атмосферного повітря. Вони здійснюють вимірювання і передачу в автоматичному режимі даних про метеорологічний стан навколишнього середовища (температура та вологість повітря, атмосферний тиск, кількість опадів, швидкість та напрям вітру, тощо), потужність еквівалентної дози гамма- і рентгенівського випромінювання, а також даних про концентрацію ЗР в атмосферному повітрі, а саме:

- CO , SO_2 , NO_2 вимірюють пункти, встановлені у мм. Васильків, Бориспіль, Богуслав і Вишгород;
- CO , SO_2 , NO_2 , NH_3 , O_3 , H_2S та пил вимірюють пункти, встановлені у мм. Узин, Кагарлик і смт. Велика Димерка Броварського району;
- CO , SO_2 , NO_2 , NO , O_3 , H_2S та пил вимірюють пости, встановлені у мм. Ірпінь, Вишневе, Боярка, Обухів, Переяслав-Хмельницький і смт. Іванків;
- CO , SO_2 , NO_2 , NO , NH_3 , H_2S та пил вимірюють пости, встановлені у мм. Біла Церква, Бровари і с. Підгірці Обухівського району.

Центральною геофізичною обсерваторією ім. Б. Срезневського також проводяться спостереження за станом забруднення атмосферного повітря на двох ПСЗ м. Біла Церква і на ПСЗ в мм. Бровари, Обухів, Українка. Визначаються вміст чотирьох основних домішок (завислі речовини, CO , SO_2 , NO_2).

Нижче представлено перелік автоматизованих ПСЗ Департаменту екології та природних ресурсів Київської ОДА:

- Пост № 1 – м. Васильків, вул. Гоголя, 32;
- Пост № 2 – м. Бориспіль, вул. Київський Шлях, 72;
- Пост № 3 – м. Богуслав, вул. Польова, 40;
- Пост № 4 – м. Вишгород, вул. Київська, 10Б;
- Пост № 5 – м. Узин, вул. Смиренка, 6;
- Пост № 6 – смт. Велика Димерка, вул. Соборна, 15;
- Пост № 7 – смт. Іванків, вул. Івана Проскури, 1;
- Пост № 8 – м. Переяслав, вул. Б. Хмельницького, 107;
- Пост № 9 – м. Ірпінь, вул. Девченка, 2-А;
- Пост № 10 – м. Вишневе, вул. Зелена, 2;
- Пост № 11 – м. Боярка, вул. Соборності, 49;
- Пост № 12 – м. Обухів, вул. Київська, 117;
- Пост № 13 – м. Кагарлик, пл. Незалежності, 1;
- Пост № 14 – м. Бровари, Парк Перемоги;
- Пост № 15 – м. Біла Церква, вул. Андрея Шептицького, 2;
- Пост № 16 – с. Підгірці, вул. Васильківська, 39 [4].

У рамках виконання «Програми охорони навколишнього природного середовища в м. Бровари Київської області на 2019 – 2020 рік» була розроблена і впроваджена автоматизована система екологічного моніторингу атмосферного повітря (АСЕМА). Замовник роботи – Управління інспекції та контролю Броварської міської ради Київської області. Вперше в Україні був реалізований проект зі здійснення автоматизованого екологічного моніторингу атмосферного повітря малого міста.

Система складається з трьох рівнів:

- перший рівень – первинні пункти спостереження (ППС) за станом атмосферного повітря;
- другий рівень – центральний пульт (сервер) з робочим місцем оператора;
- третій рівень – ПК користувача із забезпеченням відкритого online

доступу до екологічної інформації про стан забруднення атмосферного повітря.

Перший рівень АСЕМА в м. Бровари складається з сімох компактних станцій спостереження «Атмосфера-20-К», які встановлені в місцях, наближених до межі санітарної зони промислового кластера міста з урахуванням впливу викидів автомобільного транспорту, а також рівномірно у житлових зонах, на території школи, дитячих садочків, лікарні. В кожному ППС розміщується стаціонарний газоаналізатор 604EX20-С, що забезпечує вимірювання концентрацій CO , NO , NO_2 і SO_2 , приймально-передавальне обладнання зі спеціалізованим програмним забезпеченням (ПЗ), засоби підтримки мікроклімату всередині ППС і забезпечення штатного функціонування обладнання. ППС1 додатково оснащений метеостанцією для вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску навколишнього повітря, напрямку і швидкості вітру. ППС 2 і ППС 2 оснащені датчиками напрямку і швидкості вітру. Перший рівень також включає переносний багатокомпонентний газоаналізатор 604EX20-П, що дозволяє здійснювати оперативний контроль стану забруднення атмосферного повітря на територіях, що розташовані між ППС, при повсякденній діяльності, аварійних ситуаціях чи техногенних катастрофах.

Другий рівень АСЕМА складається з центрального пульта (ЦП) у складі центрального ПК (сервер) із завантаженим спеціалізованим ПЗ «ГАЗАТ-АСЕМА», засобами візуалізації інформації (принтер, монітор), мережею інтернет. ЦП розташований на значній відстані від ППС, а саме в приміщенні Броварської міської ради. Бездротовий зв'язок між ППС і ЦП (тобто між першим і другим рівнями) здійснюється за допомогою GSM-технології. База даних (БД) вимірювальної інформації формується і зберігається у центральному ПК. ПЗ «ГАЗАТ-АСЕМА» забезпечує виконання таких функцій, як прийом інформації від кожного ППС, що входять до складу системи, формування і зберігання на жорсткому диску центрального ПК бази даних, відображення вимірюваної інформації на моніторі центрального ПК у

вигляді інформаційних блоків, таблиць і графіків, розрахунок середніх за одну годину, середніх за 8 год., середньодобових, середньомісячних, середньорічних значень вимірюваних концентрацій, перевищень над *ГДК* з повідомленням на моніторі ПК, роздруківку результатів вимірювання на принтері, надає можливість дистанційного доступу до ПЗ «ГАЗАТ-АСЕМА» за спеціальним паролем оператора сервісного центру з обслуговування системи для оперативної оцінки технічного стану обладнання і усунення (за потреби) технічних несправностей, системному адміністратору Замовника для налаштування елементів ПЗ, створення груп нових користувачів.

Третій рівень, тобто сторінка відкритого доступу до екологічної інформації про стан забруднення атмосферного повітря в м. Бровари, розміщується на сайті ecobrovary.com [5].

Департамент екології Дніпропетровської ОДА проводить моніторинг за станом атмосферного повітря в області за допомогою 11 автоматизованих стаціонарних станцій аналізу якості повітря (серія «Ефір 2») КП «Центр екологічного моніторингу» Дніпропетровської обласної ради». Вони були введені в промислову експлуатацію в грудні 2018 і 2019 рр.

Стаціонарна станція серії «Ефір 2» обладнана сертифікованими приладами для вимірювання забруднення, до складу якої входять: газоаналізатор «GA-100» модифікація $SO_2/NO_2/CO$; газоаналізатор «GA-100» модифікація $H_2S/O_3/NH_3$; вимірювач масової концентрації аерозольних часток «PM-100»; блок детектування гамма-випромінення БДБГ-09 С; ультразвукова метеостанція «МС-650» (Lufft-WS700).

Вимірюються такі параметри: концентрації NO_2 , CO , SO_2 , O_3 , H_2S , NH_3 , дрібнодисперсного пилу (PM_{10} і $PM_{2.5}$); потужність амбієнтного еквівалента дози γ -випромінення; відносна вологість; напрямок і швидкість вітру; атмосферний тиск; температура повітря; сонячна радіація (на деяких станціях додатково вимірюються інтенсивність, кількість і тип опадів). Вимірювання відбувається в автоматизованому режимі з фіксацією показників у базу даних кожну хвилину.

Стационарні станції серії «Ефір 2» розташовані за адресами:

- «Ефір 2.1» – м. Дніпро, просп. Свободи, 74;
- «Ефір 2.2» – м. Дніпро, вул. Батумська, 20а;
- «Ефір 2.3» – м. Дніпро, вул. Космонавта Волкова, 11а;
- «Ефір 2.4» – м. Нікополь, вул. Гагаріна, 161;
- «Ефір 2.5» – м. Павлоград, вул. Кільцева, 8;
- «Ефір 2.6» – м. Покров, вул. І. Малки, 15;
- «Ефір 2.7» – м. Покров, вул. Чіатурська, 6;
- «Ефір 2.8» – м. Жовті Води, вул. Шевченка, 12;
- «Ефір 2.9» – м. Зеленодольськ, вул. Рибалка, 7;
- «Ефір 2.10» – м. Кам'янське, вул. Аношкіна, 121;
- «Ефір 2.11» – м. Кам'янське, вул. Освітня, 29 [6].

У м. Кривий Ріг автоматизована система моніторингу за якістю атмосферного повітря функціонує з 2012 р. Усі прилади на ПСЗ сертифіковані та щороку проходять державну метрологічну повірку. Щомісячно проводиться їх технічне обслуговування. Міська автоматизована система постійно модернізувалася і удосконалювалася. Так, протягом 2018 – 2019 рр.:

- придбано новий ПСЗ, який встановлено по вул. Нікопольське шосе в зоні впливу виробничої діяльності підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг»;
- пост № 3 і № 4 дообладнано метеостанціями;
- усі міські ПСЗ дообладнані пиломірами, пост № 3 газоаналізатором для визначення озону та етану.

В останній час моніторинг здійснювався за 9 ЗР (NO_2 , NO , CO , H_2S , SO_2 , NH_3 , пил, O_3 та C_2H_6). Реалізація вказаних заходів дозволила розширити мережу моніторингу за станом атмосферного повітря міста і перелік ЗР, за якими здійснюються спостереження.

Загалом у місті функціонують 28 ПСЗ, з яких 5 – міські та 23 пости промислових підприємств.

Кривий Ріг – одне із перших міст у Дніпропетровській області, яке забезпечило висвітлення даних про якість повітря у режимі реального часу. Усі дані про якість атмосферного повітря міста є відкритими для мешканців і з 2016 р. висвітлюються у модулі «Екомоніторинг» на офіційному вебпорталі міста «Криворізький ресурсний центр».

На теперішній час у модулі висвітлюються дані з 18 автоматизованих ПСЗ, 5 з яких міські та 13 промислових підприємств.

На виконання вимог постанови Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» Управління екології у м. Кривий Ріг визначено органом управління якістю атмосферного повітря.

На теперішній час у рамках реалізації постанови створено комісією, до складу якої входять науковці, громадськість, представники промислових підприємств. У 2019 р. створено аналітичний відділ показників атмосферного повітря в структурі комунального підприємства «Інститут розвитку міста Кривого Рогу» Криворізької міської ради», який здійснює накопичення, збереження оброблення та узагальнення інформації про стан повітря міста та її щомісячне відображення у форматі «Екологічного дайджесту».

Аналізуються усі показники, що надходять з автоматичних ПСЗ, як міських, так і постів підприємств, а також дані Лабораторії спостереження за станом атмосферного повітря м. Кривий Ріг Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології [7].

Також в м. Одеса і одеській області на даний час ведуться спостереження за якістю атмосферного повітря в автоматизованому режимі. Стосовно міста, то такі спостереження здійснюються на ПСЗ, встановленому на території ОДЕКУ (вул. Львівська, 15). Спостереження виконуються за допомогою перетворювача якості повітря Vaisala AQT420, який є приладом для вимірювання певних ЗР в атмосферному повітрі. Детальний опис приладу наведено у [8]. Результати вимірювань розміщуються на офіційному сайті ОДЕКУ, а також сторінці Науково-експертного центру моніторингу

навколишнього середовища у складі науково-дослідної частини ОДЕКУ у мережі Facebook [9].

В Одеській області ПСЗ розташовані у смт. Нові Біляри і смт. Олександрівка (рис. 1.1). Результати вимірювань у поточному режимі розміщуються на сайті Департаменту екології та природних ресурсів Одеської ОДА.

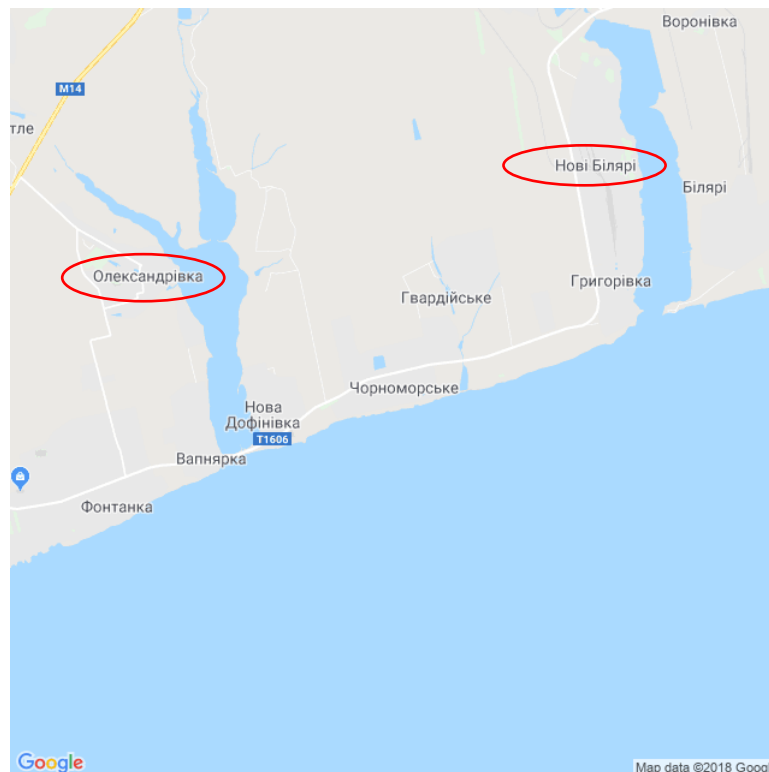


Рисунок 1.1 – Розташування автоматизованих ПСЗ в Одеській області [10]

1.3 Громадський моніторинг

Громадський екологічний моніторинг – це долучення окремих громадян або громадських організацій до спостережень за станом навколишнього природного середовища. В Україні громадський моніторинг розвивається дуже стрімко останні декілька років. Яскравими прикладами є такі організації як:

1. SaveEcoBot – телеграм бот, який допомагає активній громадськості впливати на забруднювачів, стежити за якістю повітря, контролювати екоподатки, дозвільні документи та перевірки, створювати скарги на забруднення, а також сайт, що об'єднує майже всі станції громадського моніторингу країни і надає актуальну інформацію в режимі реального часу щодо стану довкілля майже у всіх областях України. Для цього на сайті є мапа якості повітря (рис. 1.2), на якій можна обрати будь-який пост і переглянути індекс забруднення атмосфери на даний час. Також на сайті доступні мапи радіаційного фону (рис. 1.3) і пожеж (рис. 1.4), які також надають актуальну інформацію кожного дня.
2. EcoCity – розповідає українцям про стан забруднення повітря у містах та дозволяє аналізувати ці дані. У 2018 р. за підтримки гранту від компанії Urban Space в Івано-Франківську з'явилися 5 перших автоматизованих станцій моніторингу. Всі дані в режимі онлайн виводилися на карту EcoCity (рис. 1.5) і показували реальні показники якості повітря. Від початку проекту EcoCity виготовили і встановили вже приблизно 500 станцій моніторингу, з яких близько 250 постійно виводять дані у режимі онлайн. Ці станції і зараз збирають дані по всій країні. Дані з сенсорів на станції обробляються платформою Arduino і надсилаються на сервер. Після цього дані виводяться в зручному вигляді на сайті. Наявність таких станцій дозволяє контролювати забрудненість у містах, а також аналізувати ці дані. Екологи можуть використовувати дані зі станцій для різного роду розрахунків. Також таким чином можна доводити інформацію про стан забрудненості повітря в маси і популяризувати екологічний рух серед населення. Крім того, сервери EcoCity відправляють дані на всесвітню карту моніторингу якості повітря WAQI.info. Цей проект першим вивів Україну на цю мапу. Україна була сірою частиною цієї карти – на ній не було показано жодної станції, яка контролює якість повітря [11].

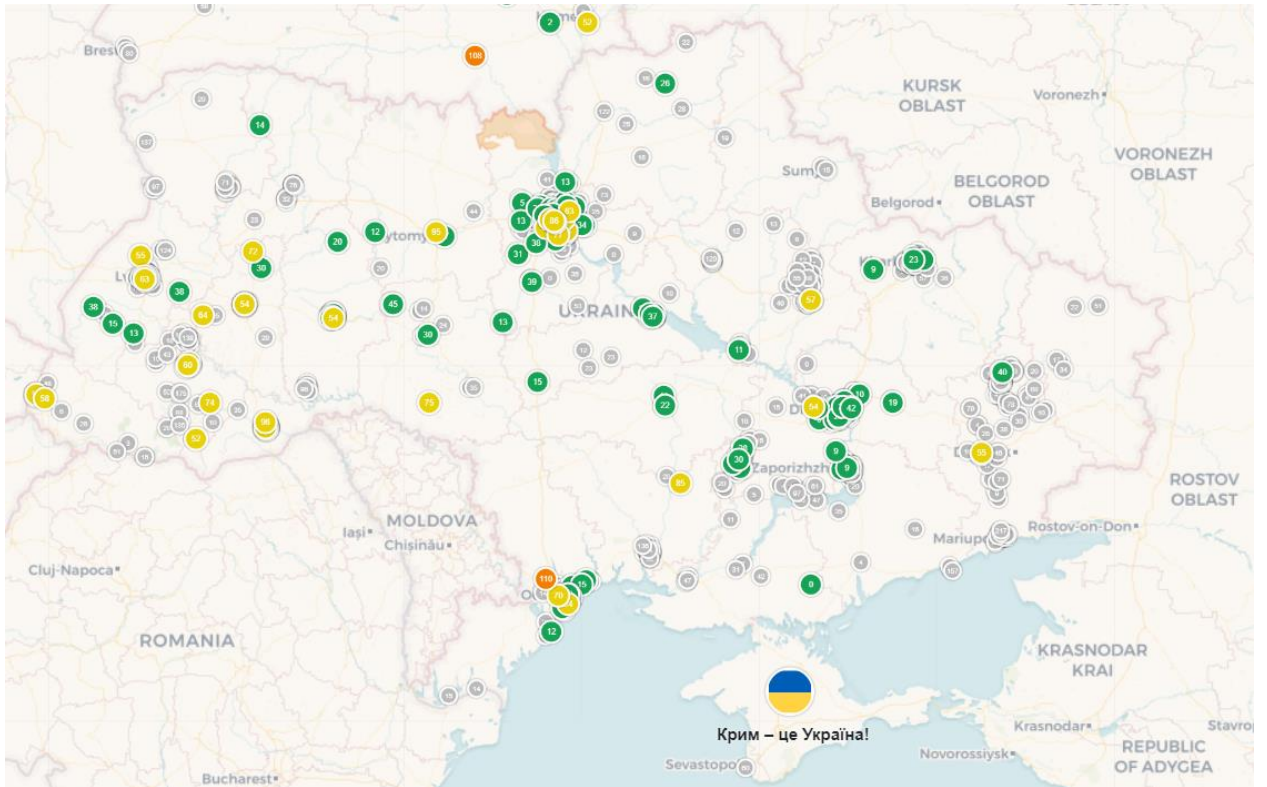


Рисунок 1.2 – Мапа якості повітря на сайті SaveEcoBot

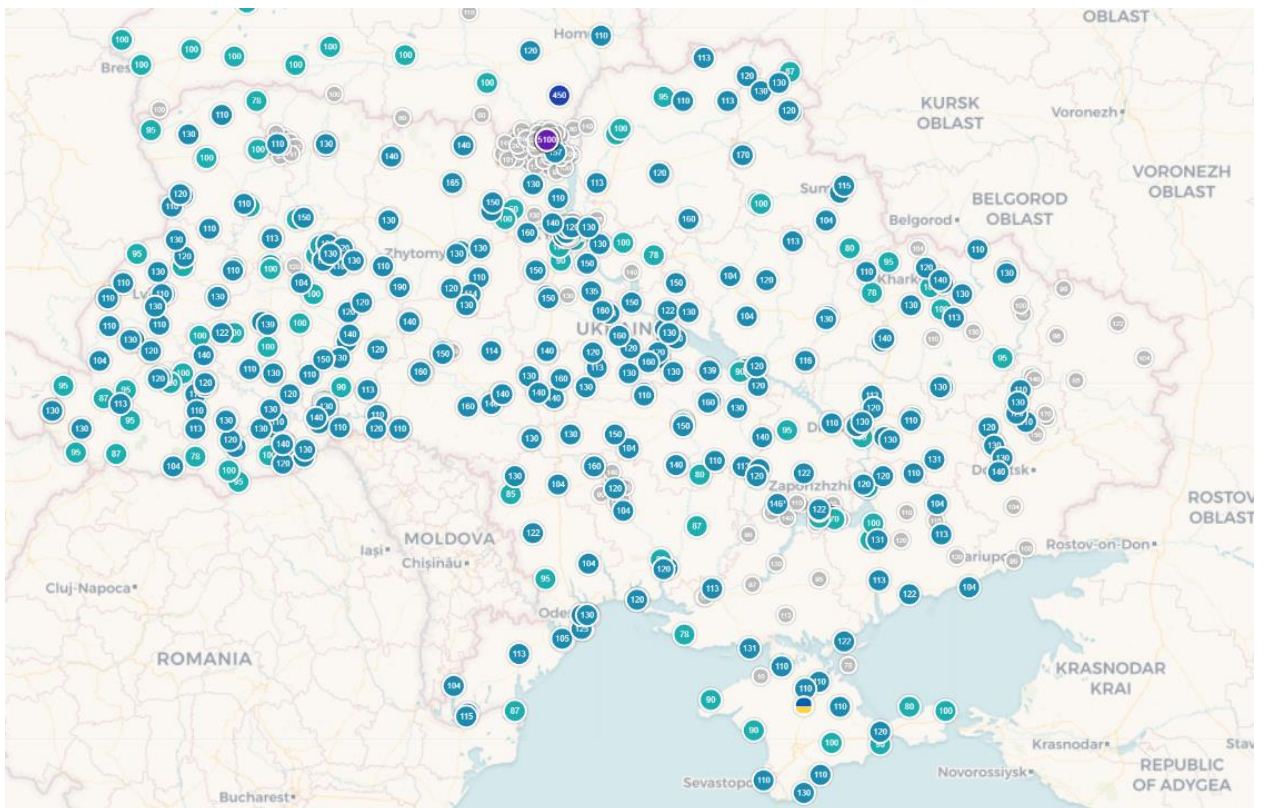


Рисунок 1.3 – Мапа радіаційного фону на сайті SaveEcoBot

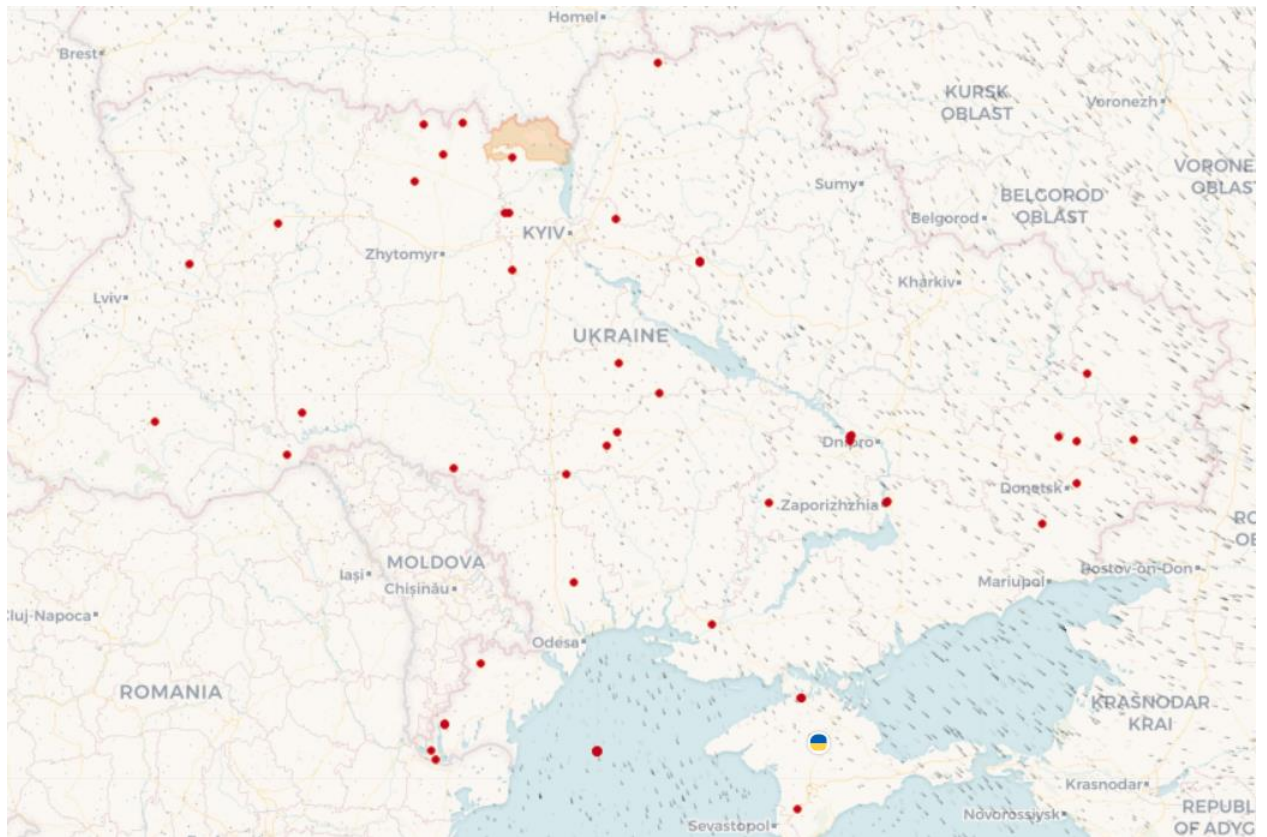


Рисунок 1.4 – Мапа пожеж на сайті SaveEcoBot

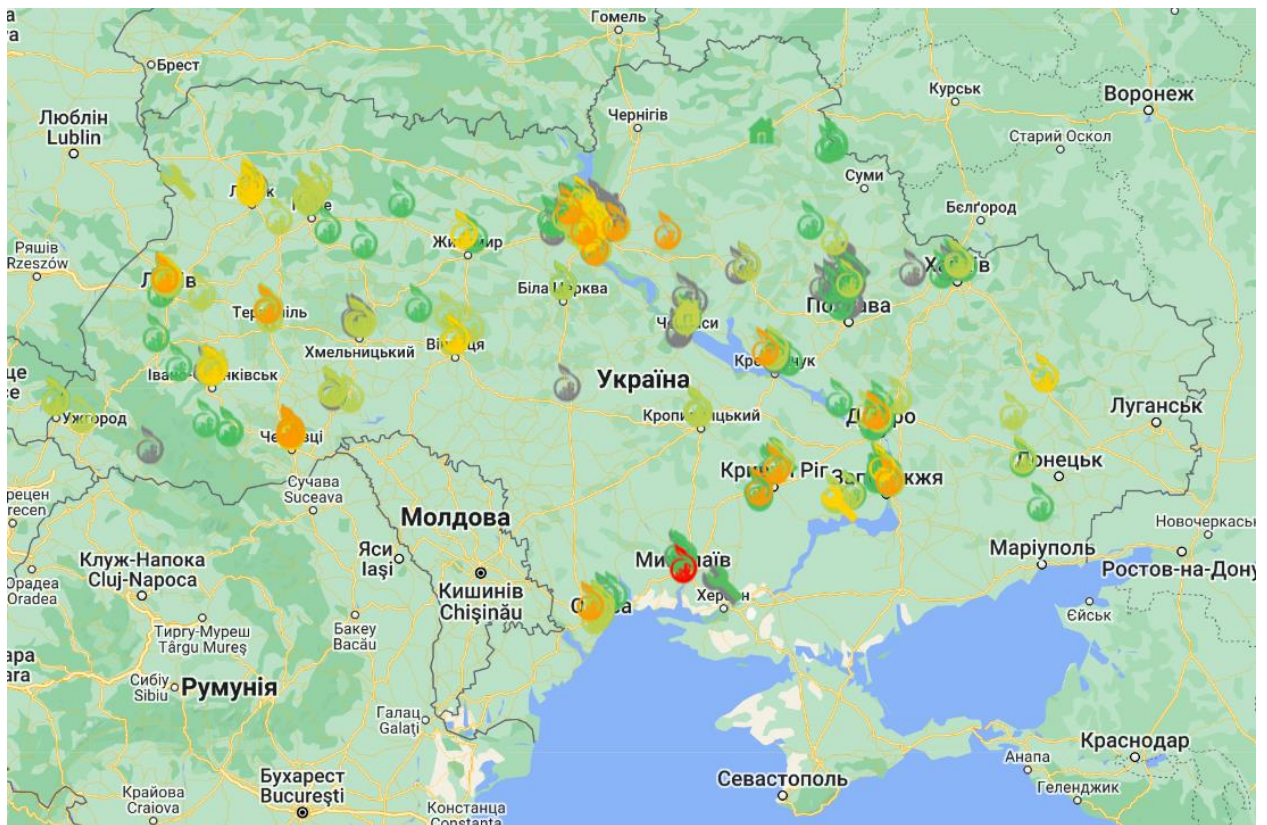


Рисунок 1.5 – Мапа якості повітря на сайті EcoCity [11]

3. SaveDnipro – громадська організація, засновники SaveEcoBot, яка співпрацює з РНБО, Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, Держекоінспекцією та Управлінням екології та природних ресурсів КМДА; розвиває максимально автоматизоване виробництво станцій моніторингу якості повітря SaveEcoSensor (рис. 1.6) [12].



Рисунок 1.6 – Станція моніторингу якості повітря SaveEcoSensor [13]

1.4 Моніторинг довкілля в умовах війни

На круглому столі «Чисте повітря під час миру і війни: моніторинг якості повітря в Україні» представники Програми «ЄС для Довкілля: Водні ресурси та Екологічні дані» рекомендували Міндовкілля для поліпшення моніторингу

екологічних загроз під час війни для відповідності директиві ЄС про якість повітря впроваджувати співпрацю державного та громадського моніторингу. Окремо вітали моніторинг радіаційного фону, який упроваджує мережа EcoCity.

У вітальному слові до учасників заходу заступник Міністра Олександр Краснолуцький акцентував увагу на актуальності порушеної проблеми, підкресливши нові виклики та загрози для України в умовах війни.

Керівник департаменту запобігання промислового забрудненню Вікторія Кіреєва поінформувала про створення нового департаменту запобігання промислового забрудненню Міндовкілля та розробку нових законів про охорону повітря та перенесення забруднення. Вона підкреслила, що у офіційному додатку сервісі «ЕкоЗагроза» є дані як державних, так і громадських постів моніторингу.

Окрім моніторингу дрібнодисперсного пилу $PM_{2.5}$ та PM_{10} станції моніторингу EcoCity (зовнішні, внутрішні та переносні) здатні виявляти у повітрі ще додатково 16 ЗР та вираховувати радіаційний фон. Починаючи з 2019 р. було встановлено 71 станцію моніторингу радіаційного фону. Саме ці станції надають можливість громадськості Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей в режимі онлайн спостерігати за показниками радіаційного фону, в той час як розгортаються воєнні дії навколо Запорізької АЕС.

Зараз українці найбільше переживають через загрозу ядерного удару або хімічної атаки. Тому EcoCity разом з чеськими партнерами ГО «Арніка» була розроблена зовнішня станція Arnika Hazard Monitor. Окрім сенсору пилу $PM_{2.5}$ та PM_{10} , вона обладнана сенсорами радіаційного фону і на вибір хлору, аміаку, фосфіну. Вже 15 таких станцій встановлено в Харківській, Полтавській, Запорізькій області.

Станом на 24 лютого 2022 р. 296 станцій EcoCity передавало дані. Війна внесла свої корективи, багато людей були змушені покинути свої оселі і відключити свої станції. За час війни було втрачено зв'язок з 91 станцією.

Багато станцій працюють і на окупованих територіях. Станом на 6 вересня 2022 р. EcoCity отримували щохвилинні дані з 236 станцій.

Від початку війни було встановлено та активовано тільки 31 станцію, за аналогічний період 2021 р. показник становив 80 станцій.

Представник Програми «ЄС для довкілля: водні ресурси та екологічні дані» Йоханнес Майєр відзначив активну діяльність представників громадянського суспільства в Україні, які займаються моніторингом якості повітря за допомогою сенсорних мереж [14].

2 СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ В ОКРЕМИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

2.1 Київська область

Як зазначалось вище, у Київській області спостереження проводяться на автоматизованих ПСЗ у 15 містах за вмістом 6 ЗР: CO , SO_2 , NO_2 , H_2S , O_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10} . Слід зазначити, що проведення спостережень було обмежено у липні, серпні та грудні, а у жовтні взагалі не проводились.

Було виконано аналіз вмісту окремих ЗР у повітряному басейні області за 2021 р. у просторі і часі за даними [4]. На рис. 2.1 – 2.7 наведено динаміку зміни концентрацій окремих ЗР на протязі року.

Як видно з рис. 2.1, концентрації CO в одиничних випадках перевищували $ГДК_{сд}$. Будь-яких сезонних закономірностей не було виявлено. Проте максимальні концентрації визначились у зимовий і літній періоди.

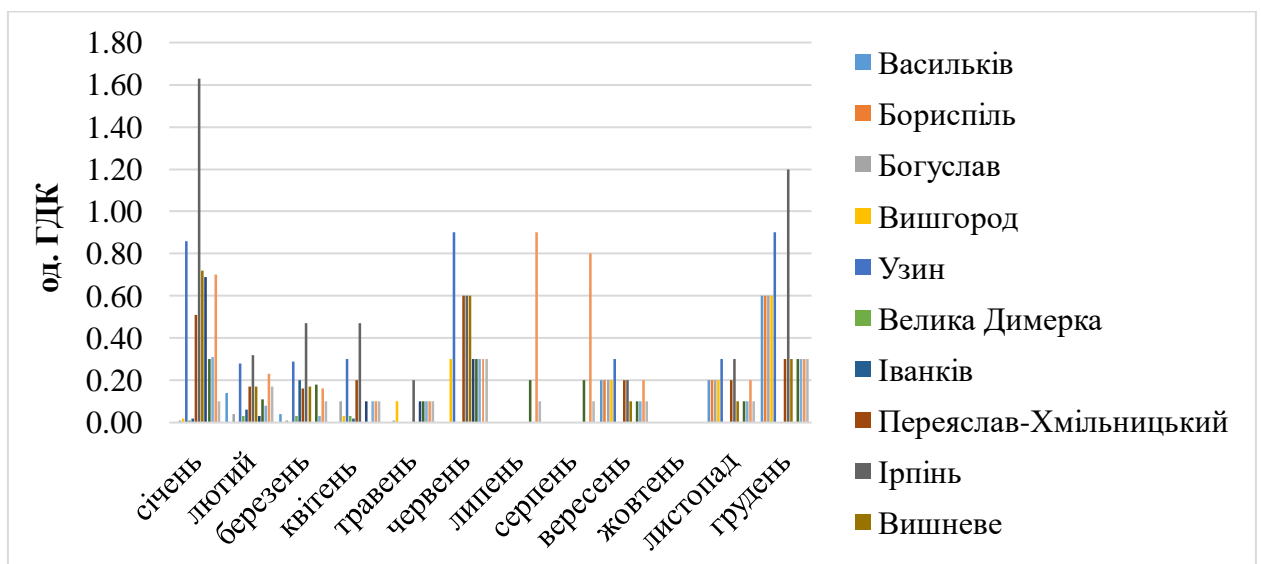


Рисунок 2.1 – Вміст CO у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

Вміст SO_2 (рис. 2.2) зазнавав суттєвих коливань на протязі року. Переважно концентрації були незначними, проте в окремих випадках вони суттєво перевищували $ГДК_{сод}$, що не є характерним для забруднення в Україні. На нашу думку, наявні вихідні дані можуть бути частково помилковими або були наявні фактори суттєвих обсягів викидів, що спричинило різке збільшення вмісту даної домішки в атмосферному повітрі. Найбільш значимі концентрації зафіксовані у смт. Іванків у квітні – травні і вересні 2021 р.

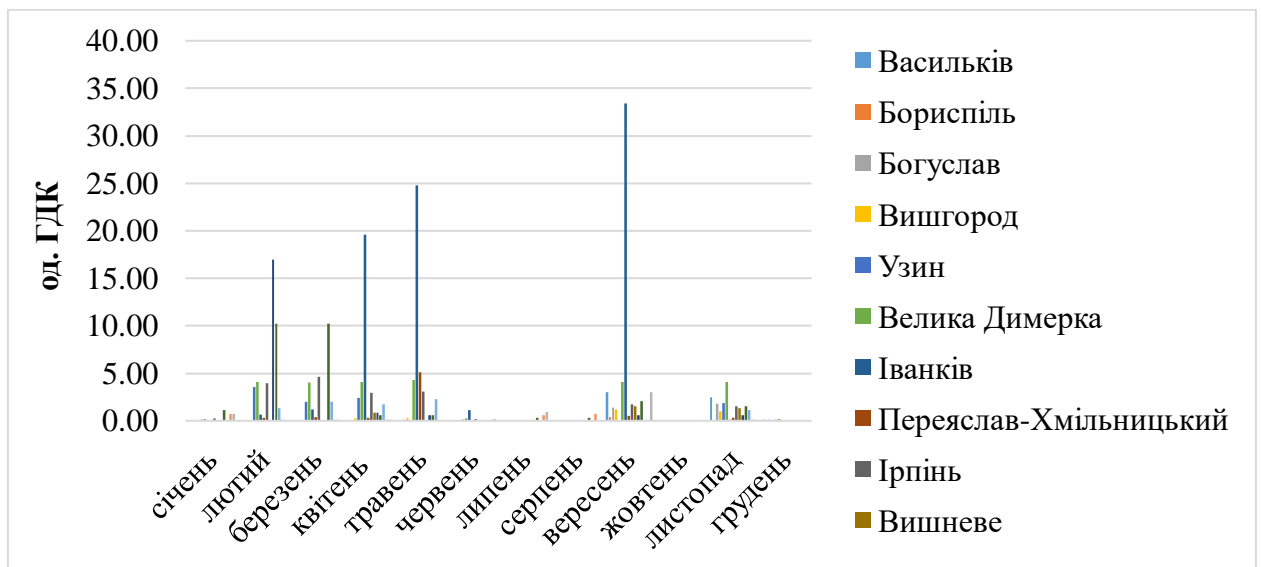


Рисунок 2.2 – Вміст SO_2 у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

Дещо подібна ситуація відзначається і за розподілом вмісту NO_2 (рис. 2.3). Найбільш високі концентрації відзначались у весняно-осінній період. Також аномальні перевищення нормативів відзначено у смт. Іванків у березні – травні і вересні.

Визначення H_2S (рис. 2.4) проводилося лише два місяці – у січні і лютому 2021 р. Слід відзначити суттєве збільшення вмісту даної ЗР у лютому у більшості населених пунктів Київської області і відповідне перевищення $ГДК_{мр}$ у смт. Іванків.

Аналіз динаміки зміни вмісту O_3 (рис. 2.5) також не виявив будь-яких закономірностей. Суттєві перевищення нормативів відзначались у квітні –

травні, вересні і листопаді і сягали в окремих випадках майже 25 ГДК_{ср}. У липні і серпні спостереження були відсутні, що не дає можливості повноцінного аналізу динаміки річного ходу концентрацій.

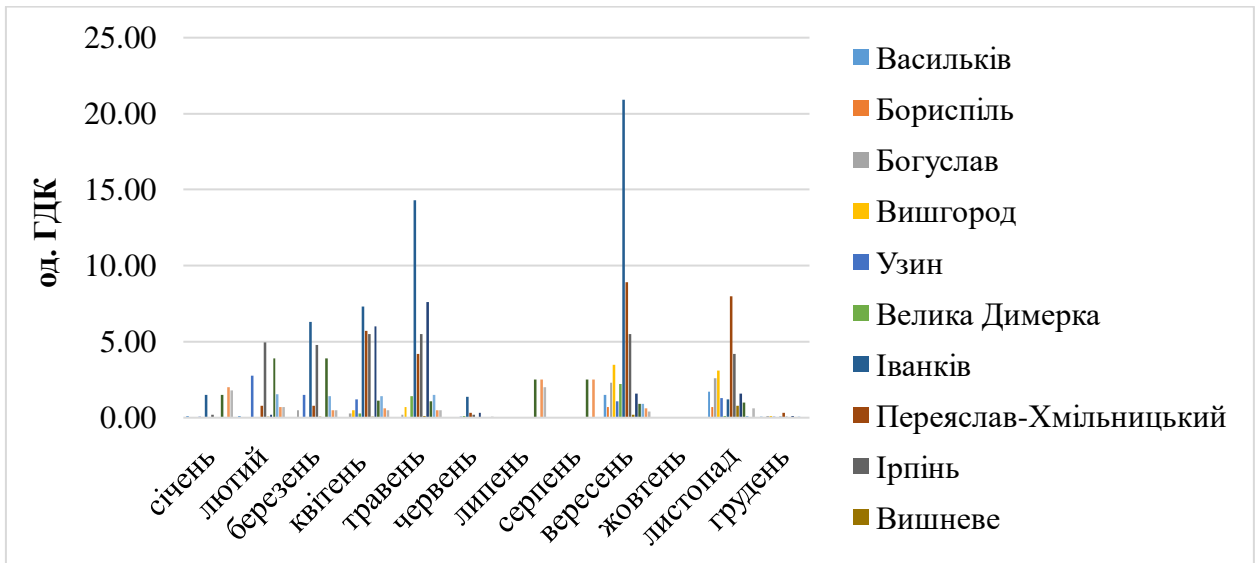


Рисунок 2.3 – Вміст NO_2 у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

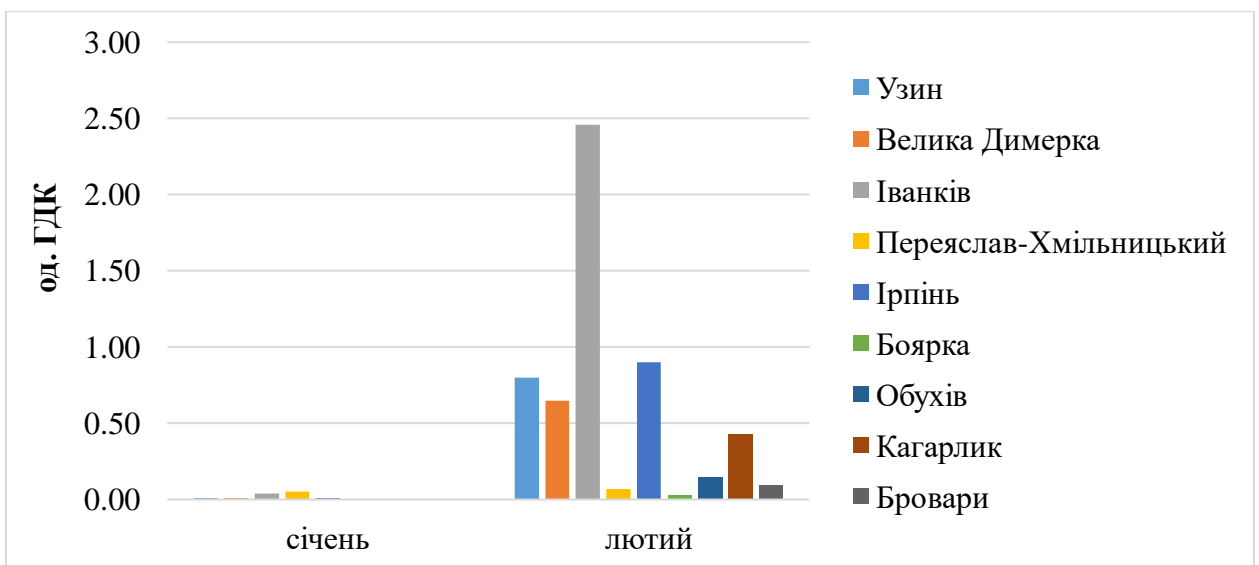


Рисунок 2.4 – Вміст H_2S у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

Вміст $PM_{2,5}$ і PM_{10} (рис. 2.5 – 2.6) у повітряному басейні населених пунктів Київської області був фактично ідентичний. Слід відзначити, що вся вихідна інформація, представлена на ресурсі [4] відносно вмісту окремих ЗР була надана в одиницях ГДК. Відомо, що на даний час нормативів для

вказаних домішок не встановлено. ВООЗ рекомендовані такі рівні: для $PM_{2,5}$ – середньорічний рівень 10 мкг/м^3 , середньодобовий рівень – 25 мкг/м^3 ; для PM_{10} – середньорічний рівень 20 мкг/м^3 , середньодобовий рівень – 50 мкг/м^3 . У країнах ЄС діють такі нормативи: для $PM_{2,5}$ – середньорічний рівень

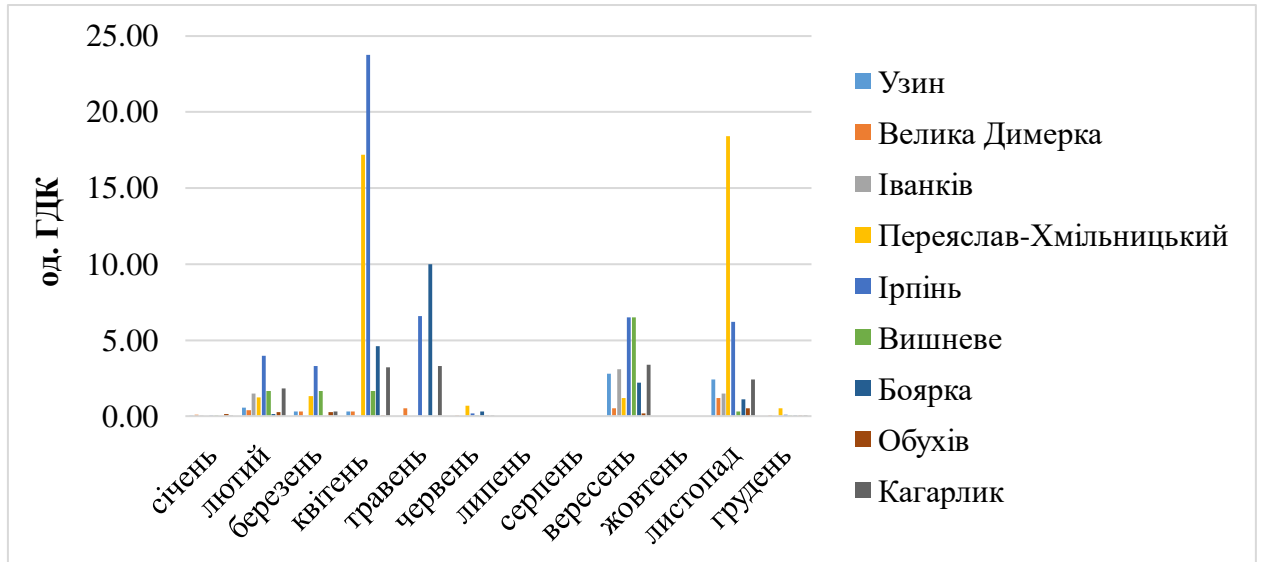


Рисунок 2.5 – Вміст O_3 у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

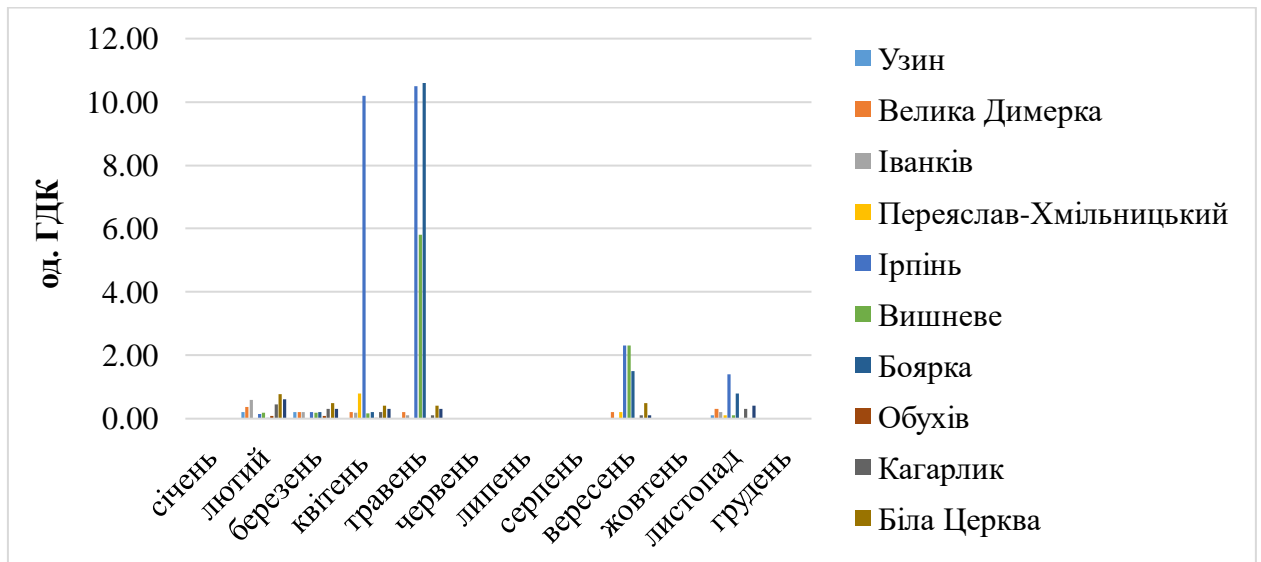


Рисунок 2.6 – Вміст $PM_{2,5}$ у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

$2,5 \text{ мкг/м}^3$; для PM_{10} – середньорічний рівень 40 мкг/м^3 , середньодобовий рівень – 50 мкг/м^3 [15]. Вважаємо, що наведені дані співставлені з $ГДК_{cd}$ для пилу неорганічного, що можна застосовувати за певних рекомендацій лише

для PM_{10} . Так, максимальні концентрації для $PM_{2,5}$ відзначались у квітні – травні, для PM_{10} – у лютому, квітні – травні 2021 р.

Також було проаналізовано середньорічний вміст ЗР у повітряному басейні по окремих населених пунктах Київської області (рис. 2.8 – 2.13).

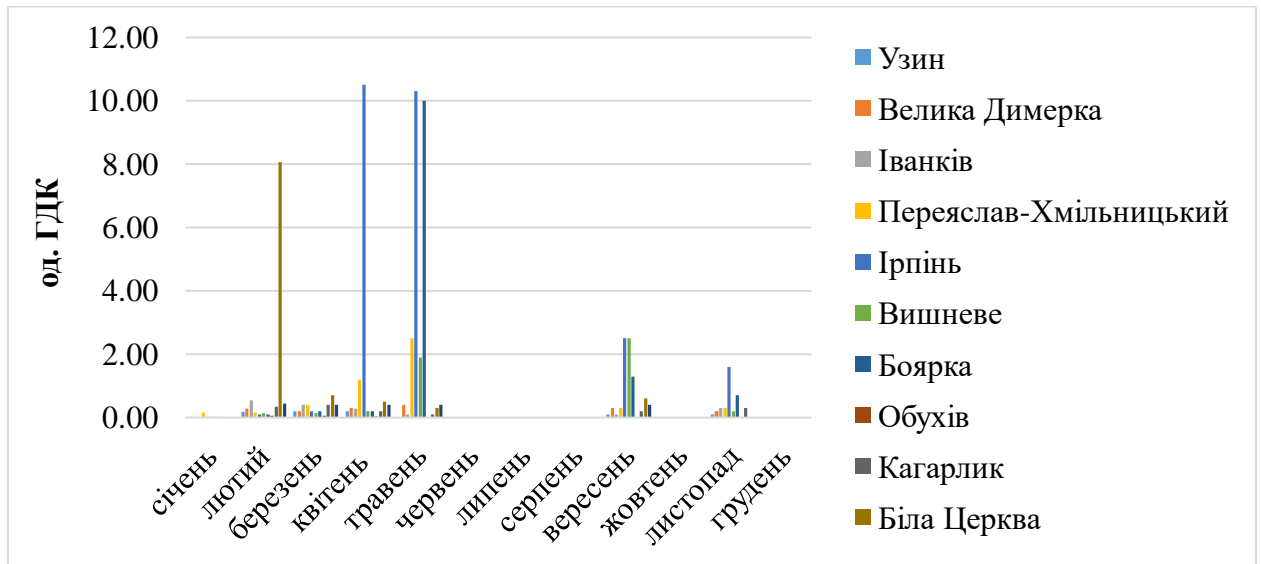


Рисунок 2.7 – Вміст PM_{10} у повітряному басейні Київської області у 2021 р.

Спостереження за вмістом CO (рис. 2.8) проводилися у всіх містах, що розглядались. Як видно, максимальні концентрації відзначались у мм. Узин та Ірпінь, мінімальні – у смт. Велика Димерка та Іванків. За середньорічними значеннями перевищень $ГДК_{сд}$ не відзначалось.

Зовсім інша ситуація щодо забруднення атмосфери SO_2 (рис. 2.9). У переважній більшості населених пунктів концентрації даної ЗР досить низькі або незначно перевищують $ГДК_{сд}$, проте в окремих пунктах (смт. Велика Димерка та Іванків) вміст SO_2 був значний (3 – 9 $ГДК_{сд}$). Як зазначалось вище, максимальні концентрації відзначено у весняно-осінній період у смт. Іванків.

Вміст NO_2 (рис. 2.10) також був максимальним у декількох населених пунктах (смт. Іванків, мм. Переяслав-Хмельницький та Ірпінь). Більш високі концентрації також відзначались у весняно-осінній період. В інших містах концентрації NO_2 були нижче $ГДК_{сд}$ або незначно перевищували норматив.

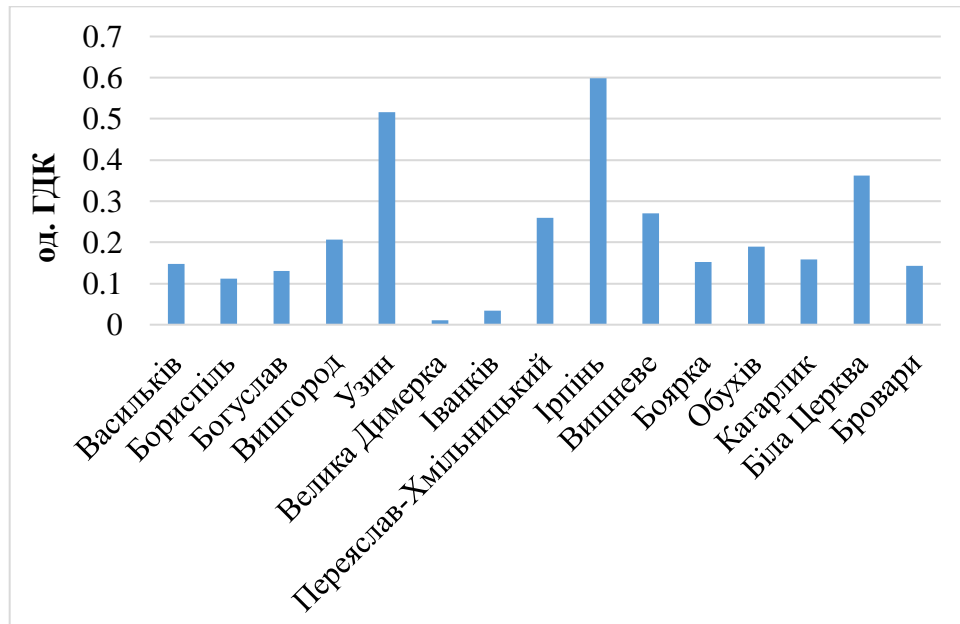


Рисунок 2.8 – Вміст CO у повітряному басейні населених пунктів Київської області

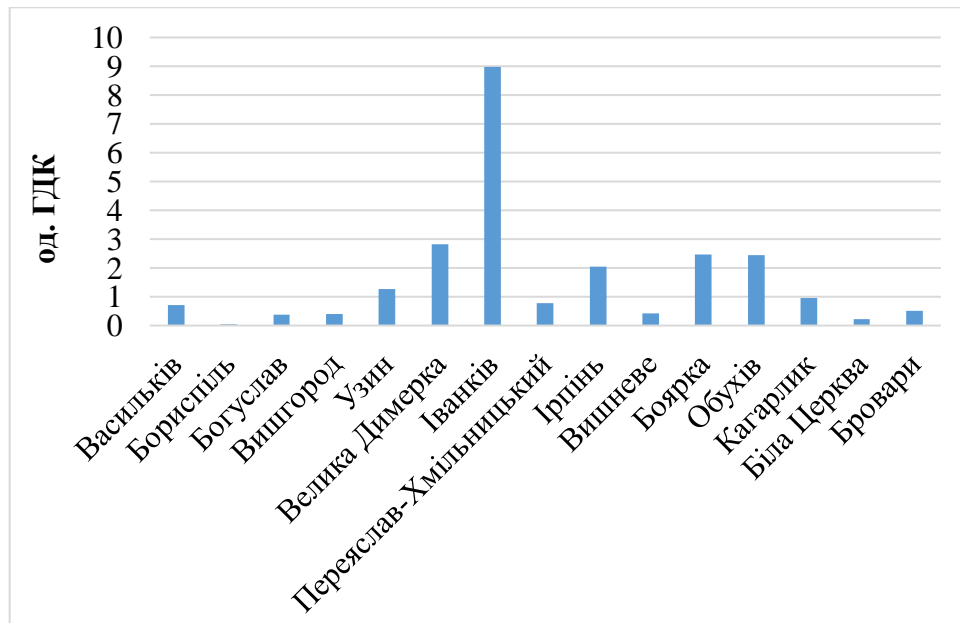


Рисунок 2.9 – Вміст SO_2 у повітряному басейні населених пунктів Київської області

Концентрації H_2S (рис. 2.11) визначались лише у 9 населених пунктах. В абсолютній більшості вміст даної ЗР не перевищував $ГДК_{mr}$ за виключенням смт. Іванків у лютому.

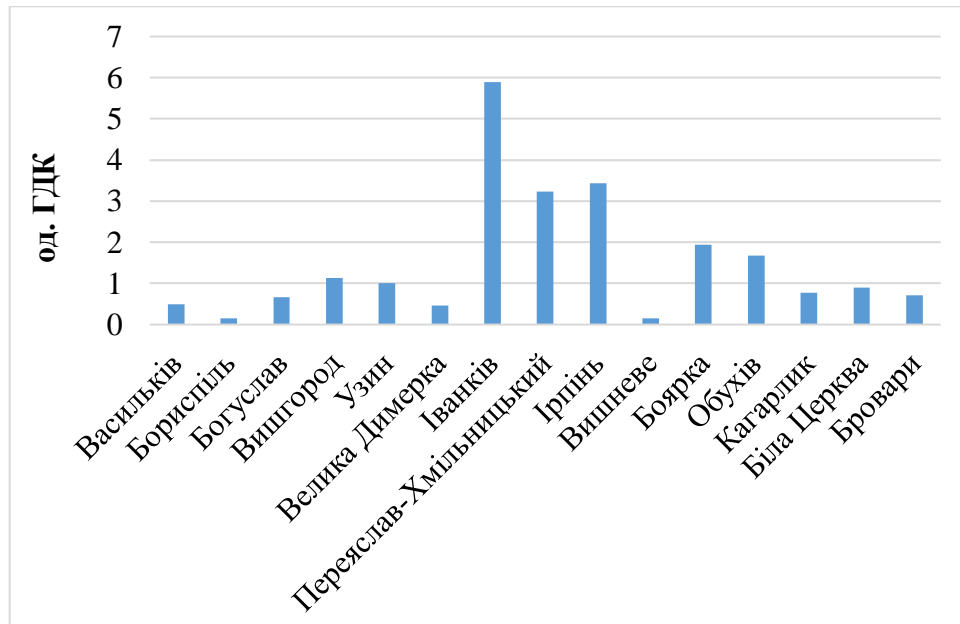


Рисунок 2.10 – Вміст NO_2 у повітряному басейні населених пунктів Київської області

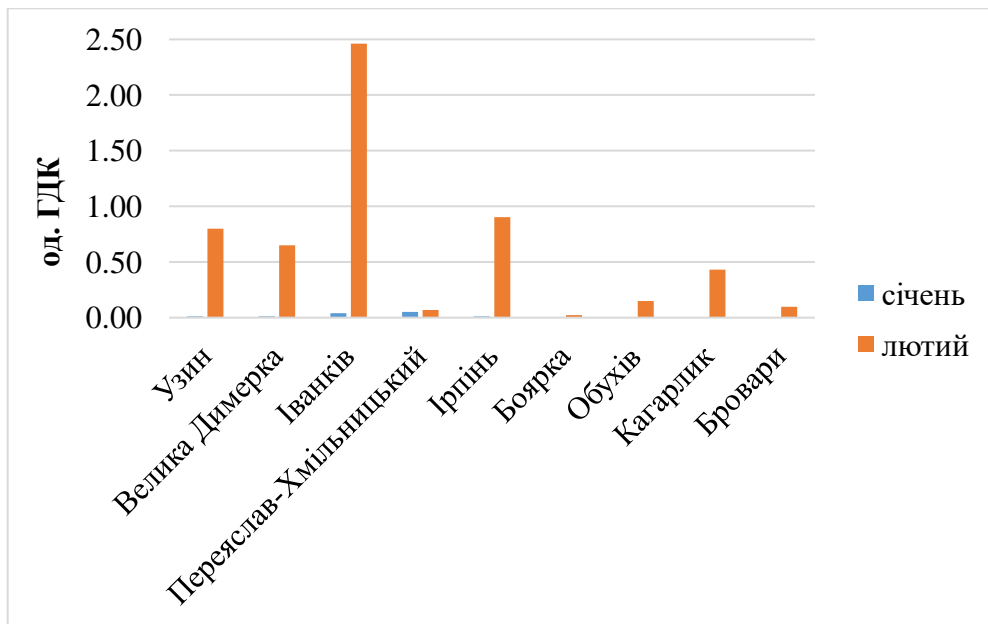


Рисунок 2.11 – Вміст H_2S у повітряному басейні населених пунктів Київської області

Також лише у 9 населених пунктах визначався вміст O_3 (рис. 2.12). Отримані результати свідчать про високий рівень забруднення даною речовиною. Так, лише у смт. Велика Димерка і м. Обухів концентрації були нижче $ГДК_{сд}$. В усіх інших населених пунктах відзначено порушення

нормативів (більше 5 $ГДК_{сд}$). Максимальні концентрації відзначались у м. Ірпінь і Переяслав-Хмельницький у квітні.

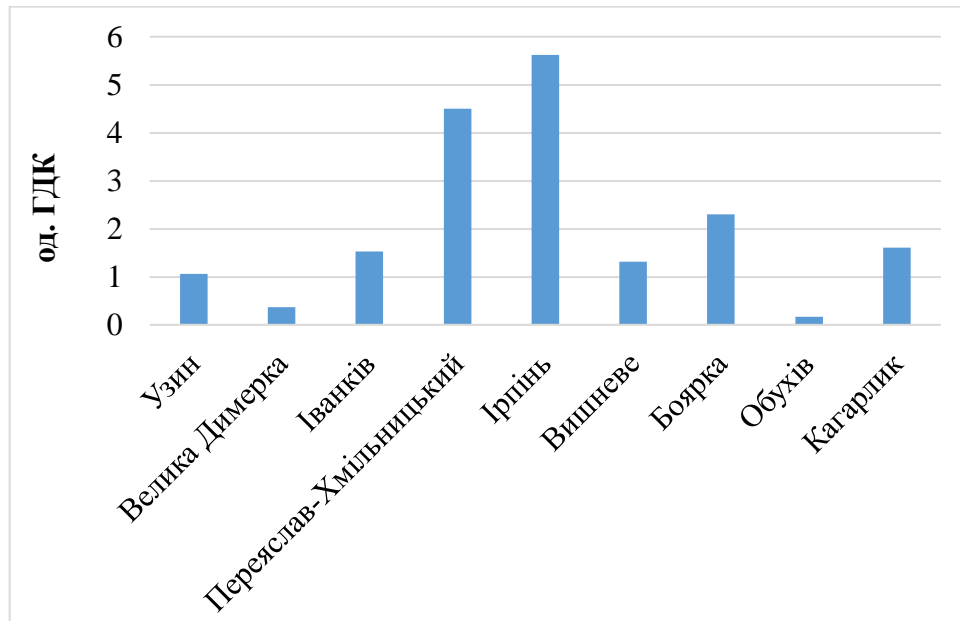


Рисунок 2.12 – Вміст O_3 у повітряному басейні населених пунктів Київської області

Вміст $PM_{2,5}$ і PM_{10} (рис. 2.13) визначався у 11 населених пунктах. Як зазначалось, були відсутні дані спостережень у літній період, що могло вплинути на результати осереднення. Максимальні значення вказаних домішок відзначались у м. Ірпінь, Боярка і Вишневе.

На жаль, на даний час відсутні офіційна узагальнена інформація щодо рівня забруднення повітряного басейну Київської області, що не дозволяє нам виконати порівняння з отриманими нами результатами. Проте за даними Регіональної доповіді за 2020 р. [16] аномальних перевищень нормативів якості за вмістом окремих ЗР не відзначалось.

Окремі результати щодо оцінки стану повітряного басейну Київської області наведено у роботі [17].

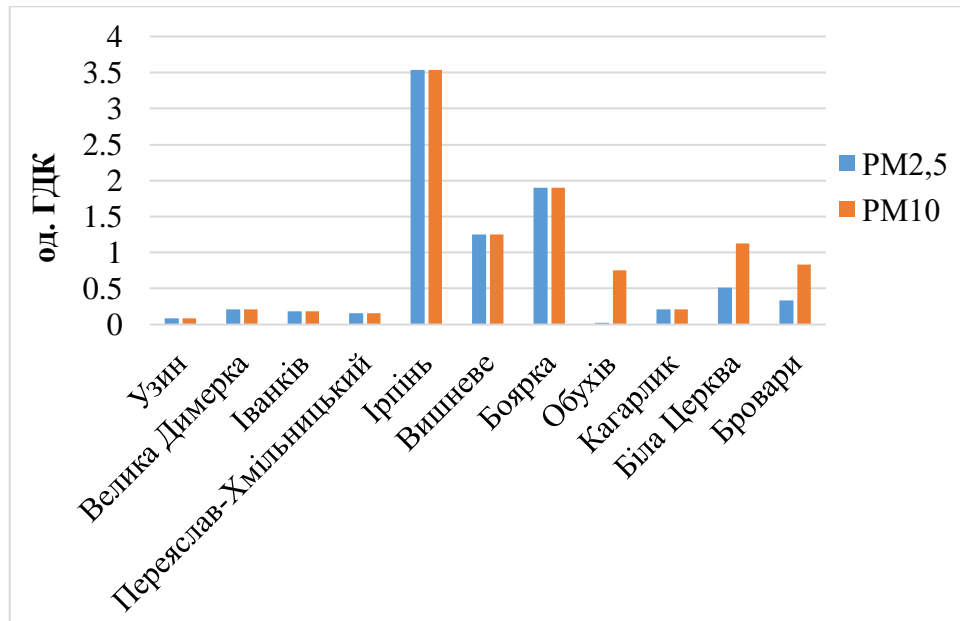


Рисунок 2.13 – Вміст $PM_{2,5}$ і PM_{10} у повітряному басейні населених пунктів Київської області

2.2 Дніпропетровська область

Як зазначалось вище, на території Дніпропетровської області встановлено 11 стаціонарних автоматизованих ПСЗ серії «Ефір». Нами було проаналізовано дані моніторингу вказаних ПСЗ за 2021 р. за даними [18]. На жаль, була наявна інформація за період з січня по вересень 2021 р. Аналіз проводився за вмістом 6 ЗР, а саме NO_2 , CO , SO_2 , O_3 , NH_3 , PM_{10} і $PM_{2,5}$. Також слід відзначити, що з 11 встановлених ПСЗ у 2021 р. не працювало декілька станцій: Ефір 2.4 (м. Нікополь), Ефір 2.8 – 2.11 (мм. Жовті Води, Зеленодольск, Кам'янське).

На рис. 2.14 – 2.20 наведено динаміку зміни концентрацій окремих ЗР у повітряному басейні Дніпропетровської області на протязі року.

Вміст NO_2 (рис. 2.14) характеризувався більш високими концентраціями у весняно-літній період. Також відзначено максимум у червні на рівні 9 $ГДК_{сд}$.

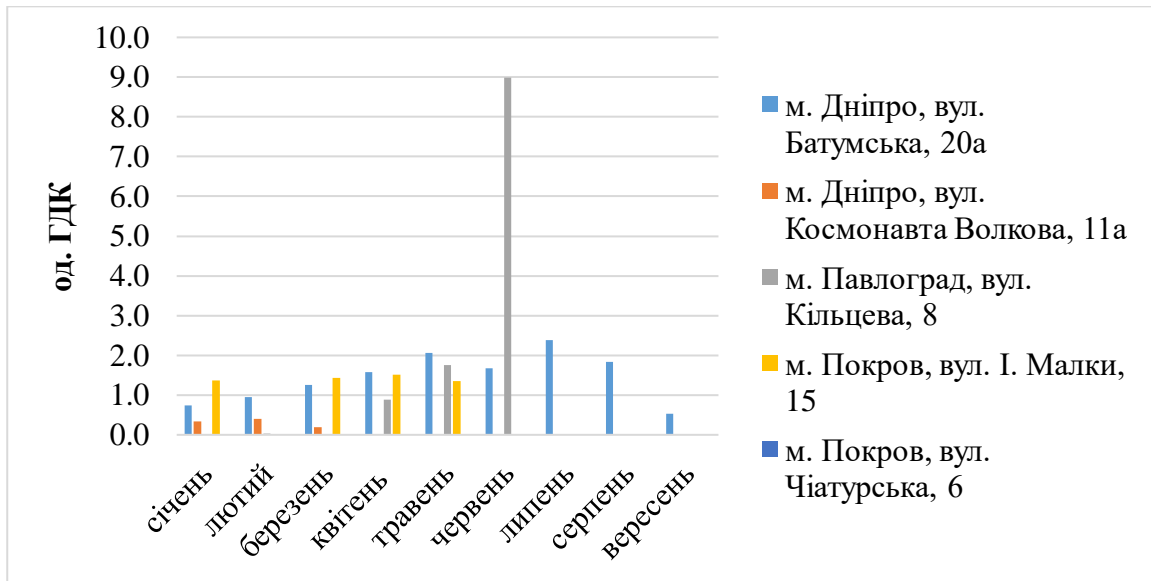


Рисунок 2.14 – Вміст NO_2 у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

Концентрації SO_2 (рис. 2.15) не перевищували нормативів якості на протязі року. Найбільш високий вміст відзначався на ПСЗ Ефір 2.7 (м. Покров), де спостереження були несистематичними (січень, березень, травень).

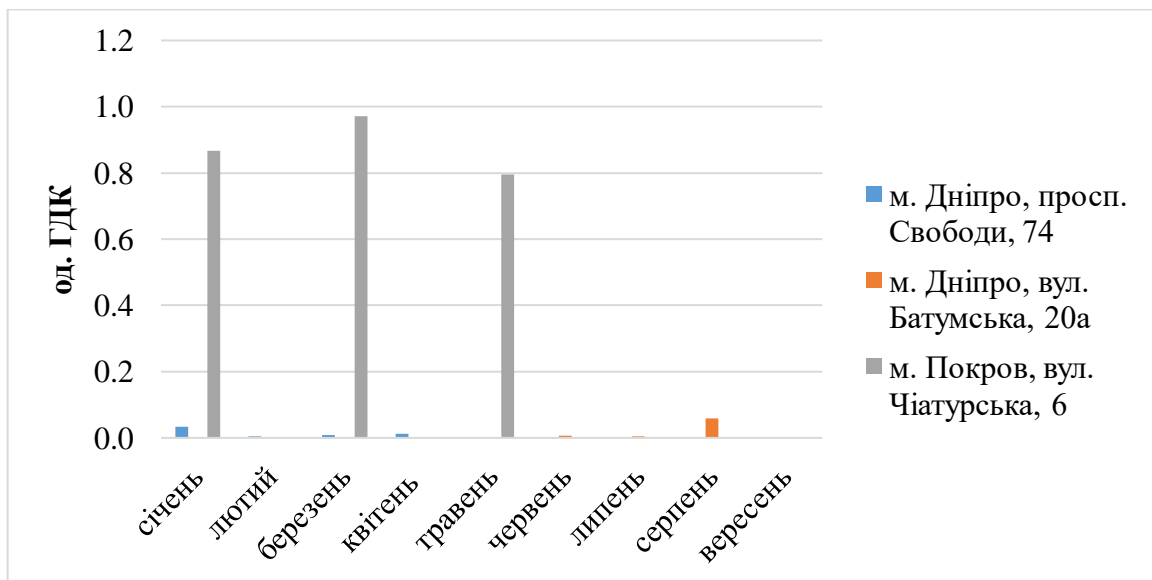


Рисунок 2.15 – Вміст SO_2 у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

Концентрації CO (рис. 2.16) також не перевищували $ГДК_{cd}$. Загальних залежностей виявлено не було. Слід відзначити, що в межах окремих ПСЗ по території області вміст даної ЗР залишався майже постійним на протязі року.

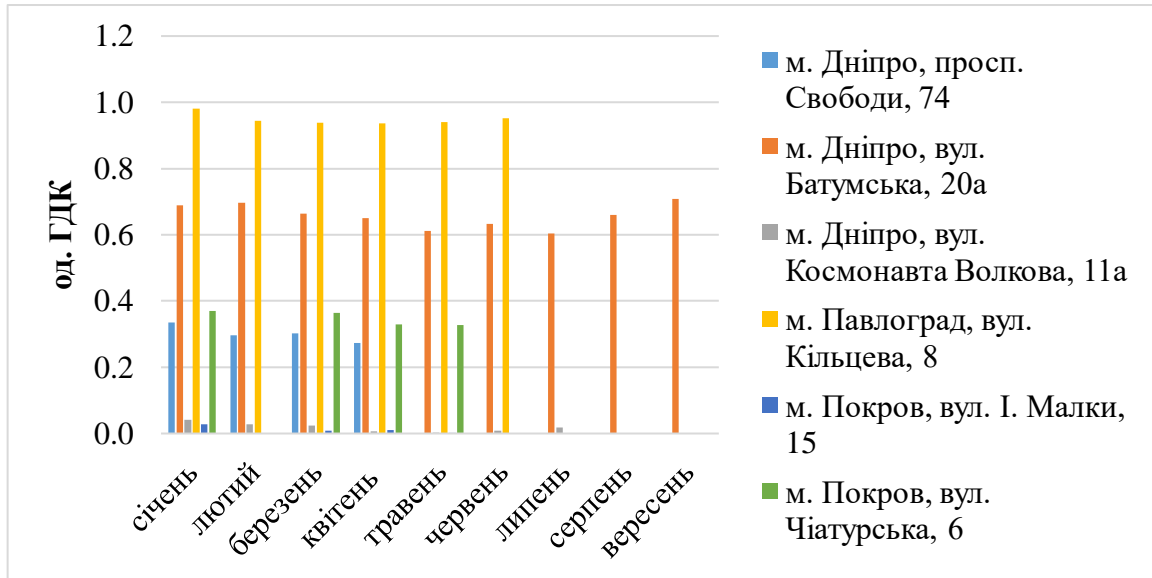


Рисунок 2.16 – Вміст CO у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

Дуже несистематичними були спостереження за вмістом O_3 в регіоні (рис. 2.17) – на деяких ПСЗ у зимово-весняний період, на інших – у весняно-літній. Період спостережень обмежений липнем. У переважній більшості випадків відзначались перевищення $ГДК_{cd}$. Максимальні концентрації (7 – 11 $ГДК_{cd}$) було відзначено у червні – липні на пункті Ефір 2.3 (м. Дніпро). Сезонна динаміка чітко простежувалась лише на пункті Ефір 2.7 (м. Покров).

Спостереження за вмістом NH_3 (рис. 2.18) проводились лише на протязі двох місяців – січня і лютого. Це не дозволяє визначити будь-яких закономірностей сезонного ходу концентрацій. Слід відзначити, що більше ніж у 50 % випадків вміст даної ЗР перевищував нормативи. Аномальний максимум (17 $ГДК_{cd}$) було відзначено у січні на ПСЗ Ефір 2.5 (м. Павлоград).

Вміст $PM_{2,5}$ (рис. 2.19) характеризувався більш високими концентраціями у зимовий і весняний періоди з подальшим зниженням. Слід

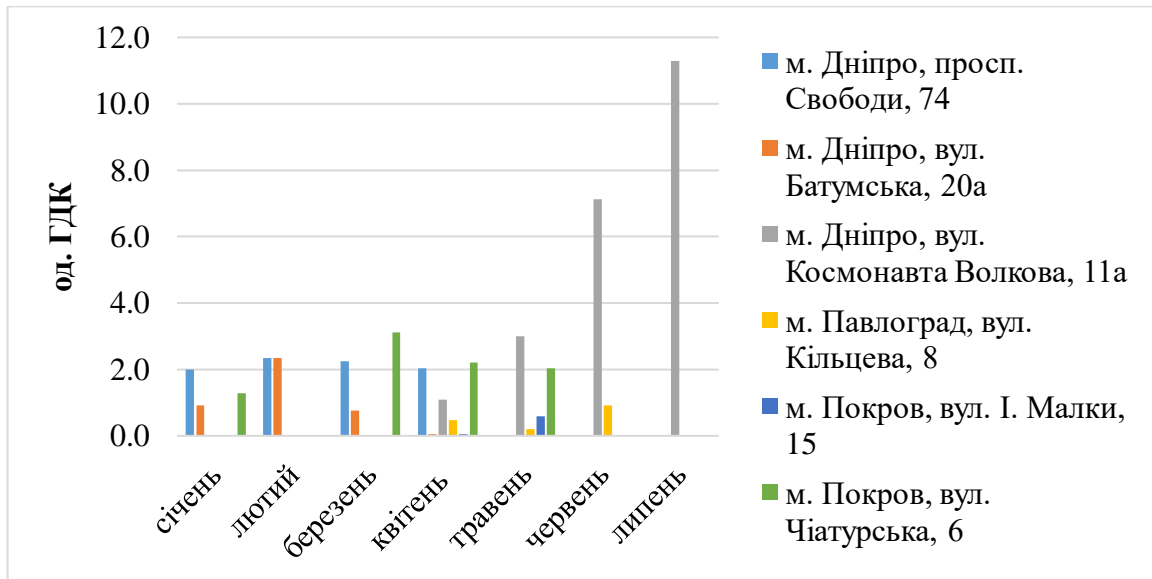


Рисунок 2.17 – Вміст O_3 у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

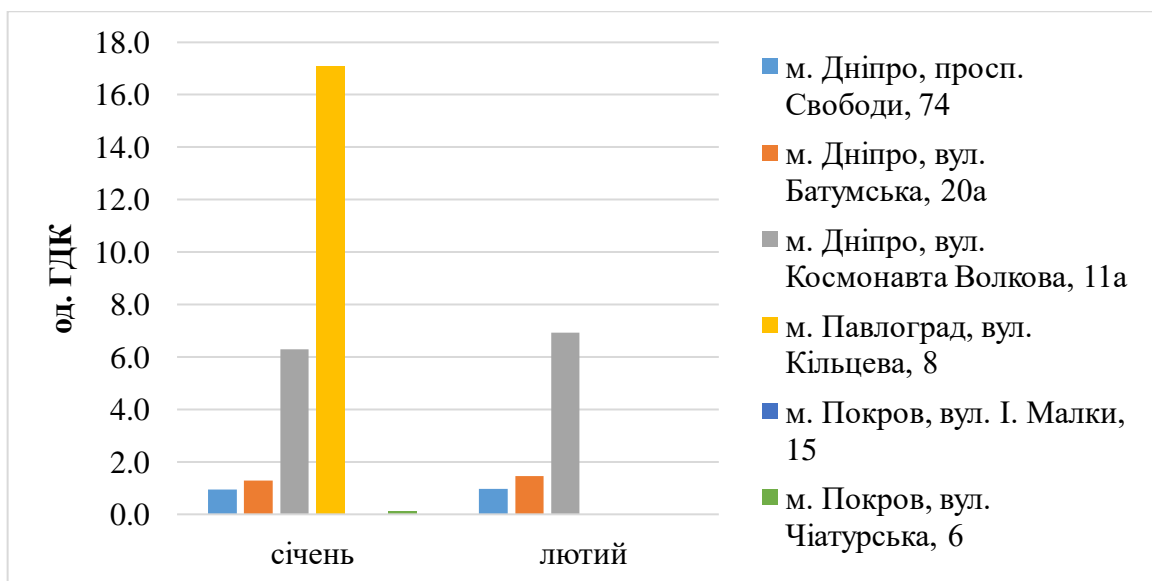


Рисунок 2.18 – Вміст NH_3 у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

відзначити, що вихідна інформація була в даному випадку представлена в абсолютних одиницях, тому як норматив використано рекомендації ВООЗ. Аномальний максимум було відзначено у січні на пункті Ефір 2.7 (м. Покров).

Аналогічний розподіл відзначався і за вмістом PM_{10} (рис. 2.20). Хоча наявні концентрації відносно нормативів ВООЗ були дещо нижче порівняно зі

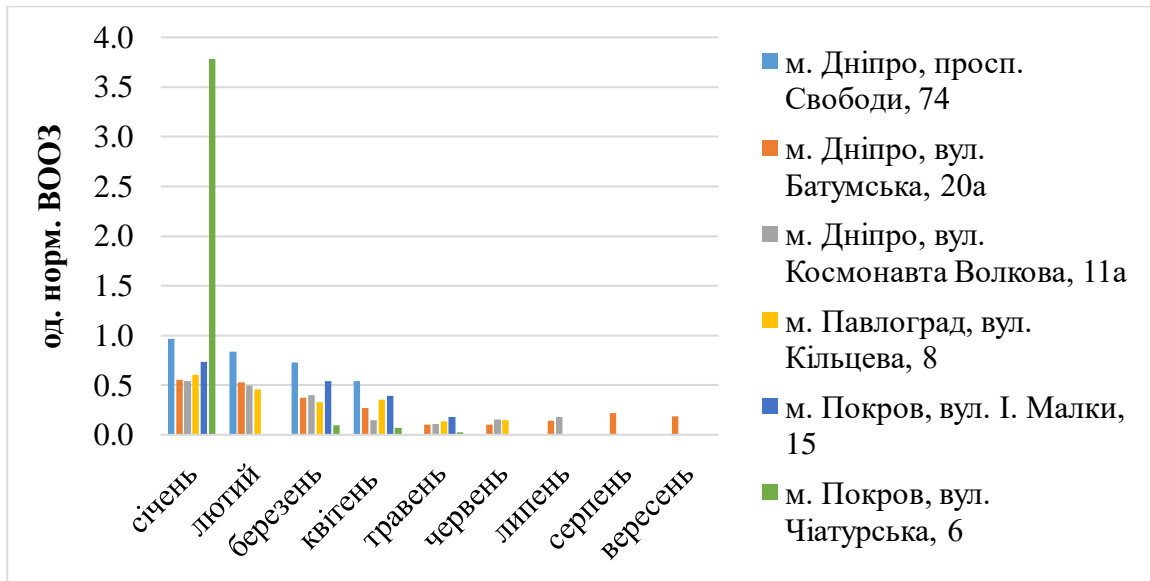


Рисунок 2.19 – Вміст $PM_{2,5}$ у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

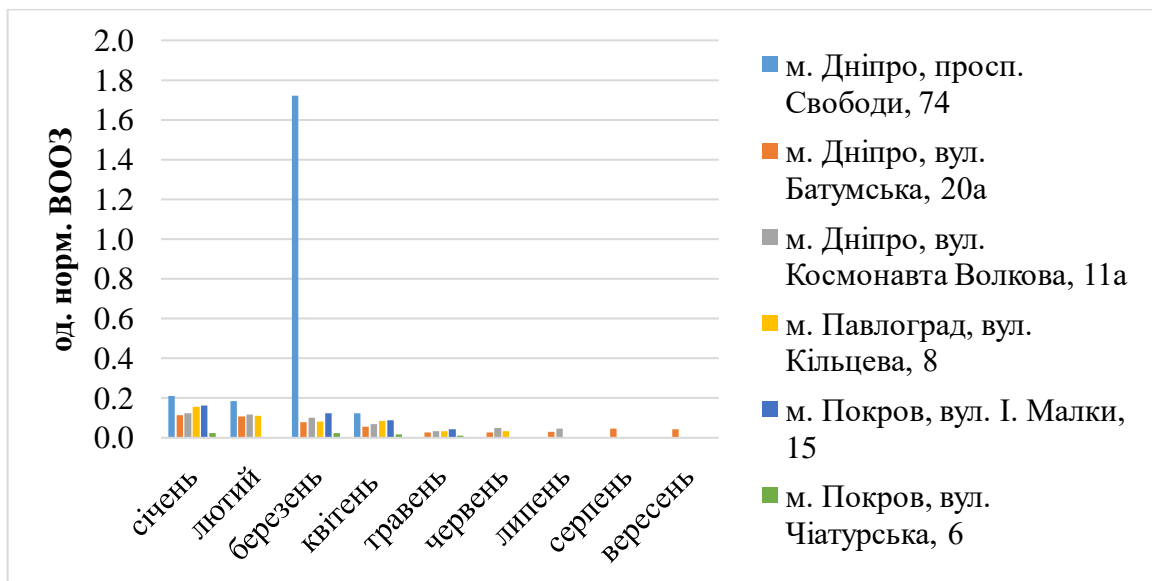


Рисунок 2.20 – Вміст PM_{10} у повітряному басейні Дніпропетровської області у 2021 р.

вмістом $PM_{2,5}$ (в 2 – 3 рази). Максимум було відзначено у березні на пункті Ефір 2.1 (м. Дніпро).

Як і для Київської області, було проаналізовано вміст ЗР по окремих населених пунктах регіону (рис. 2.21 – 2.26).

Якщо розглядати вміст NO_2 (рис. 2.21), то можна зазначити, що максимальні концентрації з перевищенням $ГДК_{cd}$ відзначено у м. Павлоград, а також на окремих пунктах у мм. Дніпро (Ефір 2.2) і Покров (Ефір 2.6). На інших ПСЗ у вказаних населених пунктах концентрації були значно нижче $ГДК_{cd}$.



Рисунок 2.21 – Вміст NO_2 у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

Концентрації SO_2 визначались лише на трьох пунктах (рис. 2.22) – 2 у м. Дніпро і 1 у м. Покров. При цьому слід відзначити, що концентрації даної домішки у повітряному басейні м. Покров були значно вище.

Вміст CO (рис. 2.23) серед населених пунктів регіону максимальним був у м. Павлоград. Також значні концентрації відзначались у м. Дніпро (Ефір 2.2). Середньорічний вміст по населених пунктах Дніпропетровської області не перевищував нормативів.

Вміст O_3 (рис. 2.24) визначався лише на протязі січня – липня 2021 р. У переважній більшості випадків середньорічний вміст перевищував $ГДК_{cd}$ з максимумом у м. Дніпро (пункт Ефір 2.3). Така концентрація сформована за рахунок значного перевищення у липні на даному ПСЗ. Крім м. Дніпро,



Рисунок 2.22 – Вміст SO_2 у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

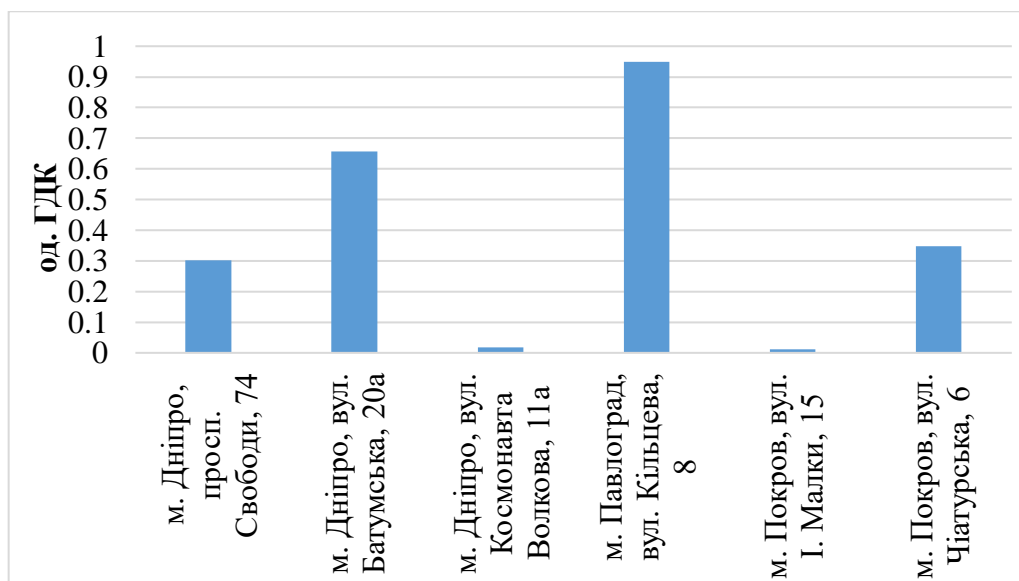


Рисунок 2.23 – Вміст CO у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

середньорічний вміст перевищував нормативи якості у м. Покров.

Як зазначалось вище, вміст NH_3 (рис. 2.25) визначався лише на протязі двох місяців. Тому некоректним є казати про середньорічний вміст. Але за вказаний період у 50 % випадків відзначались перевищення $ГДК_{сд}$. При цьому значення сягали 6 – 17 $ГДК_{сд}$, що викликає питання достовірності вихідної

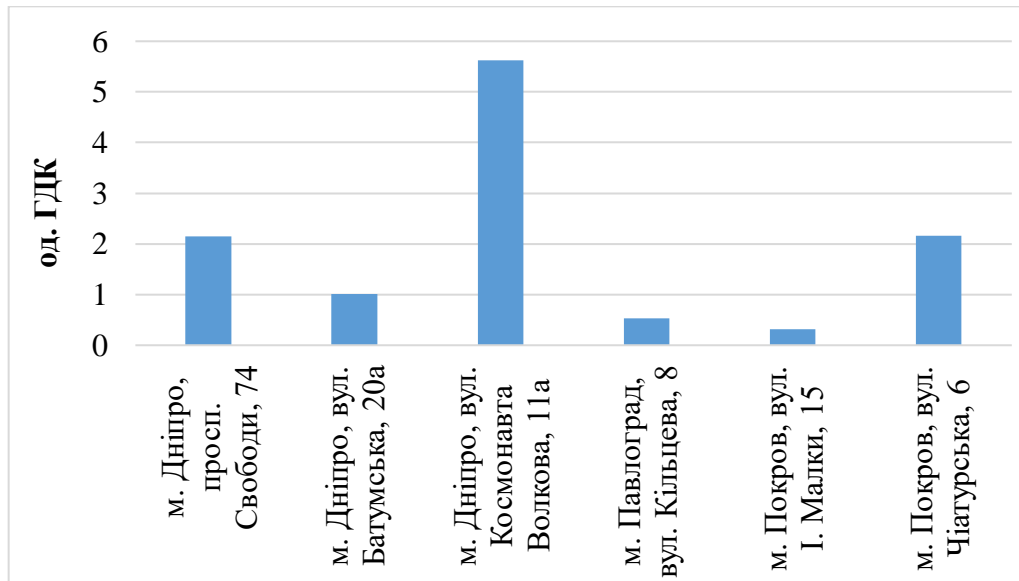


Рисунок 2.24 – Вміст O_3 у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

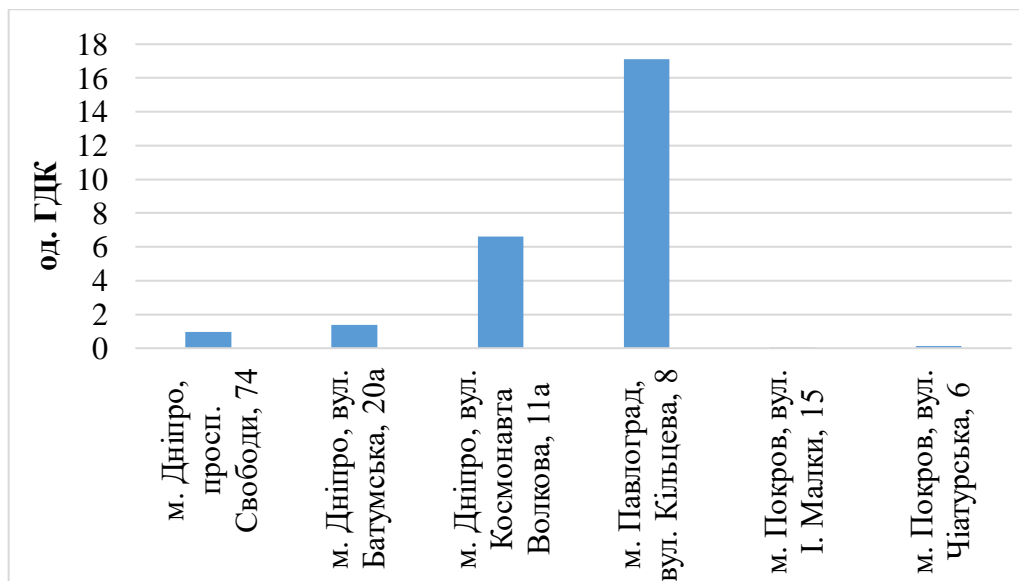


Рисунок 2.25 – Вміст NH_3 у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

інформації в окремих випадках. Абсолютний максимум зафіксовано у м. Павлоград.

Середньорічний вміст частинок пилу в регіоні (рис. 2.26) був у межах норм ВООЗ. Найбільші концентрації $PM_{2,5}$ відзначались на окремих ПСЗ у

мм. Дніпро (Ефір 2.1) і Покров (Ефір 2.7). Стосовно вмісту PM_{10} , то максимум концентрацій відзначався на пункті Ефір 2.1 (м. Дніпро).

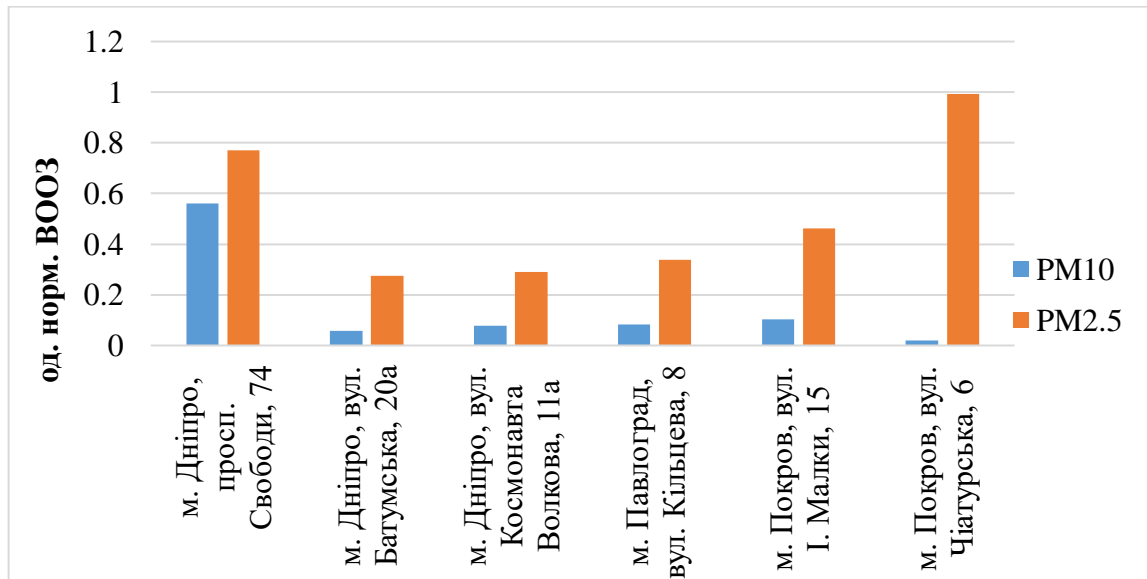


Рисунок 2.26 – Вміст $PM_{2,5}$ і PM_{10} у повітряному басейні населених пунктів Дніпропетровської області

За даними Екологічного паспорта області за 2021 р. [19] спостереженнями на стаціонарних ПСЗ охоплені мм. Дніпро, Кам'янське і Кривий Ріг. Тому порівняти дані автоматизованих спостережень зі стаціонарними можна лише на прикладі м. Дніпро. Результати наведено на рис. 2.27. Як видно, у більшості випадків концентрації ЗР, визначені на стаціонарних ПСЗ, значно вище, ніж відповідні дані, отримані шляхом автоматизованих спостережень. Виключення складає вміст NH_3 . Такі результати можна частково пояснити обмеженими даними автоматизованих спостережень.

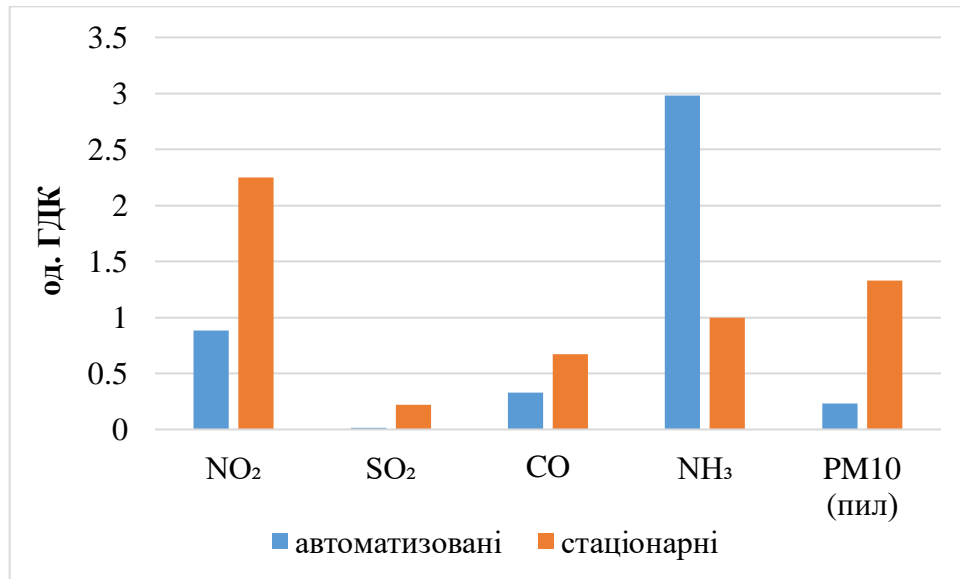


Рисунок 2.27 – Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ (м. Дніпро, 2021 р.)

2.3 Одеська область

Як зазначено вище, в Одеській області функціонують 3 автоматизовані ПСЗ, один з яких розташований у м. Одеса, два – в області.

Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень був предметом дослідження автора раніше [20]. Також узагальнені результати щодо стану атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих і стаціонарних ПСЗ на початку виконання кваліфікаційної роботи магістра наведено у роботі [21].

У даній частині роботи виконано аналіз забруднення атмосферного повітря за даними автоматизованих спостережень в Одеській області. Аналіз був проведений за вмістом 5 ЗР (CO , NO_2 , SO_2 , O_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10}) за період з листопада 2020 р. по жовтень 2021 р.

Аналіз динаміки зміни концентрації окремих ЗР за період дослідження представлено на рис. 2.28 – 2.32.

Вміст CO (рис. 2.28) в області був низьким і не перевищував 1 мг/дм^3 .

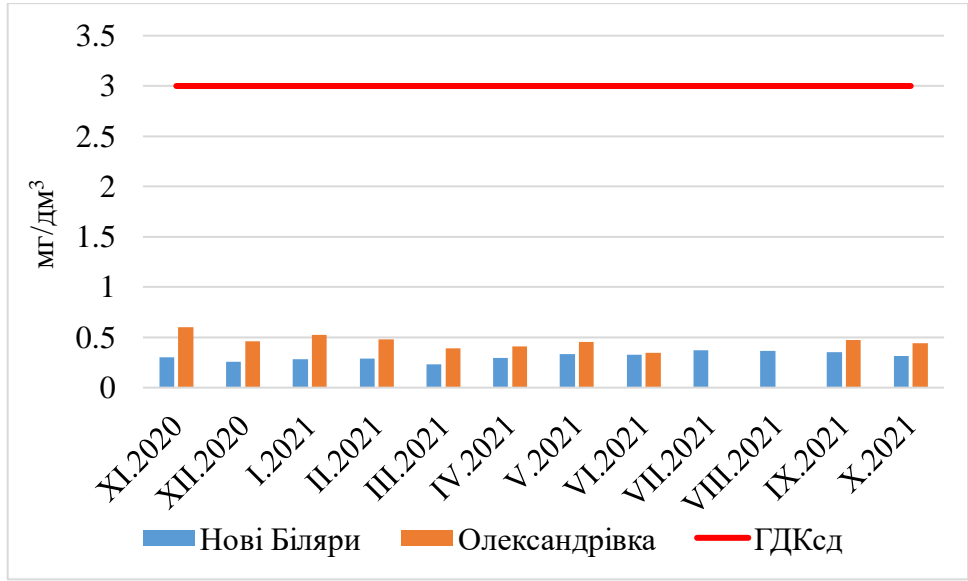


Рисунок 2.28 – Вміст CO у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.)

Вміст NO_2 (рис. 2.29) характеризувався перевищенням нормативів якості в окремих випадках у смт. Нові Біляри (весняний та осінній періоди). Найбільш суттєві перевищення було відзначено у жовтні 2021 р. (до $2 \text{ ГДК}_{сд}$).

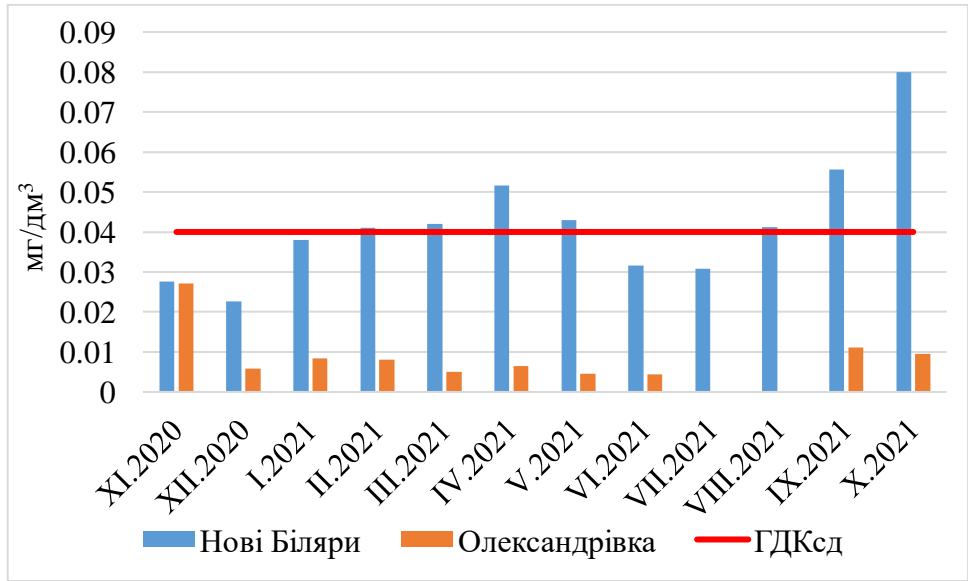


Рисунок 2.29 – Вміст NO_2 у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.)

Також перевищення $ГДК_{сд}$ було відзначено за вмістом SO_2 (рис. 2.30). Так, разове перевищення зафіксовано у смт. Олександрівка у вересні 2020 р., а суттєві перевищення на протязі квітня – жовтня 2021 р. у смт. Нові Біляри. Спостереження за вмістом SO_2 в Олександрівці майже не проводились. Тому отримані дані не є повністю репрезентативними.

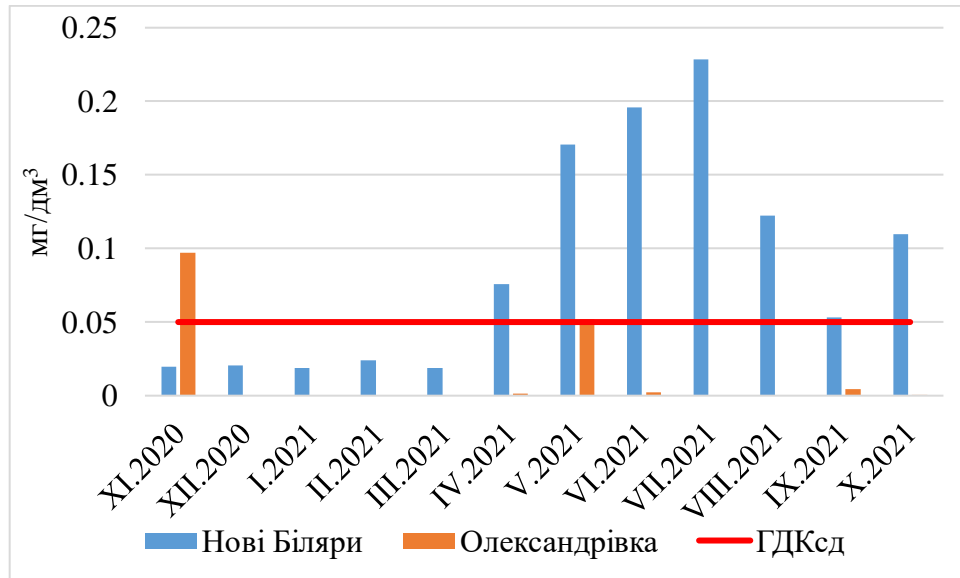


Рисунок 2.30 – Вміст SO_2 у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.)

Вміст O_3 (рис. 2.31) був значно нижче нормативів якості на протязі всього періоду спостережень. Зафіксовано підвищення концентрацій у вересні – жовтні 2021 р. на ПСЗ у Нових Білярах.

Стосовно вмісту $PM_{2,5}$ та PM_{10} в атмосферному повітрі (рис. 2.32), було відзначено перевищення нормативів ВООЗ за вмістом $PM_{2,5}$ у листопаді 2020 р. і січні 2021 р. Вміст PM_{10} характеризувався більш підвищеними концентраціями у листопаді 2020 – березні 2021 р.

В цілому вміст газоподібних ЗР був найбільшим у пгт. Нові Біляри, а вміст $PM_{2,5}$ і PM_{10} – переважно у смт. Олександрівка.

Слід відзначити, що проаналізовані раніше дані автоматизованих спостережень для м. Одеса майже порівняні з даними по області. Це можна

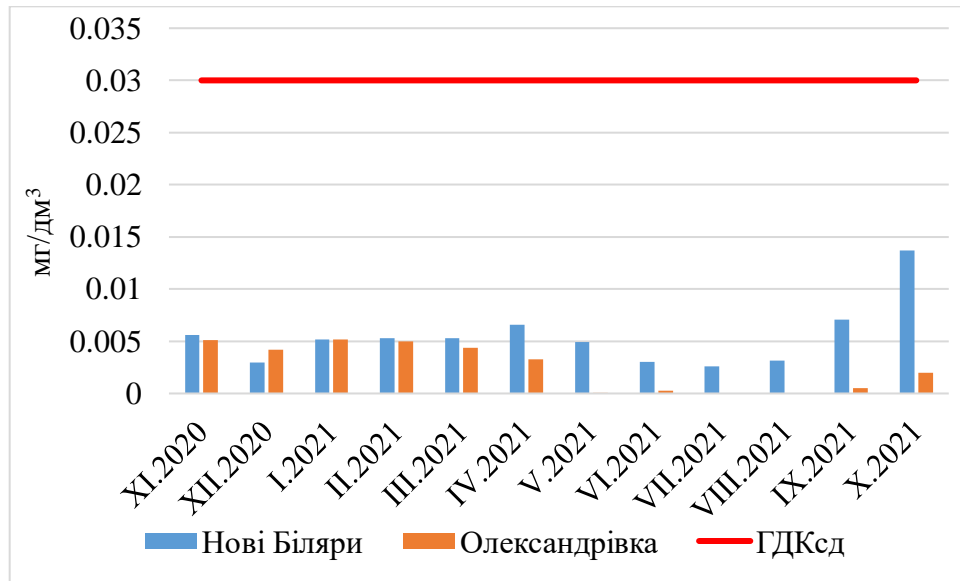


Рисунок 2.31 – Вміст O_3 у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.)

пояснити тим, що автоматизований ПСЗ у м. Одеса розташований у прибережній зоні, яка віддалена від джерел антропогенного впливу.

Окремі результати щодо оцінки стану повітряного басейну Одеської області були висвітлені у роботах [21, 22].

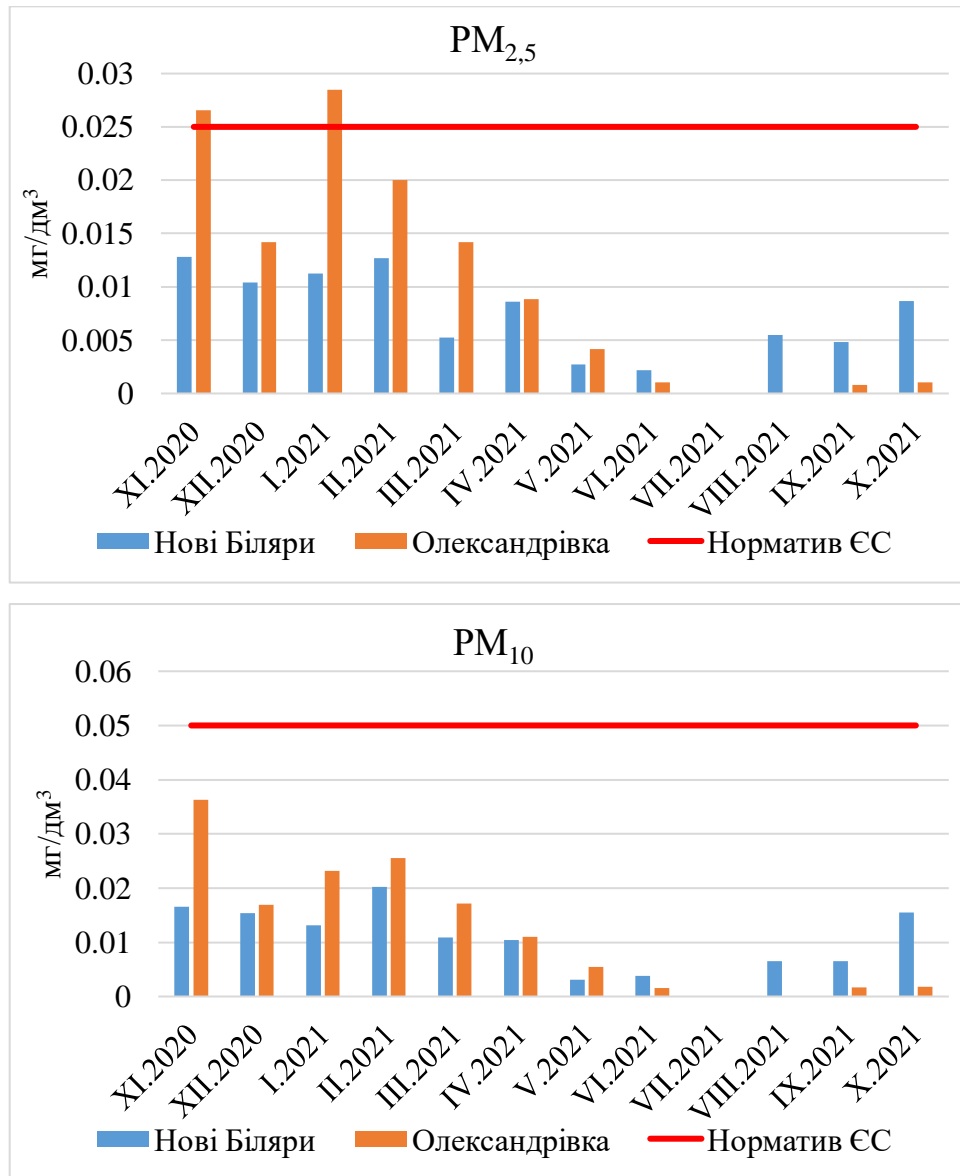


Рисунок 2.32 – Вміст $PM_{2,5}$ та PM_{10} у повітряному басейні Одеської області (листопад 2020 р. – жовтень 2021 р.)

3 ПРОГРАМА ОБРОБКИ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ SAVEECOBOTPARSER

З метою отримання актуальних і точних даних про стан атмосферного повітря у різних областях України розроблено програму PublicMonitoringParser, яка трансформує великі об'єми даних, представлені на інтернет-ресурсі SaveEcoBot.com, у компактні зручні файли малого обсягу із середньомісячними концентраціями ЗР і показниками метеопараметрів. Програма працює з усіма доступними ПСЗ, які представлені на сайті SaveEcoBot.com, перетворюючи мільйони строк щохвилинних спостережень, які проводилися по декілька років, у файли формату .csv з декількома десятками строк корисної інформації, з якою у подальшому можна працювати у таких програмах як Microsoft Excel і Google Sheets.

Програма була написана за допомогою мови програмування C# та платформи .NET. Вона представлена у виді консольного застосунка і має консольний інтерфейс для взаємодії з користувачем. Архітектура програми – Model-View-Presenter. Середовище розробки – Visual Studio Code.

3.1 Опис технологій, які використовувались

Платформа з відкритим вихідним кодом для створення настільних, мобільних і веб-додатків, які можуть працювати в будь-якій операційній системі, це .NET-платформа. Система .NET включає в себе інструменти, бібліотеки та мови, що підтримують сучасну, масштабовану і високопродуктивну розробку програмного забезпечення. Платформу .NET підтримує і обслуговує активна спільнота розробників.

Простіше кажучи, платформа .NET – це програмне забезпечення, яке може виконувати такі завдання:

- транслювати код мови програмування .NET в інструкції, які може обробляти обчислювальний пристрій;
- надавати утиліти для ефективної розробки програмного забезпечення. З їхньою допомогою можна, наприклад, визначити поточний час або надрукувати текст на екрані;
- визначати набір типів даних для зберігання на комп'ютері такої інформації, як текст, числа і дати.

Переваги платформи .NET:

1. *Простота розробки.* Розробникам подобається використовувати .NET, оскільки ця технологія містить безліч інструментів, що полегшують їхню роботу. Наприклад, за допомогою пакета Visual Studio розробники можуть швидше писати код, ефективно співпрацювати, а також тестувати і виправляти свій код. Можливість повторного використання коду між реалізаціями знижує вартість розробки.
2. *Високопродуктивні додатки.* Додатки .NET забезпечують більш швидкий час відгуку і вимагають менше обчислювальної потужності. Вони мають надійні вбудовані заходи безпеки і ефективно виконують серверні завдання, такі як доступ до бази даних.
3. *Підтримка спільноти.* .NET має відкритий вихідний код, що означає, що будь-хто може вільно використовувати, читати і змінювати його. Активна спільнота розробників підтримує і вдосконалює програмне забезпечення .NET. .NET Foundation – це незалежна некомерційна організація, створена для підтримки спільноти .NET. Сервіс надає навчальні ресурси, проєкти з відкритим вихідним кодом .NET і різні заходи для розробників .NET.

За допомогою .NET можна створювати різні додатки, а саме:

1. *Інтернет-додатки.* Платформа ASP .NET розширює платформу розробника .NET спеціально для створення веб-додатків. Вона підтримує такі веб-технології як обробка запитів на основі передачі стану, HTML,

CSS і JavaScript. Вона надає вбудовану базу даних користувачів із багатофакторною і зовнішньою аутентифікацією. ASP .NET підтримує стандартні галузеві протоколи аутентифікації з вбудованим механізмом безпеки для захисту додатків .NET від кібератак.

2. *Мобільні додатки.* Xamarin/Mono можна використовувати для запуску додатків .NET у всіх основних мобільних операційних системах, включно з iOS та Android. Xamarin включає Xamarin.Forms, платформу мобільного користувацького інтерфейсу з відкритим вихідним кодом. Розробники .NET використовують Xamarin.Forms для створення узгодженого користувацького інтерфейсу на всіх мобільних платформах. Усі додатки .NET можуть виглядати однаково навіть на різних мобільних пристроях.
3. *Додатки для настільних ПК.* Xamarin можна використовувати для розробки настільних додатків. Крім того, універсальна платформа Windows розширює можливості розробки додатків .NET Windows 10. Windows Presentation Foundation і Windows Forms є іншими платформами для проектування користувацького інтерфейсу в Windows.
4. *Інші додатки* [23].

C# («Сі Шарп») – одна з найбільш швидко зростаючих, затребуваних і при цьому «зручних» мов програмування. Це модифікація фундаментальної мови С від компанії Microsoft, покликана створити найбільш універсальний засіб для розробки програмного забезпечення для великої кількості пристроїв і операційних систем.

C# – це об'єктно-орієнтована мова програмування. Вона була створена в період з 1998 по 2002 рр. командою інженерів Microsoft під керівництвом Андерса Гейлсберга і Скотта Вільтаумота.

C# популярний за рахунок своєї «простоти» для сучасних програмістів і великих команд розробників, які б могли в стислі терміни створювати функціональні та продуктивні додатки. Цьому сприяють нетипові конструкції мови і специфічний синтаксис, що допомагає максимально органічно реалізувати намічені функції [24].

Коли говорять C#, нерідко мають на увазі технології платформи .NET (Windows Forms, WPF, ASP.NET, Xamarin). І, навпаки, коли говорять .NET, нерідко мають на увазі C#. Однак, хоча ці поняття пов'язані, ототожнювати їх невірно. Мова C# була створена спеціально для роботи з фреймворком .NET, однак саме поняття .NET дещо ширше.

Якось Білл Гейтс сказав, що платформа .NET – це найкраще, що створила компанія Microsoft. Можливо, він мав рацію. Фреймворк .NET представляє потужну платформу для створення додатків. Можна виділити такі її основні риси:

1. *Підтримка кількох мов.* Основою платформи є загальномовне середовище виконання Common Language Runtime (CLR), завдяки чому .NET підтримує кілька мов: поряд із C# це також VB.NET, C++, F#, а також різні діалекти інших мов, прив'язані до .NET, наприклад, Delphi.NET. Під час компіляції код будь-якою з цих мов компілюється в збірку загальною мовою CIL (Common Intermediate Language) – свого роду асемблер платформи .NET. Тому за певних умов ми можемо зробити окремі модулі одного додатка окремими мовами.
2. *Кросплатформеність.* .NET є переносною платформою (з деякими обмеженнями). Наприклад, остання версія платформи на даний момент .NET 7 підтримується на більшості сучасних ОС Windows, MacOS, Linux. Використовуючи різні технології на платформі .NET, можна розробляти додатки мовою C# для найрізноманітніших платформ – Windows, MacOS, Linux, Android, iOS, Tizen.
3. *Потужна бібліотека класів.* .NET представляє єдину для всіх підтримуваних мов бібліотеку класів. І який би застосунок ми не збиралися писати на C# – текстовий редактор, чат чи складний веб-сайт – так або інакше ми задіємо бібліотеку класів .NET.
4. *Різнорічність технологій.* Загальномовне середовище виконання CLR і базова бібліотека класів є основою для цілого стека технологій, які розробники можуть задіяти під час побудови тих чи інших додатків.

Наприклад, для роботи з базами даних у цьому стеку технологій призначена технологія ADO.NET і Entity Framework Core. Для побудови графічних додатків з багатим насиченим інтерфейсом – це технологія WPF і WinUI, для створення простіших графічних додатків – Windows Forms. Для розробки кросплатформних мобільних і десктопних додатків – Xamarin/MAUI. Для створення веб-сайтів і веб-додатків – ASP.NET тощо.

5. *Продуктивність*. Згідно з низкою тестів веб-додатки на .NET 7 у низці категорій сильно випереджають веб-додатки, побудовані за допомогою інших технологій. Додатки на .NET 7 в принципі відрізняються високою продуктивністю.

3.2 Опис програми PublicMonitoringParser для перетворення даних з сайту SaveEcoBot.com

Програма PublicMonitoringParser складається з двох основних частин:

1. *Консольний інтерфейс* – дає можливість користувачу вказати шлях до скачаного первісного файлу з великим об'ємом даних з сайту SaveEcoBot.com, а також обрати, скільки знаків після коми у десяткових чисел залишати після розрахунків середньомісячних значень. Також інтерфейс інформує користувача щодо поточного етапу виконання програми або помилках, які можуть виникнути при виконанні.
2. *Логічна частина програми* – частина програми, яка виконує перетворення даних з одного формату до іншого. Ця частина недоступна і не потрібна фінальному користувачу, тому що користувач потребує тільки підсумковий результат, а саме вихідний документ, який включає зручні дані для подальшої їх обробки чи взаємодії з ними.

Структура програми представлена на рис 3.1.

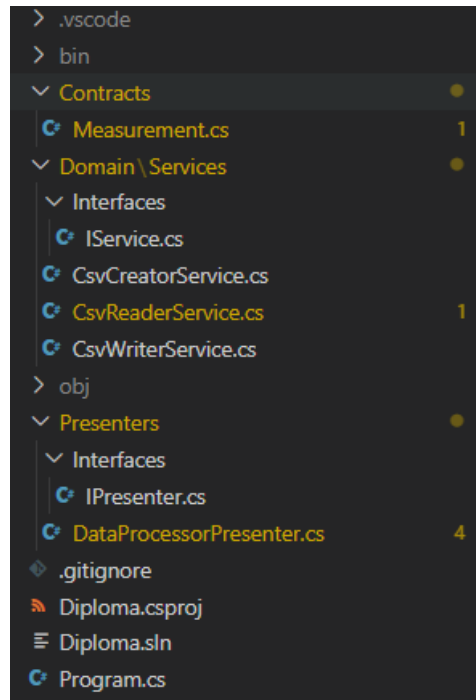


Рисунок 3.1 – Структура програми PublicMonitoringParser у середовищі розробки Visual Studio Code

Перед використанням програми потрібно завантажити на комп'ютер файл з даними ПСЗ з сайту SaveEcoBot.com. Після цього необхідно запуснути застосунок і вказати повний шлях до завантаженого файлу (рис 3.2). Так здійсниться перевірка, чи дійсно такий файл існує на ПК, і у позитивному випадку програма запропонує вказати число знаків після коми: від цього залежить формат чисел у вихідному файлі, який створиться в процесі виконання (рис 3.3). У негативному сценарії (відсутність вказаного файлу за вказаним шляхом) програма запропонує ввести шлях ще раз або завершити свою роботу (рис 3.4). Після того, як користувач введе правильний шлях до існуючого файлу і обере число знаків після коми, починаються розрахунки. Користувачу надійде повідомлення, що вказаний файл обробляється і потрібно зачекати. Під час цього процесу починає свою роботу логічна частина програми. Цей етап складається з 3 частин: зчитування даних з вхідного файлу (рис 3.5); обробка даних і розрахунки (рис 3.6); запис розрахованих величин у новий вихідний файл (рис 3.7). Після виконання усіх

З етапів логічної частини користувачу надійде повідомлення, що все пройшло успішно і створився файл FinalData.csv (рис.3.8), який можна експортувати у Microsoft Excel для подальшої обробки і роботи з середньомісячними даними з автоматизованого ПСЗ, дані з якого оброблювались.

```
2 references
class DataProcessorPresenter : IPresenter
{
    2 references
    public static int numberOfDecimals;
    5 references
    string _fileName;

    1 reference
    public string GetUserInput()
    {
        Console.Clear();
        Console.WriteLine("Enter File Name:");
        _fileName = Console.ReadLine();

        return _fileName;
    }
}
```

Рисунок 3.2 – Метод класу DataProcessorPresenter, який зчитує шлях до файлу з вхідними даними

```
1 reference
private void GetDecimalNumbers()
{
    while (true)
    {
        Console.WriteLine("Enter Decimal Numbers:");

        var decimalNumbers = Console.ReadLine();
        if (!int.TryParse(decimalNumbers, out numberOfDecimals))
        {
            Console.WriteLine("You Entered Not a number, try again!");
            continue;
        }
        break;
    }
}
```

Рисунок 3.3 – Метод класу DataProcessorPresenter, який зчитує кількість знаків після коми

```

1 reference
public string ProcessData()
{
    GetDecimalNumbers();
    Console.Clear();
    Console.WriteLine("Please wait while document is being processed...");
    try
    {
        IService csvService = new csvReaderService(_fileName);

        csvService.Act().Act().Act();
    }
    catch (Exception e)
    {
        return "Unexpected Error occured!";
    }

    return $"FinalData.csv successfully created based on {_fileName}!";
}

```

Рисунок 3.4 – Метод класу DataProcessorPresenter, який починає логічну частину програми або видає помилку користувачу у випадку невірному вводу шляху до файлу з вхідними даними

```

1 reference
class csvReaderService : IService
{
    2 references
    string _fileName;

    1 reference
    public csvReaderService(string fileName)
    {
        _fileName = fileName;
    }

    3 references
    public IService Act()
    {
        var measurementsList = new List<Measurement>();

        using (var reader = new StreamReader(_fileName))
        {
            reader.ReadLine();
            while (!reader.EndOfStream)
            {
                var line = reader.ReadLine();
                var values = line.Split(',');

                try
                {
                    var measurement = new Measurement
                    {
                        Name = values[1],
                        Value = decimal.Parse(values[2].Replace('.', ',')),
                        MeasurementDate = DateTime.Parse(values[3])
                    };
                    measurementsList.Add(measurement);
                }
                catch (System.Exception)
                {
                    continue;
                }
            }
        }

        return new CsvCreatorService(measurementsList);
    }
}

```

Рисунок 3.5 – Клас CsvReaderHelper, який зчитує вхідні дані

```

1 reference
private void CalculateMonthlyAverageConcentrations(List<string> uniqueValues)
{
    var measureYearList = _measurementsList
        .GroupBy(x => x.MeasurementDate.Year)
        .ToList();

    foreach (var measureYear in measureYearList)
    {
        string csvLine = $"{measureYear.Key},";
        var measureMonthsList = measureYear
            .Select(x => x)
            .GroupBy(x => x.MeasurementDate.Month)
            .ToList();

        foreach (var measureMonth in measureMonthsList)
        {
            csvLine += $"{measureMonth.Key},";
            foreach (var valueName in uniqueValues)
            {
                try
                {
                    var averageConcentration = measureMonth
                        .Select(x => x)
                        .Where(x => x.Name == valueName)
                        .Average(x => x.Value);

                    averageConcentration = Math.Round(averageConcentration/* / 1000*/, DataProcessorPresenter.numberOfDecimals);
                    csvLine += $"{averageConcentration.ToString().Replace(',', '.')},";
                }
                catch (System.Exception)
                {
                    csvLine += $"no data,";
                }
            }
            csvLine = csvLine.Remove(csvLine.Length - 1);
            _csv.AppendLine(csvLine);
            csvLine = $"{measureYear.Key},";
        }
    }
}

```

Рисунок 3.6 – Метод класу CsvCreatorHelper, який проводить розрахунки на основі даних, зчитаних класом CsvReaderHelper

```

1 reference
class CsvWriterService : IService
{
    2 references
    string _finalCsvString;

    1 reference
    public CsvWriterService(string finalCsvString)
    {
        _finalCsvString = finalCsvString;
    }

    3 references
    public IService Act()
    {
        File.WriteAllText("FinalData.csv", _finalCsvString);
        return this;
    }
}

```

Рисунок 3.7 – Клас CsvWriterHelper, який записує результати розрахунків у новий файл FinalData.csv

```

1 reference
static void Finish(string finalMessage)
{
    Console.Clear();
    Console.WriteLine(finalMessage);
    Console.WriteLine("Press any key to exit...");
    Console.ReadKey();
    Console.Clear();
    Environment.Exit(0);
}

```

Рисунок 3.8 – Метод для завершення програми

3.3 Повний цикл роботи програми PublicMonitoringParser

Повний цикл роботи програми PublicMonitoringParser включає такі процедури:

1. Відкрити у браузері сайт SavEcoBot.com і обрати мапу якості повітря (рис 3.9).
2. Обрати автоматизований ПСЗ, для якого потрібно провести розрахунок і натиснути кнопку «Детальна інформація» (рис 3.10).
3. У вкладці, що відкрилась, натиснути кнопку «Завантажити дані у форматі CSV», яка знаходиться внизу сторінки (рис 3.11).
4. Відкрити програму і вказати шлях до завантаженого файлу (рис 3.12).
5. Вказати число знаків після коми для даних кінцевого файлу (рис 3.13).
6. Зачекати, поки програма зробить розрахунки (час залежить від обсягу даних і можливостей комп'ютера) (рис 3.14).
7. Отримати повідомлення про успішне виконання програми і створення нового файлу FinalData.csv, в якому знаходяться результати перетворення (рис 3.15).
8. Експортувати отриманий файл в Microsoft Excel для подальшої роботи з отриманими даними (рис 3.16).

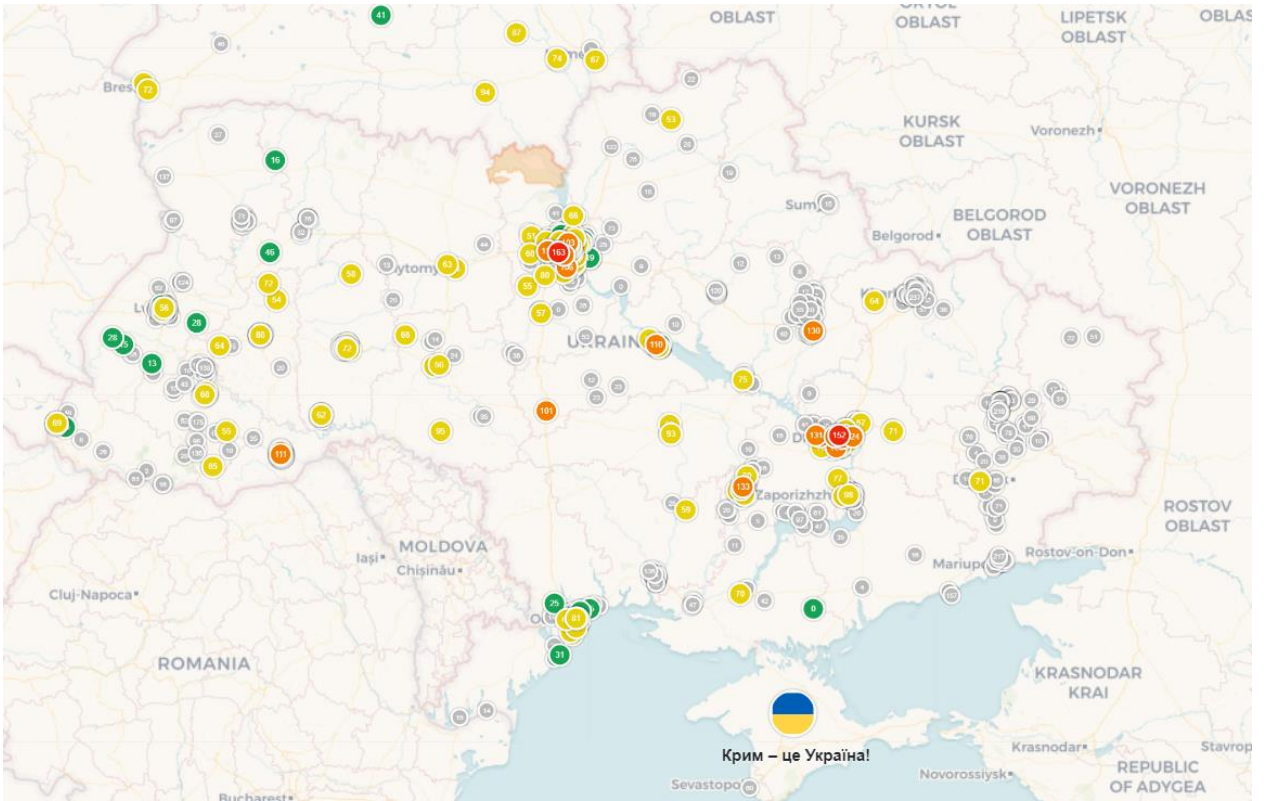


Рисунок 3.9 – Мапа якості повітря на сайті SaveEcoBot.com

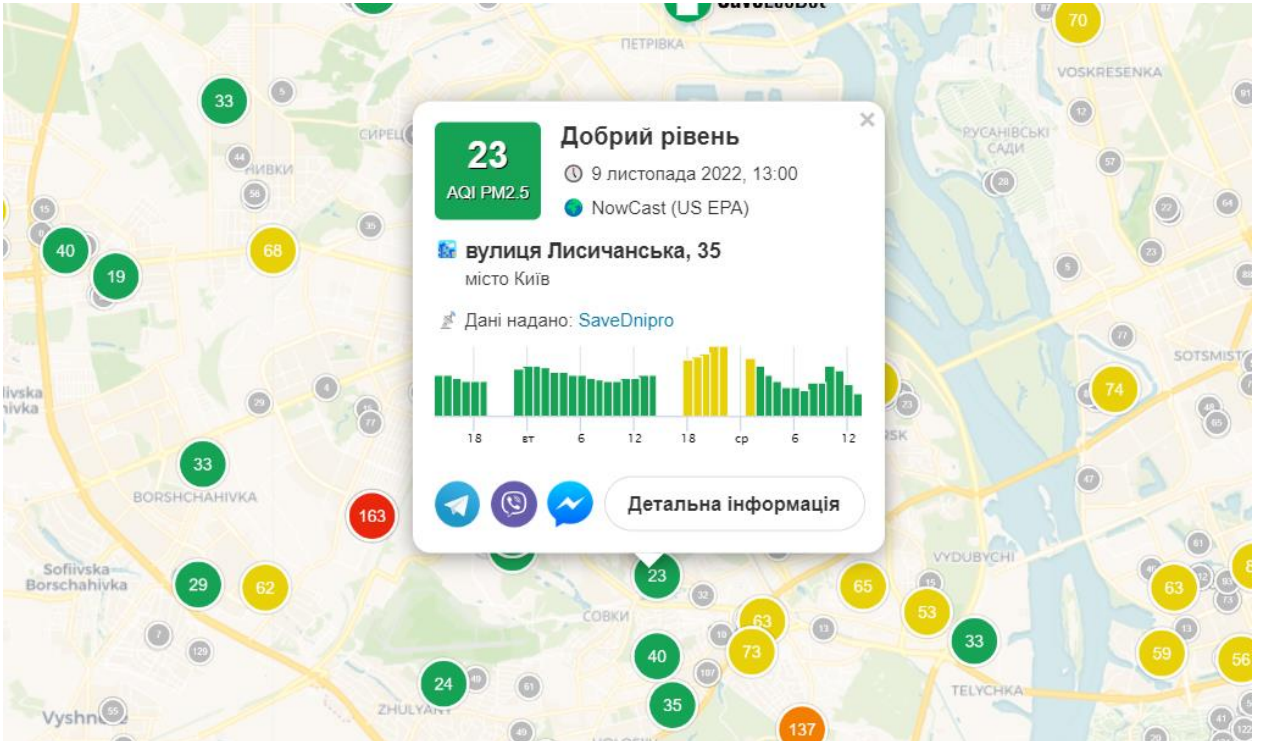


Рисунок 3.10 – Поточні дані автоматизованого ПСЗ у м. Київ, вул. Лисичанська, 35

Первинні дані на 09 листопада 2022, 13:06

- PM2.5: 4.2 мкг/м³
- PM10: 13.6 мкг/м³
- Температура: 14.2 °C
- Відносна вологість: 52.9 %
- Атмосферний тиск: 1005.5 гПа
- HECA – Температура: 15.54 °C
- HECA – Відносна вологість: 56.49 %

Історія первинних даних зі станції за адресою вулиця Лисичанська, 35

Переглянути дані

Завантажити дані у форматі CSV

Рисунок 3.11 – Кнопка завантаження даних автоматизованого ПСЗ у м. Київ, вул. Лисичанська, 35

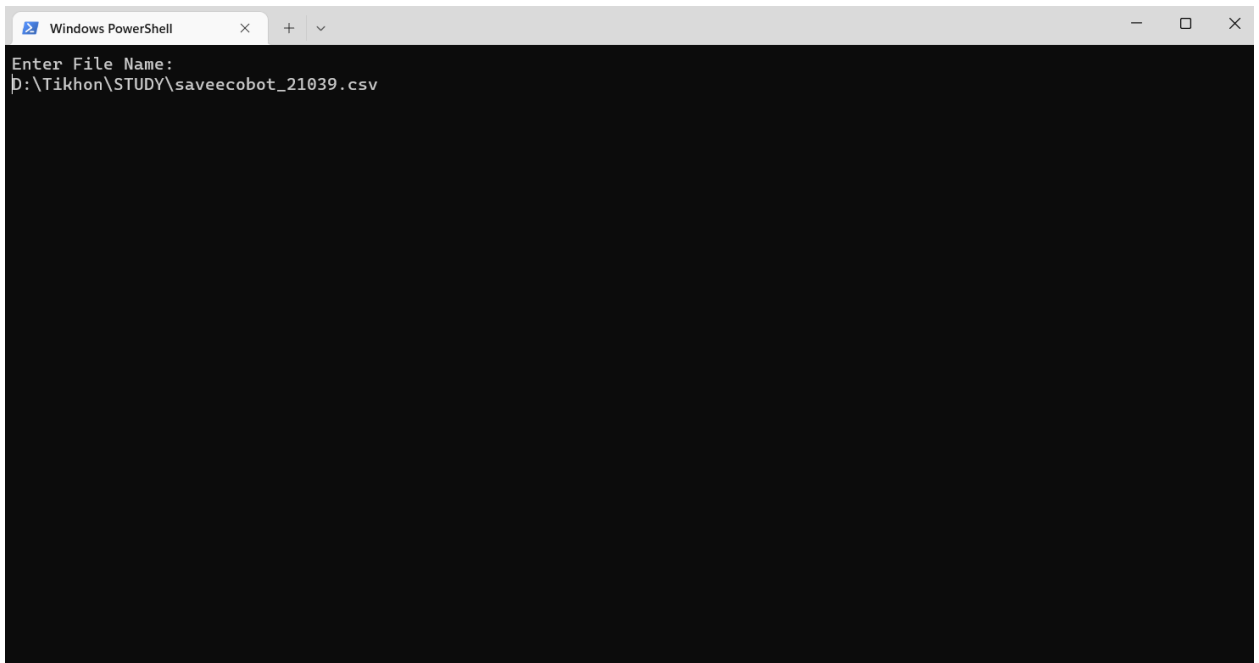


Рисунок 3.12 – Введення повного шляху до скачаного файлу з даними

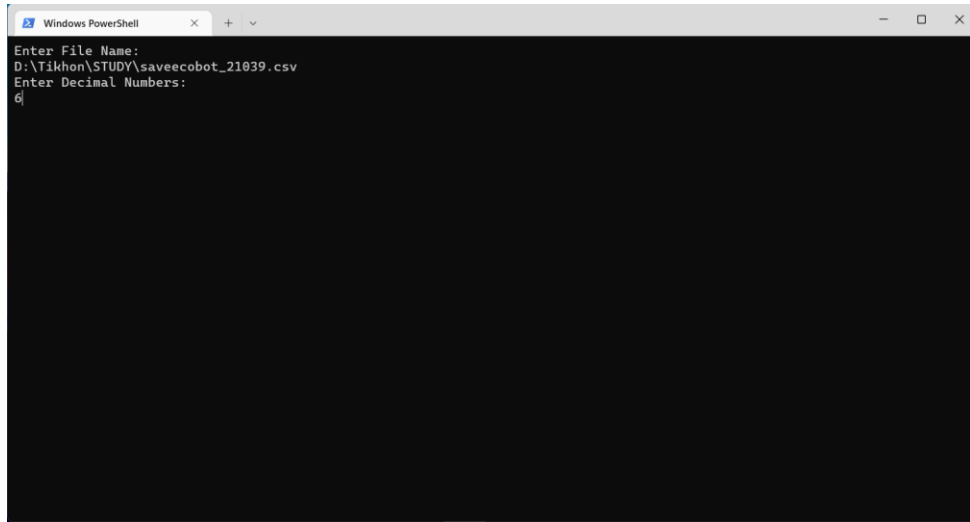


Рисунок 3.13 – Введення числа знаків після коми

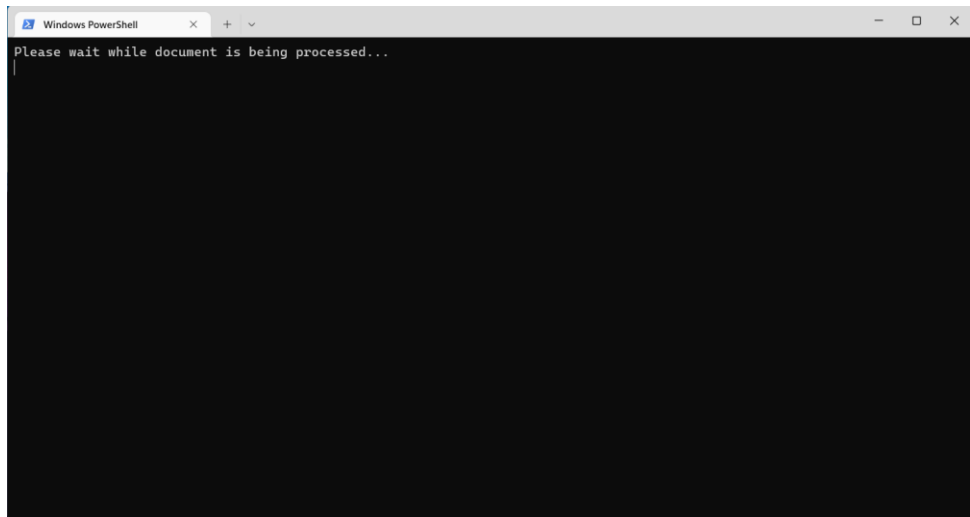


Рисунок 3.14 – Процес очікування результатів розрахунків

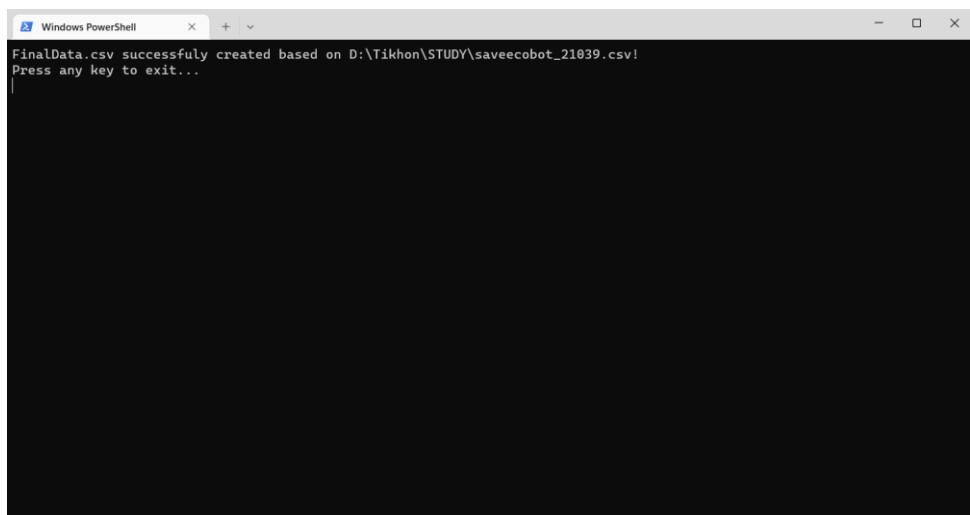


Рисунок 3.15 – Завершення роботи програми за позитивним сценарієм

	Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7					
1	year	month	pm1	pm25	pm10	temperature	humidity					
2	2022	8	5.025332	7.544705	16.621283	24.527785	55.722313					
3	2022	9	5.084806	6.914277	11.370732	14.219109	73.082716					
4	2022	10	4.497492	6.284408	10.835604	12.056883	70.409353					
5	2022	11	8.046957	10.423060	14.668882	8.209385	80.719274					
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Рисунок 3.16 – Результати розрахунків середньомісячних показників забруднення і метеопараметрів у таблиці Microsoft Excel

В результаті роботи програми в даному випадку отримали дані середньомісячних концентрацій окремих ЗР і метеопараметрів за період з серпня по листопад 2022 р., які представлені у виді таблиці об'ємом менше 10 строк. Вихідні дані складали майже п'ятсот тисяч строк щохвилинних спостережень, які безперервно тривали з серпня 2022 р. Програма перетворила п'ятсот тисяч строк незручної для людини інформації на декілька строк, з якими можна працювати і проводити подальші необхідні розрахунки.

3.4 Оцінка якості повітряного басейну у Львівській області

За даними сайту SavEcoBot.com із застосуванням розробленої програми виконано оцінку якості повітряного басейну для Львівської області за 2021 р. Спостереження проводились за вмістом 6 ЗР, а саме: CO , NO_2 , SO_2 , O_3 , NH_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10} . Зазначимо що лише за вмістом $PM_{2,5}$ і PM_{10} спостереження

проводились по області в цілому. За більшістю речовин були наявні дані моніторингу лише на 1 ПСЗ у м. Львів за адресою вул. Пластова, 13.

На рис. 3.17 – 3.23 наведено динаміку річного ходу концентрацій окремих ЗР.

Вміст NO_2 за наявними даними (рис. 3.17) характеризувався мінімальними значеннями у січні, березні – червні 2021 р. Максимальні значення в цілому відзначались в період з липня по грудень. Також відзначено у більшості випадків перевищення $ГДК_{сд}$.

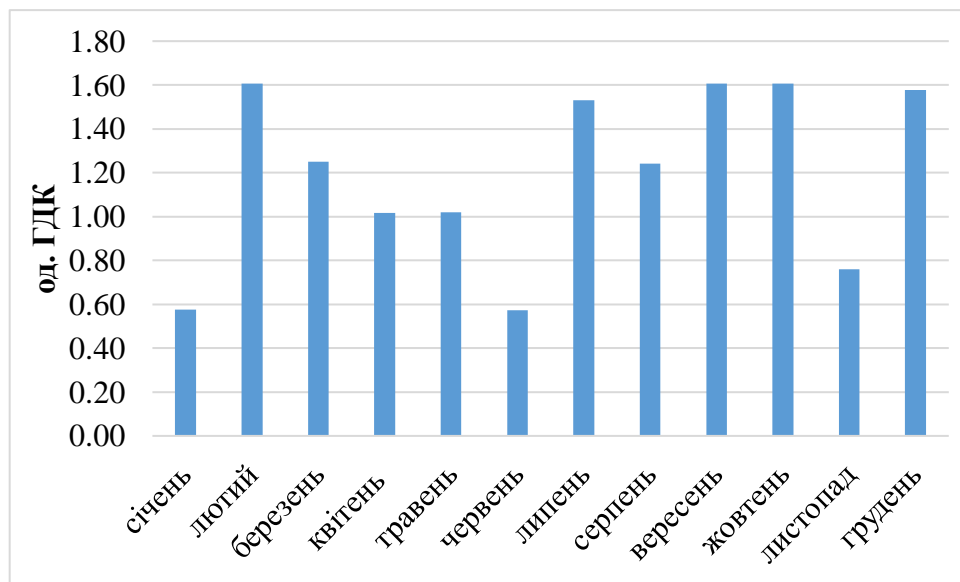


Рисунок 3.17 – Вміст NO_2 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.

Вміст SO_2 (рис. 3.18) характеризувався вираженою сезонною динамікою на протязі року. Максимальні концентрації відзначались у травні – серпні. У цей період, а також восени вміст даної ЗР перевищував нормативи якості у м. Львів з максимумом до $2,5 ГДК_{сд}$. Зазначимо, що у більшості регіонів України концентрації SO_2 зазвичай не перевищують нормативів якості.

Протилежна картина відзначена для вмістом CO (рис. 3.19) з максимумом у лютому і мінімальними концентраціями у весняно-літній період. При цьому вміст CO на протязі всього року значно нижче нормативів якості.

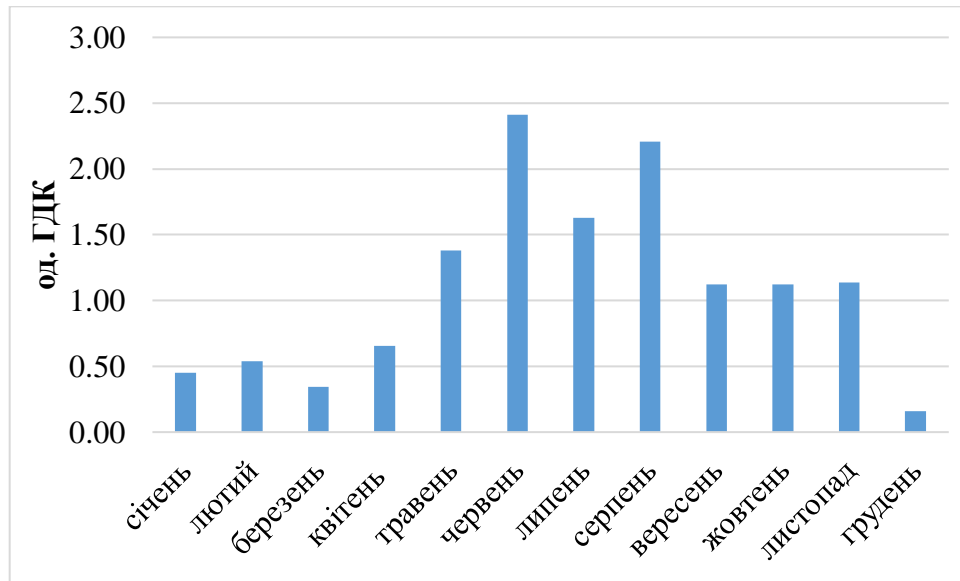


Рисунок 3.18 – Вміст SO_2 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.

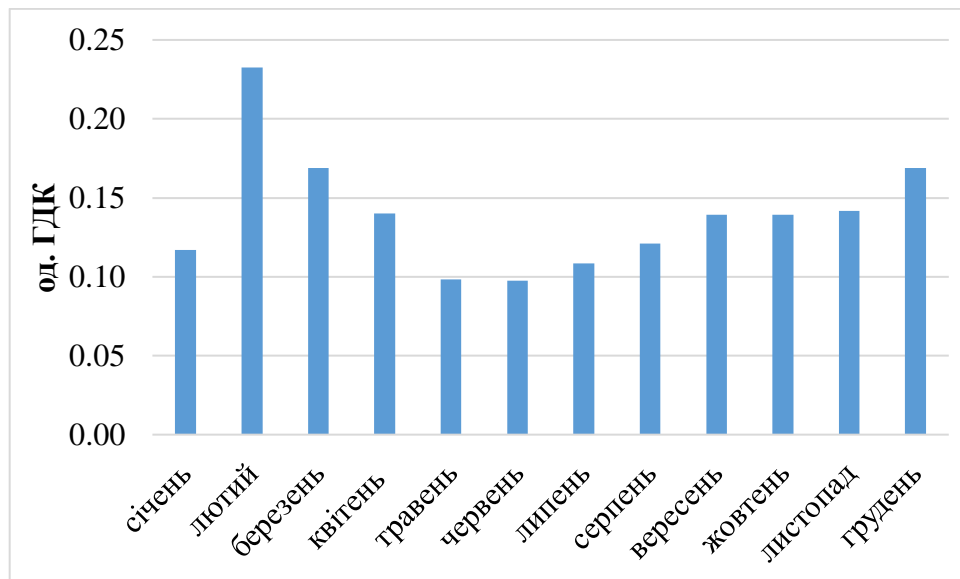


Рисунок 3.19 – Вміст CO у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.

Загальних тенденцій розподілу концентрацій O_3 (рис. 3.20) на протязі року виявлено не було. На протязі року вміст даної домішки не перевищував $ГДК_{сд}$.

Значний інтерес виявив розподіл NH_3 (рис. 3.21). максимальні концентрації відзначались у травні – серпні з перевищенням 9 – 16 $ГДК_{сд}$. В цілому на протязі року за виключенням січня і лютого концентрації NH_3 перевищували нормативи якості. Отримані результати є цікавими, оскільки

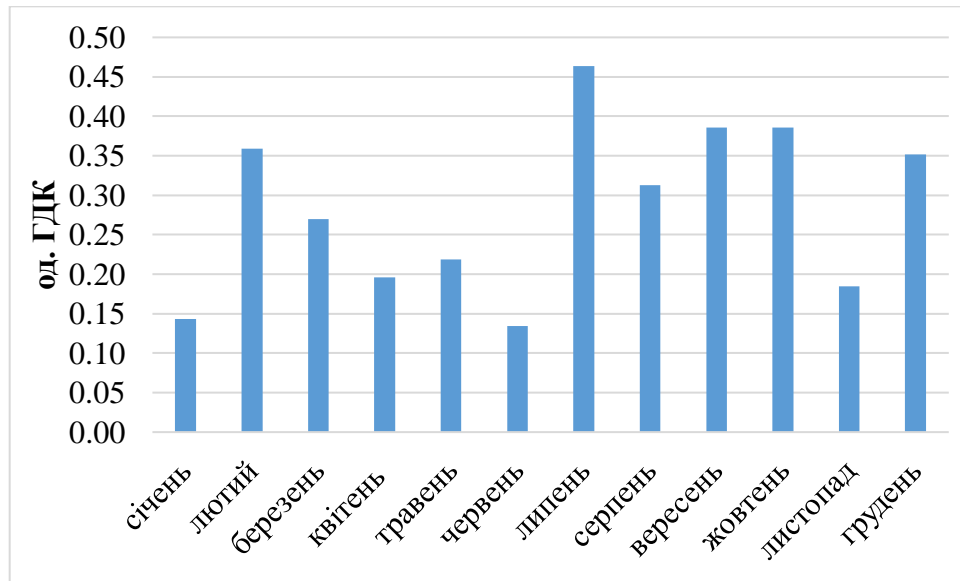


Рисунок 3.20 – Вміст O_3 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.

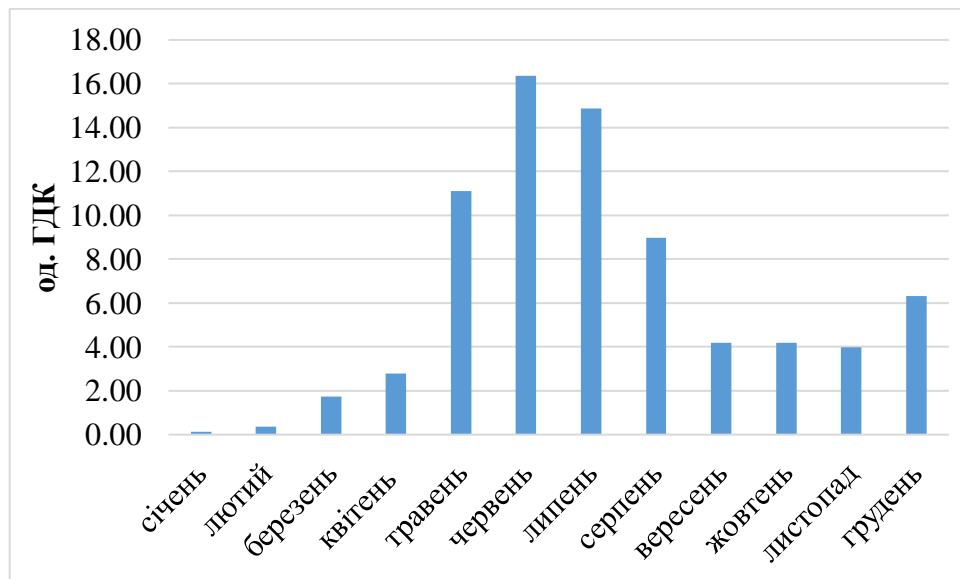


Рисунок 3.21 – Вміст NH_3 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.

свідчать про існуюче джерело надходження даної домішки в районі розташування ПСЗ.

Згідно з літературними даними, на вул. Пластовій переважає промислова забудова зі значною кількістю підприємств, в першу чергу, транспортної галузі. Також на початку вулиці розташована нафтобаза автозаправних комплексів «ОККО». Вулиця перетинає залізничну колію. На північ від вул. Пластової розташовані міські очисні споруди. За окремими даними, у даному

районі планувалась будова сміттєзаводу у найближчі 2 роки. Наявність такої інфраструктури частково пояснює високі концентрації окремих ЗР у повітряному басейні.

Вміст $PM_{2,5}$ (рис. 3.22) у повітряному басейні Львівської області в цілому характеризувався зменшенням концентрацій у весняно-літній період. Аномальний максимум відзначено у жовтні на одному з ПСЗ у м. Львів (вул. Малоголосківська 8д). Перевищень нормативів ВООЗ не відзначалось.

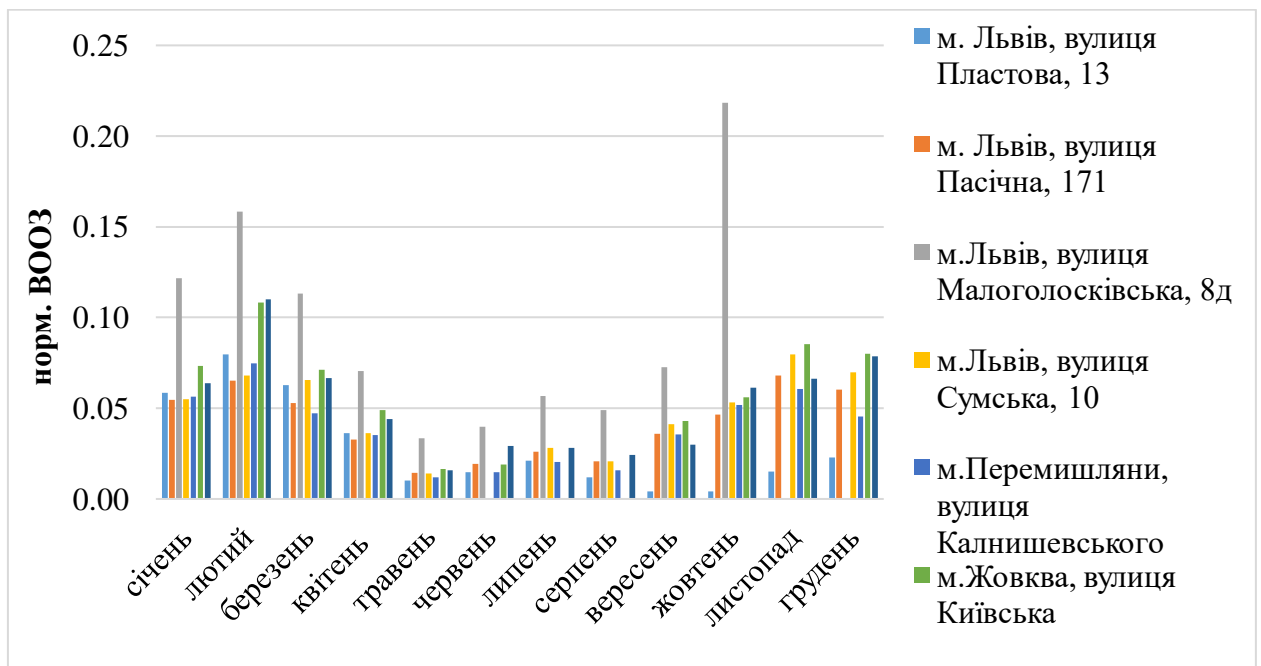


Рисунок 3.22 – Вміст $PM_{2,5}$ у повітряному басейні Львівської області у 2021 р.

Аналогічний розподіл характерний і для вмісту PM_{10} (рис. 3.23). В цілому концентрації були дещо вище порівняно з $PM_{2,5}$, проте перевищень норм ВООЗ також не відзначалось.

Аналіз розподілу концентрації по території області було зроблено лише для $PM_{2,5}$ і PM_{10} (рис. 3.24). Аналіз показує, що максимальні концентрації відзначались на окремих ПСЗ у м. Львів (вул. Пасічна. 171, Малоголосківська 8д), а також у м. Жовква.

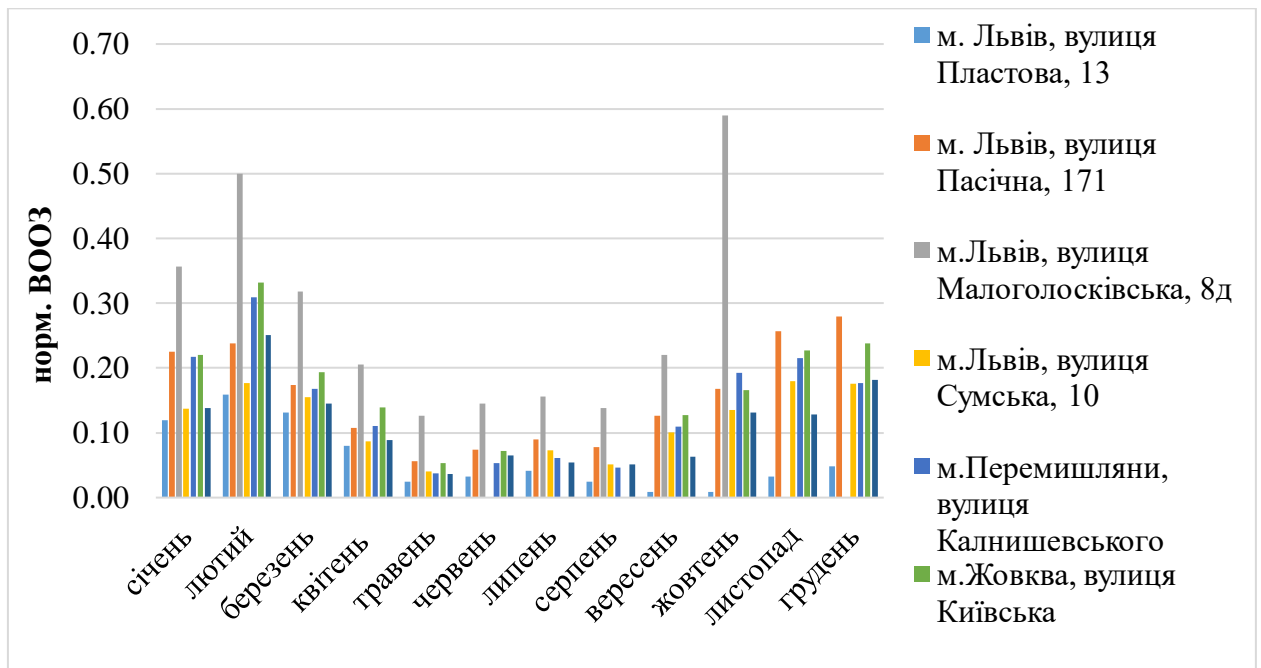


Рисунок 3.23 – Вміст PM_{10} у повітряному басейні Львівської області у 2021 р.

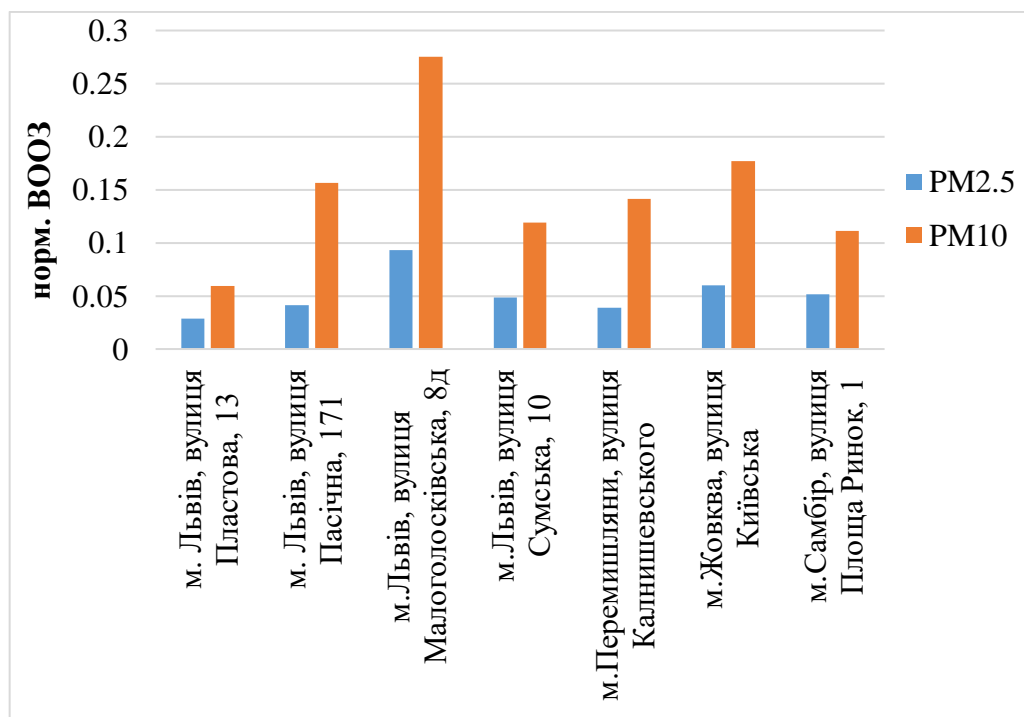


Рисунок 3.24 – Вміст $PM_{2,5}$ та PM_{10} у повітряному басейні Львівської області у 2021 р.

Було проведено порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ, для окремих ЗР по м. Львів (рис. 3.25) з урахуванням матеріалів [25]. Як видно, загальної залежності не виявлено. Лише за вмістом

NO_2 результати є порівняними. Проте таке порівняння не є цілком правомірним, оскільки стаціонарні (4 ПСЗ) розташовані по всій території міста.

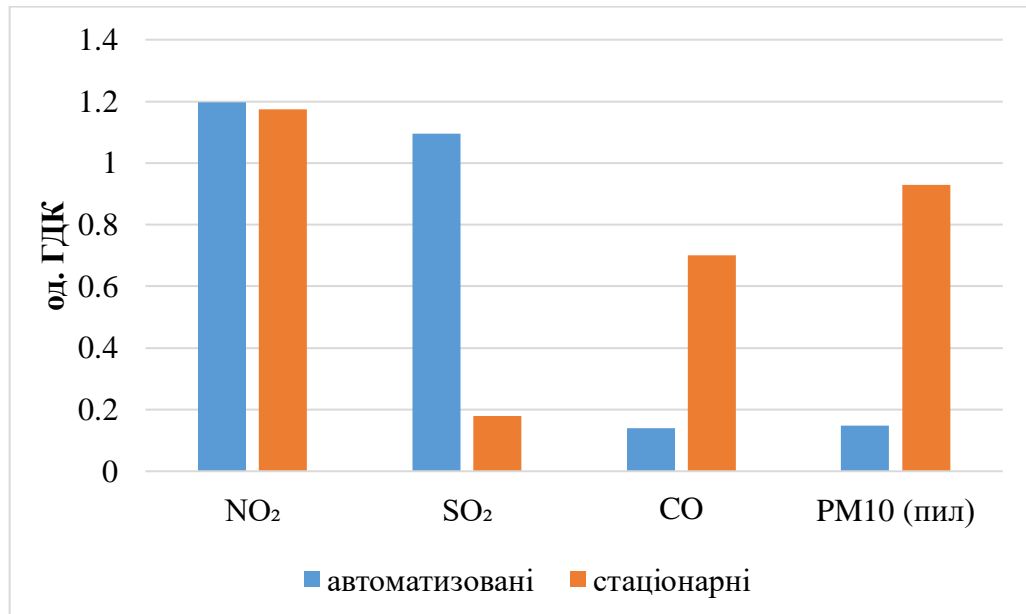


Рисунок 3.25 – Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ (м. Львів, 2021 р.)

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи магістра є аналіз функціонування автоматизованих систем моніторингу забруднення атмосферного повітря в окремих регіонах України.

В результаті виконаних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Системи автоматизованого моніторингу в останні роки все більше застосовуються для оцінки стану атмосферного повітря в регіонах України. Одним з прикладів застосування таких систем є система громадського моніторингу.
2. З метою оцінки стану повітряного басейну в Україні в системі громадського моніторингу застосовуються такі додатки як SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro.
3. На початок військових дій дані передавало 296 станцій EcoCity. Станом на 6 вересня 2022 р. ця цифра складає 236 станцій. Також від початку війни було встановлено та активовано тільки 31 станцію громадського моніторингу.
4. У Київській області спостереження проводяться на автоматизованих ПСЗ у 15 містах за вмістом 6 ЗР. Аналіз за 2021 р. показав, що відзначались окремі випадки перевищення $ГДК_{cd}$ за вмістом SO_2 (це не є характерним для забруднення в Україні) і NO_2 . Суттєві перевищення нормативів відзначались за вмістом O_3 (до $25 ГДК_{cd}$).
5. Аналіз середньорічного вмісту ЗР у повітряному басейні по окремих населених пунктах Київської області показав, що максимальний вміст CO відзначався у мм. Узин та Ірпінь, SO_2 – у смт. Велика Димерка та Іванків, NO_2 – у смт. Іванків, мм. Переяслав-Хмельницький та Ірпінь, H_2S – у смт. Іванків у лютому, O_3 – у мм. Ірпінь і Переяслав-Хмельницький у квітні, $PM_{2,5}$ і PM_{10} – у мм. Ірпінь, Боярка і Вишневе.
6. Відсутність офіційних даних щодо рівня забруднення повітряного

басейну Київської області у 2021 р. не дозволило виконати порівняння з отриманими результатами. Але за даними 2020 р. аномальних перевищень нормативів якості за вмістом окремих ЗР не відзначалось.

7. На території Дніпропетровської області встановлено 11 стаціонарних автоматизованих ПСЗ. Аналіз проведено за вмістом 6 ЗР. Перевищення нормативів на протязі року відзначалось за вмістом NO_2 , O_3 (до 7 – 11 $ГДК_{сд}$), NH_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10} (одиночні випадки).
8. Аналіз розподілу по населених пунктах Дніпропетровської області показав, що максимальні концентрації NO_2 відзначено у м. Павлоград, а також на окремих пунктах у мм. Дніпро (Ефір 2.2) і Покров (Ефір 2.6). Концентрації SO_2 були значно вище у повітряному басейні м. Покров, вміст CO – у м. Павлоград, вміст O_3 – у м. Дніпро (Ефір 2.3). середньорічний вміст перевищував нормативи якості у м. Покров. Вміст NH_3 визначався лише на протязі двох місяців. При цьому значення сягали 6 – 17 $ГДК_{сд}$. Максимум зафіксовано у м. Павлоград. Найбільші концентрації $PM_{2,5}$ відзначались на окремих ПСЗ у мм. Дніпро (Ефір 2.1) і Покров (Ефір 2.7), PM_{10} – на пункті Ефір 2.1 (м. Дніпро).
9. Порівняння даних автоматизованих спостережень зі стаціонарними на прикладі м. Дніпро показало, що у більшості випадків концентрації ЗР, визначені на стаціонарних ПСЗ, значно вище, ніж відповідні дані, отримані шляхом автоматизованих спостережень. Виключення складає вміст NH_3 . Такі результати можна частково пояснити обмеженими даними автоматизованих спостережень.
10. Аналіз забруднення атмосферного повітря в Одеській області за вмістом 5 ЗР показав, що перевищення нормативів відзначались для NO_2 , SO_2 у смт. Нові Біляри, $PM_{2,5}$ – у смт. Олександрівка.
11. Розробка програми SaveEcoBotParser дозволяє перетворювати численні дані з сайту громадського моніторингу SaveEcoBot.com на середньомісячні концентрації ЗР, які є більш зручними для подальшої обробки.

12. За даними сайту SavEcoBot.com із застосуванням розробленої програми виконано оцінку для Львівської області за вмістом 6 ЗР. За більшістю речовин були наявні дані моніторингу лише на ПСЗ у м. Львів за адресою вул. Пластова, 13. Перевищення GDK_{CO} відзначалось за вмістом NO_2 , SO_2 , NH_3 .

13. Порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ, для окремих ЗР показало, що лише за вмістом NO_2 результати є порівняними. Проте таке порівняння не є цілком правомірним, оскільки стаціонарні (4 ПСЗ) розташовані по всій території міста.

Отримані результати свідчать, що дані автоматизованих ПСЗ доповнюють мережу стаціонарних пунктів (як приклад ПСЗ на вул. Пластова у м. Львів). На жаль, на даний час існуюча стаціонарна мережа спостережень за забрудненням атмосфери у більшості регіонів України є застарілою і потребує переобладнання. Невідповідність отриманих результатів також може бути пов'язана з відмінністю принципів відбору проб і аналізу проб повітря.

В цілому необхідно подальше впровадження автоматизованих систем, які більш повно і детально характеризують стан повітряного басейну в окремих населених пунктах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електронний ресурс: URL: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/113461/mod_resource/content/1/Lec-8M.pdf (дата звернення: 5.11.2022).
2. Електронний ресурс: URL: shorturl.at/ftNPT (дата звернення: 5.11.2022).
3. Електронний ресурс: URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebm/severin_priodohoronni_tehnologii/11-6-3.html (дата звернення: 5.11.2022).
4. Електронний ресурс: URL: <https://ecology-kievoblast.com.ua/page/standovkillya-kyuivskoju-oblasti> (дата звернення: 5.11.2022).
5. Електронний ресурс: URL: <https://ecolog-ua.com/news/pro-avtomatyzovanu-systemu-ekologichnogo-monitoryngu-atmosfernogo-povitrya-u-misti-brovary> (дата звернення: 5.11.2022).
6. Електронний ресурс: URL: <https://data.gov.ua/dataset/185b2f83-bdbf-4754-a1ac-1da3366dc1a2> (дата звернення: 3.11.2022).
7. Електронний ресурс: URL: https://kr.gov.ua/ua/news/pg/240720113300946_n/ (дата звернення: 3.11.2022).
8. Гриб О.М., Чугай А.В. Автоматизований моніторинг та оцінка якості атмосферного повітря. Методичні вказівки для підготовки студентів за спеціальностями 101 «Екологія» та 103 «Науки про Землю». Одеса: ОДЕКУ, 2019. 58 с.
9. Електронний ресурс: URL: <https://www.facebook.com/Науково-експертний-центр-моніторингу-навко-лишнього-середовища-ОДЕКУ-346553949377404> (дата звернення: 3.11.2021).
10. Електронний ресурс: URL: <https://mistaua.com/> (дата звернення: 13.11.2021).
11. Електронний ресурс: URL: <https://shotam.info/ecocity-iak-shkoliarivstvoryly-pershu-v-ukraini-merezhu-monitorynhu-iakosti-povitria/> (дата звернення: 13.10.2022).

- 12.Електронний ресурс: URL: <https://www.savednipro.org/about/> (дата звернення: 3.11.2022).
- 13.Електронний ресурс: URL: https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2019/08/mg_2991.jpg (дата звернення: 3.11.2022).
- 14.Електронний ресурс: URL: <https://cleanair.org.ua/7375/war-air-round-table/> (дата звернення: 3.11.2022).
- 15.Електронний ресурс: URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата звернення: 2.12.2020).
- 16.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Київської області у 2020 році. Київ, 2021. 212 с.
- 17.Лавров Т.В. Аналіз якості атмосферного повітря Київської області за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали Міжнародної наукової конференції за участю молодих науковців «Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування»*. Одеса: ОДЕКУ, 2022. С. 87 – 90.
- 18.Електронний ресурс: URL: <https://adm.dp.gov.ua/file-storage/standovkillya?v=5e299f1d6a9af> (дата звернення: 2.10.2022).
- 19.Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2021 рік. Дніпро, 2022. 241 с.
- 20.Електронний ресурс: URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9110/1/LavrovTV_KRB_KEOD_2021.pdf (дата звернення: 6.11.2022).
- 21.Чугай А.В., Лавров Т.В., Боровська Г.О., Чернякова О.І. Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса із застосуванням даних автоматизованих спостережень. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 28. С. 120 – 128.
- 22.Чугай А.В., Лавров Т.В. Забруднення атмосферного повітря Одеської області за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля»*.

- Енергозбереження*». Полтава: НУ «Полтавська політехніка», 2021. С. 356 – 359.
- 23.Електронний ресурс: URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/net/> (дата звернення: 15.10.2022).
- 24.Електронний ресурс: URL: <https://timeweb.com/community/articles/chto-takoe-csharp> (дата звернення: 15.10.2022).
- 25.Звіт про результати моніторингу природного довкілля Львівщини за 2021 рік. Львів, 2022. 85 с.

ДОДАТКИ

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**

1. Чугай А.В., Лавров Т.В., Боровська Г.О., Чернякова О.І. Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса із застосуванням даних автоматизованих спостережень. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 28. С. 120 – 128.
2. Чугай А.В., Лавров Т.В. Впровадження автоматизованих систем моніторингу атмосферного повітря. *VIII-й Міжнародний з'їзд екологів (Екологія / Ecology – 2021)*. Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 201 – 202.
3. Чугай А.В., Лавров Т.В. Забруднення атмосферного повітря Одеської області за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»*. Полтава: НУ «Полтавська політехніка», 2021. С. 356 – 359.
4. Лавров Т.В. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в Україні із застосуванням автоматизованих систем. *Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету*. Одеса: ОДЕКУ, 2022. С. 120 – 121.
5. Лавров Т.В. Аналіз якості атмосферного повітря Київської області за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали Міжнародної наукової конференції за участю молодих науковців «Регіональні проблеми охорони довкілля та збалансованого природокористування»*. Одеса: ОДЕКУ, 2022. С. 87 – 90.
6. Чугай А.В., Лавров Т.В. Стан повітряного басейну Дніпропетровської області за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Довкілля*.

Енергозбереження». Полтава: НУ «Полтавська політехніка», 2022 (у друку).

ДОВІДКА
щодо участі Лаврова Т.В. у НДР кафедри екології та охорони
довкілля

Даною довідкою підтверджую, що окремі результати кваліфікаційної роботи магістра Лаврова Тихона Валентиновича на тему «Стан атмосферного повітря окремих регіонів України за даними автоматизованих спостережень» увійшли до заключного звіту кафедри екології та охорони довкілля з НДР «Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів Північно-Західного Причорномор'я» у 2022 р. (№ ДР 0120U105060).

Зав. каф. екології та
охорони довкілля

Т.А. Сафранов