

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Оцінка забруднення повітряного басейну м. Одеса за даними
автоматизованих спостережень

Виконав студент групи Е-41
спеціальності 101 – Екологія
Лавров Тихон Валентинович

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

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 101 - Екологія

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

22 квітня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Лаврову Тихону Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка забруднення повітряного басейну м. Одеса за даними автоматизованих спостережень

керівник роботи Чугай Ангеліна Володимирівна, д.т.н., доц.

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

затверджені наказом ОДЕКУ від 18 грудня 2020 року № 254-«С»

2. Строк подання студентом роботи 11 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи дані автоматизованих спостережень за якістю атмосферного повітря на пункті ОДЕКУ

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

1) Загальна характеристика системи моніторингу атмосферного повітря в Україні

2) Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень і багаторічних досліджень

3) Оцінка стану повітряного басейну м. Одеса із застосуванням параметрів сталого розвитку

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 1) Приклад результатів вимірювань приладом AQТ420 і узагальнення даних (м. Одеса, ОДЕКУ) (2 рис.).
 - 2) Місце розташування пункту спостережень на території ОДЕКУ (1 рис.).
 - 3) Розташування стаціонарного пункту спостережень ОДЕКУ з встановленим приладом AQТ420 (1 рис.).
 - 4) Значення ІЗА в найбільш забруднених містах України у 2016 – 2019 рр. (1 рис.).
 - 5) Обсяги викидів основних ЗР від стаціонарних джерел у м. Одеса (1 рис.).
 - 6) Динаміка зміни середньорічних концентрацій ЗР в атмосферному повітрі м. Одеса у 2003 – 2018 рр. (1 рис.).
 - 7) Значення КІЗА і І₅ м. Одеса у 2003 – 2018 рр. (1 рис.).
 - 8) Динаміка зміни середньомісячних концентрацій ЗР за даними автоматизованих спостережень (6 рис.).
 - 9) Порівняльний аналіз даних спостережень на AQТ420 і по м. Одеса в цілому у 2019 р. (1 рис.).
 - 10) Динаміка зміни концентрацій NO₂ і СО в літній та осінній періоди 2019 р. (4 рис.).
 - 11) Значення ІЗА діоксидом азоту і оксидом вуглецю (пункт спостережень ОДЕКУ, 2019 р.) (2 рис.).
 - 12) Оцінка стану повітряного басейну м. Одеса за показниками сталого розвитку (1 рис.).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 22 квітня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Характеристика автоматизованої системи спостережень за якістю атмосферного повітря в Україні	22.04.21-30.04.21	100	5(відмінно)
2.	Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень	01.05.21-10.05.21	100	5(відмінно)
	Рубіжна атестація	11.05.21-15.05.21	100	5(відмінно)
3.	Порівняльна характеристика рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих і постійних моніторингових спостережень	16.05.21-21.05.21	100	5(відмінно)
4.	Оцінка стану повітряного басейну із застосуванням параметрів сталого розвитку	22.05.21-31.05.21	100	5(відмінно)
5.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення електронної версії роботи. Перевірка на наявність плагіату. Складення протоколу керівником та авторського договору студентом	01.06.21-06.06.21	100	5(відмінно)
6.	Підготовка паперової версії роботи і презентаційного матеріалу до процедури передзахисту. Внесення коректив. Рецензування роботи. Підготовка до публічного захисту	07.06.21-11.06.21	100	5(відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		100,0	

Студент _____

(підпис)

Лаєров Т.В. _____

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Чугай А.В. _____

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лавров Т.В. Оцінка забруднення повітряного басейну м. Одеса за даними автоматизованих спостережень.

Одеса – це не тільки велике багатофункціональне місто на півдні України, але й територія, що зумовлює формування несприятливої екологічної ситуації. Серед існуючих сучасних екологічних проблем Одеси пріоритетним є забруднення повітряного басейну.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень, а також оцінка стану повітряного басейну із застосуванням окремих параметрів сталого розвитку.

Об'єктом дослідження є забруднення атмосферного повітря м. Одеса, предметом дослідження – стан повітряного басейну.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали літературних джерел інформації, а також дані безперервних спостережень за якістю атмосферного повітря м. Одеса і відомості щодо викидів окремих речовин в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними джерелами.

Концентрації майже всіх ЗР перевищують значення $ГДК_{сд}$ в середньому в 1,5 – 2 рази. Максимальні концентрації відзначаються за вмістом формальдегіду. За значенням I_5 рівень забруднення атмосферного повітря у 2003 – 2015 рр. класифікується як «сильно забруднена», у 2016 – 2017 рр. – як «забруднена», у 2018 рр. – як «сильно забруднена».

Порівняння даних спостережень за вмістом окремих поллютантів на пункті ОДЕКУ з даними багаторічних спостережень по місту показав, що вміст діоксиду азоту в цілому відповідає середньому багаторічному по місту в цілому. Вміст оксиду вуглецю на два порядки нижче за даними спостережень на мережі пунктів по місту, вміст PM_{10} на порядок нижче концентрацій пилу.

За результатами ранжування отримано, що за більшістю ЗР рівень забруднення атмосфери м. Одеса можна характеризувати як підвищений. За окремими речовинами (діоксид сірки і оксид азоту) він характеризується як допустимий, а за вмістом формальдегіду – як екстремально високий.

Оцінка стану повітряного басейну міста із застосуванням окремих параметрів індексу екологічного виміру показала, що більш кращі умови відзначались у 2014 і 2016 рр. Умови сталого розвитку характеризуються середніми показниками, але у бік погіршення ситуації.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи складає 58 с., в т.ч. 24 рис., 3 табл. та 33 літературні джерела.

Ключові слова: автоматизовані спостереження, атмосферне повітря, забруднення, сталий розвиток.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ	10
1.1 Організація спостережень	10
1.2 Пункти спостережень	12
2 ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ОДЕСА ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	19
2.1 Характеристика перетворювача якості повітря Vaisala AQT420	19
2.2 Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеса	25
3 ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ОДЕСА ЗА ОКРЕМИМИ ПОКАЗНИКАМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	44
ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТОК	57

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

ЄС – Європейський союз

ЗР – забруднююча речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери

МВСР – метрика для вимірювання процесів сталого розвитку

ОДЕКУ – Одеський державний екологічний університет

ПЗ – програмне забезпечення

ПЗФ – природно-заповідний фонд

ПСЗ – пункт спостережень за забрудненням атмосфери

ТПВ – тверді побутові відходи

ЦП – центральний пульт

ВСТУП

Урбанізовані території є окремими джерелами забруднення та одним із головних чинників зміни навколишнього середовища. Поєднання уявлень про стан та якість навколишнього середовища урбанізованих територій спирається на вивчення найбільш вразливої її природної складової, компоненти якої є індикаторами антропогенних впливів на міське середовище. Одеса – це не тільки велике багатофункціональне місто на півдні України, але й територія, що зумовлює формування несприятливої екологічної ситуації. Серед існуючих сучасних екологічних проблем Одеси пріоритетним є забруднення повітряного басейну.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень, а також оцінка стану повітряного басейну із застосуванням окремих параметрів сталого розвитку.

Об'єктом дослідження є забруднення атмосферного повітря м. Одеса, предметом дослідження – стан повітряного басейну.

В якості вихідних даних в роботі використані матеріали літературних джерел інформації, а також дані безперервних спостережень за якістю атмосферного повітря м. Одеса і відомості щодо викидів окремих речовин в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними джерелами.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- надати характеристику системи моніторингу атмосферного повітря в Україні, в тому числі із застосуванням автоматизованих систем моніторингу;
- виконати оцінку, аналіз і ранжування рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за вмістом окремих забруднюючих речовин за даними автоматизованих спостережень і постійно діючої мережі стаціонарних пунктів;

- виконати оцінку стану повітряного басейну міста із застосуванням окремих параметрів індексу екологічного виміру.

Новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше проведено аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса на основі даних автоматизованих спостережень.

Робота апробована на таких наукових і науково-практичних конференціях:

- VII Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (ХНУ ім. В.Н. Каразіна, листопад 2019 р.);
- II тур Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за напрямом «Екологічна безпека комплексу «Автомобіль – навколишнє середовище» (ХНАДУ, квітень 2020 р.);
- 6-й Міжнародний молодіжний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (НУ «Львівська політехніка», лютий 2021 р.);
- II тур Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності 191 – Архітектура та містобудування (спрямування «Екологічні аспекти сталого розвитку міст») (ХНУБА, квітень 2021 р.);
- щорічна конференція молодих вчених ОДЕКУ (ОДЕКУ, квітень 2021 р.);
- II Міжнародній науково-практичній конференції «Vin Smart Eco» (Вінниця, ВАНУ, травень 2021 р.);
- II тур міжнародного конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Екологія» (КрНУ ім. М. Остроградського, червень 2021 р.).

За результатами дослідження опубліковано 7 наукових праць, в т.ч. 2 статті (1 у виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus) і 5 тез доповідей.

1 СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗА ЯКІСТЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

1.1 Організація спостережень

Моніторинг атмосферного повітря – це спостереження за станом повітря і попередження критичних ситуацій, що негативно впливають на здоров'я людей та стан інших живих організмів [1].

Моніторинг атмосферного повітря передбачає спостереження за забруднюючими речовинами (ЗР), шкідливими фізичними впливами та оцінку змін природного середовища в результаті біологічного забруднення. Система моніторингу включає такі етапи:

- визначення мети та об'єктів спостереження;
- спостереження за джерелами забруднення;
- встановлення основних видів забруднення і ЗР;
- вивчення впливу забруднення атмосфери на живі організми;
- прогноз змін середовища в результаті забруднення атмосферного повітря;
- розробка заходів і прийняття управлінських рішень, які спрямовані на збереження якості повітря [1].

Під час здійснення моніторингу атмосфери ведуться спостереження за основними і специфічними ЗР, а також визначаються метеорологічні показники [1].

Організація спостережень на глобальному рівні передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи «атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера». Для цього необхідні:

- відомості про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);
- характеристика ЗР (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- гідрометеорологічні дані;
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- дані про рівні забруднення навколишнього природного середовища в суміжних країнах;
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих домішок [1].

Система спостережень забезпечує контроль за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, розміщених поза зоною впливу певних джерел забруднення [1].

При організації спостережень за станом повітря використовують попередні дослідження, які передбачають обстеження території за допомогою пересувних лабораторій, що здійснюють відбір та аналіз проб з метою вивчення розміщення діючих джерел забруднення. Після з'ясування наявного та перспективного рівнів забруднення атмосферного повітря оцінюють зміни концентрацій домішок у просторі й часі, розробляють схему розміщення стаціонарних пунктів спостереження за забрудненням атмосфери (ПСЗ) на території міста та програми їх роботи [1].

Моніторинг забруднення атмосферного повітря також передбачає контроль транскордонного перенесення домішок на великі відстані від місця викиду [1].

Інформацію, отриману в результаті проведення моніторингових робіт, за ступенем оперативності поділяють на такі види:

- екстрена (містить відомості про різкі зміни рівнів забруднення атмосферного повітря, негайно передається в контролюючі та господарські організації);

- оперативна (містить узагальнені результати спостережень за місяць);
- режимна (містить дані про середній та найбільший рівні забруднення повітря протягом тривалого часу (звичайно за рік), використовується при плануванні заходів, оцінюванні збитків, завданих народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря) [1].

Для забезпечення ефективності заходів з охорони атмосферного повітря інформація повинна бути повною і достовірною. Повноту інформації забезпечують достатня кількість контролю вмісту ЗР, тривалий термін спостережень, раціональне розміщення мережі; достовірність інформації досягається неухильним дотриманням нормативних вимог [1].

1.2 Пункти спостережень

Діюча на даний час в Україні мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря охоплює стаціонарні, маршрутні і підфакельні ПСЗ. Крім того, в останні роки в окремих регіонах почали функціонувати автоматизовані системи спостережень.

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) [1].

Автоматизовані системи спостереження і контролю атмосферного повітря призначені для постійного контролю вмісту окремих ЗР і метеорологічних параметрів [1].

Завданнями автоматизованих систем є:

- автоматичне спостереження і реєстрація концентрацій ЗР;

- аналіз отриманої інформації для визначення фактичного стану забруднення повітря;
- прогноз рівня забруднення;
- здійснення екстремальних заходів для зменшення забруднення атмосфери;
- створення рекомендацій з метою покращення стану атмосферного повітря;
- уточнення і перевірка розрахункових даних [1].

Представимо коротку характеристику сучасних діючих автоматизованих систем за забрудненням атмосферного повітря в окремих регіонах України.

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 [2].

Так, вперше в Україні був реалізований проект зі здійснення автоматизованого екологічного моніторингу атмосферного повітря малого міста. Система складається з трьох рівнів:

- 1) первинні ПСЗ за станом атмосферного повітря;
- 2) центральний пульти (сервер) з робочим місцем оператора;
- 3) ПК користувача із забезпеченням відкритого on-line доступу до екологічної інформації про стан забруднення атмосферного повітря [2].

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 на стан атмосферного повітря, а також рівномірно у житлових зонах, на території школи, дитячих садочків, лікарні. У кожному ПСЗ розміщується

стаціонарний газоаналізатор 604EX20-C, що забезпечує вимірювання концентрацій CO , NO , NO_2 і SO_2 , прийнятно-передавальне обладнання зі спеціалізованим програмним забезпеченням (ПЗ), засоби підтримки мікроклімату всередині ПСЗ і забезпечення штатного функціонування обладнання. ПСЗ1 додатково оснащений метеостанцією для вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску повітря, напрямку і швидкості вітру. Перший рівень також включає переносний багатоконпонентний газоаналізатор 604EX20-П, що дозволяє здійснювати оперативний контроль стану забруднення атмосферного повітря на територіях, що розташовані між ПСЗ, при повсякденній діяльності, аварійних ситуаціях або техногенних катастрофах [2].

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 ПСЗ, а саме в приміщенні Броварської міської ради. Бездротовий зв'язок між ПСЗ і ЦП здійснюється за допомогою GSM-технології. База даних (БД) вимірювальної інформації формується і зберігається у центральному ПК.

Програмне забезпечення «ГАЗАТ-АСЕМА» забезпечує виконання таких функцій:

- прийом інформації від кожного ПСЗ, 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 1 год., середніх за 8 год., середньодобових, середньомісячних, середньорічних значень вимірюваних концентрацій, перевищень над гранично допустимими концентраціями (*ГДК*) з повідомленням на моніторі ПК;
- роздруківку результатів вимірювання на принтері [2].

Система також надає можливість дистанційного доступу до ПЗ «ГАЗАТ-АСЕМА» за спеціальним паролем оператору сервісного центру з обслуговування системи для оперативної оцінки технічного стану обладнання і усунення (за потреби) технічних несправностей, дистанційного доступу до ПЗ «ГАЗАТ-АСЕМА» за спеціальним паролем системному адміністратору Замовника для налаштування елементів ПЗ, створення груп нових користувачів [2].

Третій рівень, тобто сторінка відкритого доступу до екологічної інформації про стан забруднення атмосферного повітря в м. Бровари, розміщується на сайті www.ecobrovary.com [2].

Відповідно до Переліку природоохоронних заходів на 2020 р. було заплановано придбання і встановлення обладнання стаціонарних ПСЗ автоматизованої системи моніторингу атмосферного повітря у м. Бровари, м. Біла Церква та с. Підгірці Обухівського району.

З інформацією про стан атмосферного повітря можна ознайомитись на сайті Департаменту екології та природних ресурсів (<http://ecology-kievoblast.com.ua>, веб-додаток «Моніторинг довкілля») [3].

У Дніпропетровській області станом на листопад 2020 р. базова мережа спостережень за станом атмосферного повітря у житлових зонах складається з 14 автоматизованих ПСЗ, що знаходяться на балансі КП «Центр екологічного моніторингу» Дніпропетровської обласної ради. До них віднесені:

- у м. Дніпро ПСЗ за адресами вул. Батумська, 20а; вул. Космонавта Волкова, 11а; просп. Свободи, 74; вул. Набережна Перемоги, 106а;
- у м. Кам'янське – вул. Освітня, 29; пр. Аношкіна, 121;
- у м. Нікополь – вул. Гагаріна, 16; вул. Електрометалургів, 3;
- у м. Павлоград – вул. Кільцева, 8; вул. Соборна, 95;
- у м. Покров – вул. І. Малки, 15; вул. Чіатурська, 6;
- у м. Жовті Води – вул. Шевченка, 12;

– у м. Зеленодольськ – вул. Рибалки, 7 [4].

Відповідно до затверджених регламентів передачі даних періодичність надання інформації до департаменту становить: від КП «Центр екологічного моніторингу» Дніпропетровської обласної ради – щотижня; від Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології – щодаки [4]. Місце розташування постів спостереження наведено на рис. 1.1.

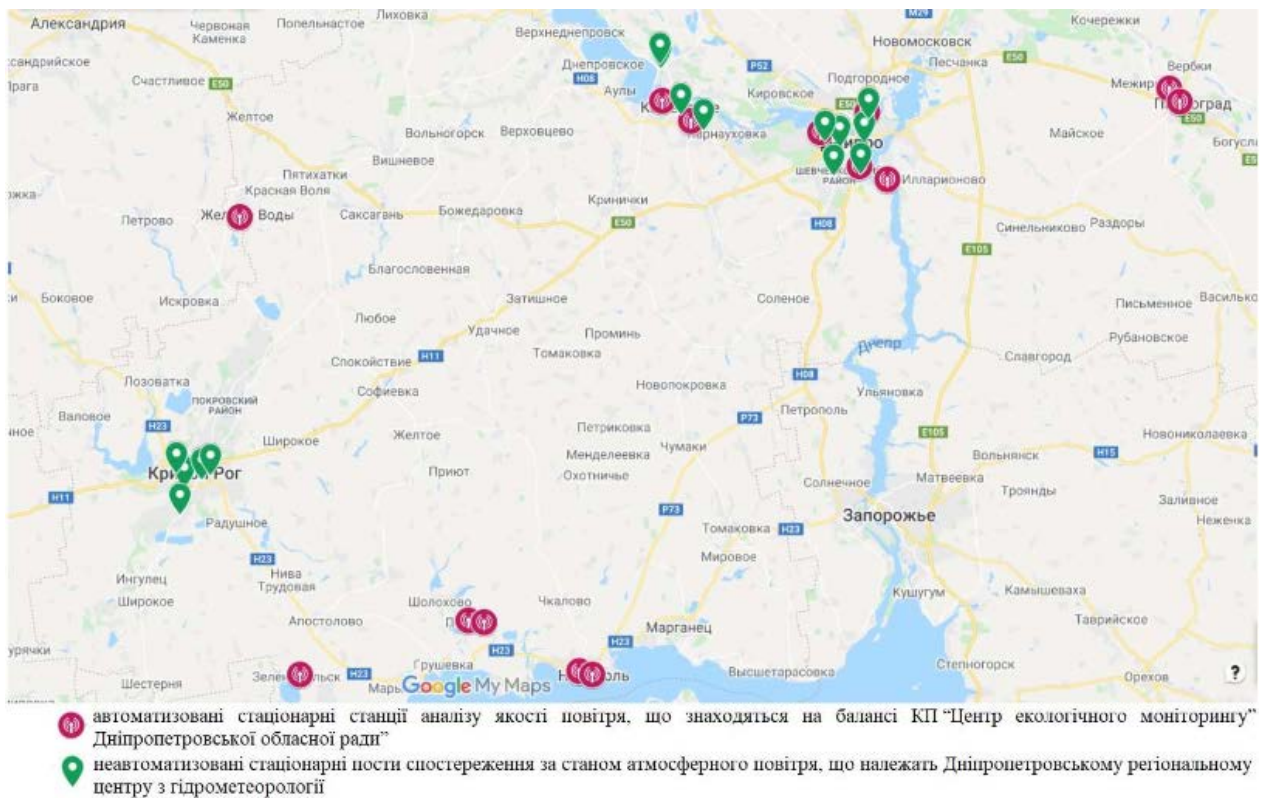


Рисунок 1.1 – Схема розташування автоматизованих ПСЗ у Дніпропетровській області [4]

В останні роки спостереження за станом атмосферного повітря здійснювались лише на 5 автоматизованих ПСЗ, що знаходяться на балансі КП «Центр екологічного моніторингу» Дніпропетровської обласної ради у зв'язку з такими причинами:

– станції першого покоління Ефір-1 (за адресами: м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 106а; м. Нікополь, вул. Електрометалургів, 3;

Павлоград, вул. Соборна, 95) тимчасово відключені у зв'язку з необхідністю планової заміни сенсорів;

- станції за адресами: м. Кам'янське, вул. Освітня, 29; пр. Аношкіна, 121; м. Нікополь, вул. Гагаріна, 161; м. Жовті Води, вул. Шевченка, 12; м. Покров, вул. Чіатурська, 6; м. Зеленодольськ, вул. Рибалки, 7 знаходяться на технічному обслуговуванні [4].

Команда технічних експертів «Eco city» (м. Івано-Франківськ) за підтримки чеської організації «Арніка» в рамках міжнародного проекту «Кампанія за чисте повітря в містах Східної України» розпочала роботу над станціями громадського моніторингу якості повітря нового покоління. Міжнародний проект «Кампанія за чисте повітря в містах Східної України» реалізується громадською організацією «Арніка» за фінансової підтримки Міністерства закордонних справ Чехії в рамках Програми співпраці для трансформації [5].

25 вдосконалених міні-станцій найближчим часом будуть презентовані і встановлені в 5 промислових містах України: Харків, Кривий Ріг, Запоріжжя, Дніпро, Краматорськ [5].

Громадський моніторинг якості повітря вимагає застосування одночасно ефективних, простих і доступних технічних рішень. Для вирішення цієї проблеми команда «Eco city» за сприяння «Арніки» розробила нове покоління станцій моніторингу незалежного громадського моніторингу якості повітря «Оксиджен» [5].

Завдяки ряду технічних оновлень станції отримали нові функціональні можливості і вдосконалений дизайн, який враховує особливості моніторингу якості повітря в житлових кварталах [5].

Зокрема, станції «Оксиджен» надають нові можливості оцінки якості повітря за 7 показниками: зважені частинки PM_{10} і $PM_{2,5}$, NO_2 , CO , NH_3 , формальдегід, O_3 , сумарні органічні речовини. П'ять з цих ЗР входять до пріоритетного списку «А», щодо яких проводиться оцінювання якості повітря згідно з новим «Порядком державного моніторингу в сфері охорони

атмосферного повітря» (затверджено Постановою КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827) [6].

Розширені функціональні можливості дозволять не тільки отримувати оперативні дані про якість атмосферного повітря, а й накопичувати великі дані для оцінки і прогнозування індексів забруднення і ризиків для здоров'я населення [5].

Чеська сторона зазначила повну відкритість і компетентність команди «Eco city», а також готовність до всебічного розвитку альтернативної системи громадського моніторингу якості повітря в Україні [5].

2 ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ОДЕСА ЗА ДАНИМИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

2.1 Характеристика перетворювача якості повітря Vaisala AQT420

Перетворювач якості повітря Vaisala AQT420 (рис. 2.1) є приладом для вимірювання певних ЗР в атмосферному повітрі. Прилад належить до серії AQT400 [7].

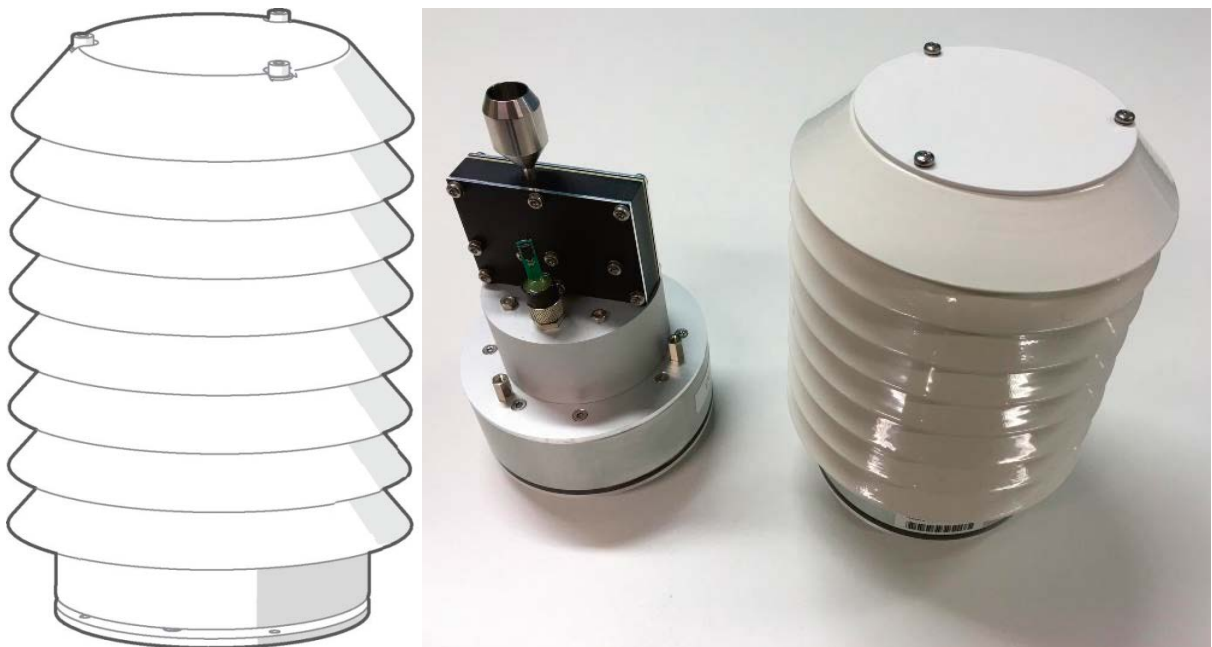


Рис. 2.1 – Перетворювач якості повітря AQT420 [8]

Продуктивність вимірювань приладів серії AQT400 заснована на запатентованих фірмою Vaisala Oyj передових алгоритмах, які дозволяють проводити вимірювання частин на мільярд (ppb) за доступною ціною за допомогою електрохімічних датчиків. Алгоритми компенсують вплив умов навколишнього середовища та старіння на сенсорні елементи й усувають необхідність в дорогому обладнанні для відбору проб газу і технічного обслуговування [8].

Серія AQT400 спеціально розроблена для мереж моніторингу якості повітря в міських районах, дорожніх мережах або навколо промислових майданчиків і транспортних вузлів. При ввімкненому перетворювачі якості повітря він безперервно проводить вимірювання незалежно від того, як часто вимірювання відправляються в базу даних або роздруковуються з послідовного порту. Вимірювання лазерним лічильником часток засновані на визначенні кількості частинок, відібраних і усереднених за період 60 с, але інтервал вимірювання за замовчуванням становить 10 хв. (табл. 2.1 – 2.2) [8].

Таблиця 2.1 – Характеристики вимірювань приладом AQT420 [8]

Показник	Одиниця виміру	Інтервал вимірювання	Вимірювання на виході
Діоксид азоту (NO_2)	ppm/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 хв.	щохвилине середнє
Діоксид сірки (SO_2)	ppm/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Оксид вуглецю (CO)	ppm/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Озон (O_3)	ppm/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Тверді частинки $PM_{2.5}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 хв.	щохвилине середнє (за останню хвилину 10-хвилинного інтервалу)
Тверді частинки PM_{10}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Температура повітря	$^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{F}$	1 хв.	щохвилине середнє
Вологість повітря	% RH		
Атмосферний тиск	mbar (hPa)		

Після включення AQT420 прилад має стабілізуватися протягом не менше 24 год. (стабілізаційний період або період прогрівання) перш, ніж результати вимірювань можуть бути використані. Для забезпечення оптимальної точності вимірювань Vaisala рекомендує 48-годинний період стабілізації. Під час стабілізаційного періоду прилад AQT420 проводить

Таблиця 2.2 – Перерахунок з ppb в $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (згідно з [7])

Газ	Коефіцієнт конверсії (перерахунковий коефіцієнт) ¹⁾
NO_2	1 ppb = 1,880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO_2	1 ppb = 2,620 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	1 ppb = 1,145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O_3	1 ppb = 2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Примітка: ¹⁾ при атмосферному тиску навколишнього середовища в 1 атмосферу і температурі +25 °C (або 77 °F); 1 ppb (частин на мільярд) дорівнює 0,001 ppm (частин на мільйон); « $\mu\text{g}/\text{m}^3$ » відповідає «мкг/м³».

вимірювання, але вони позначені як недійсні [4].

Переглядати дані вимірювань і змінювати налаштування приладу AQT420 можна через послідовний інтерфейс RS-232. Даний інтерфейс використовується в основному для технічного обслуговування.

Експортувати дані фактичних вимірювань можна у форматі CSV, використовуючи програму AQ Tool, яка отримує ці дані з бази даних. Для експорту даних підключення до AQT420 не потрібно [4].

Приклади представлення результатів вимірювань у графічному і табличному вигляді наведені на рис. 2.2 – 2.3.

Для автоматизованого розрахунку основних характеристик та індексу забруднення атмосфери м. Одеса за даними вимірювань ОДЕКУ приладом AQT420 рекомендується комп'ютерне програмне забезпечення, яке було розроблене фахівцями НЕЦ МНС ОДЕКУ. Для підготовки комп'ютерного програмного забезпечення використано програму Microsoft Excel, за допомогою якої створені файли-шаблони, де здійснюються побудова графіків і необхідні розрахунки основних характеристик забруднення атмосферного повітря [8].

На посту спостережень, розміщеному на території ОДЕКУ, з травня 2019 р. виконуються регулярні спостереження за якістю атмосферного повітря і окремими метеопараметрами. Оскільки поблизу вказаного пункту спостережень відсутні будь-які промислові джерела викидів ЗР,

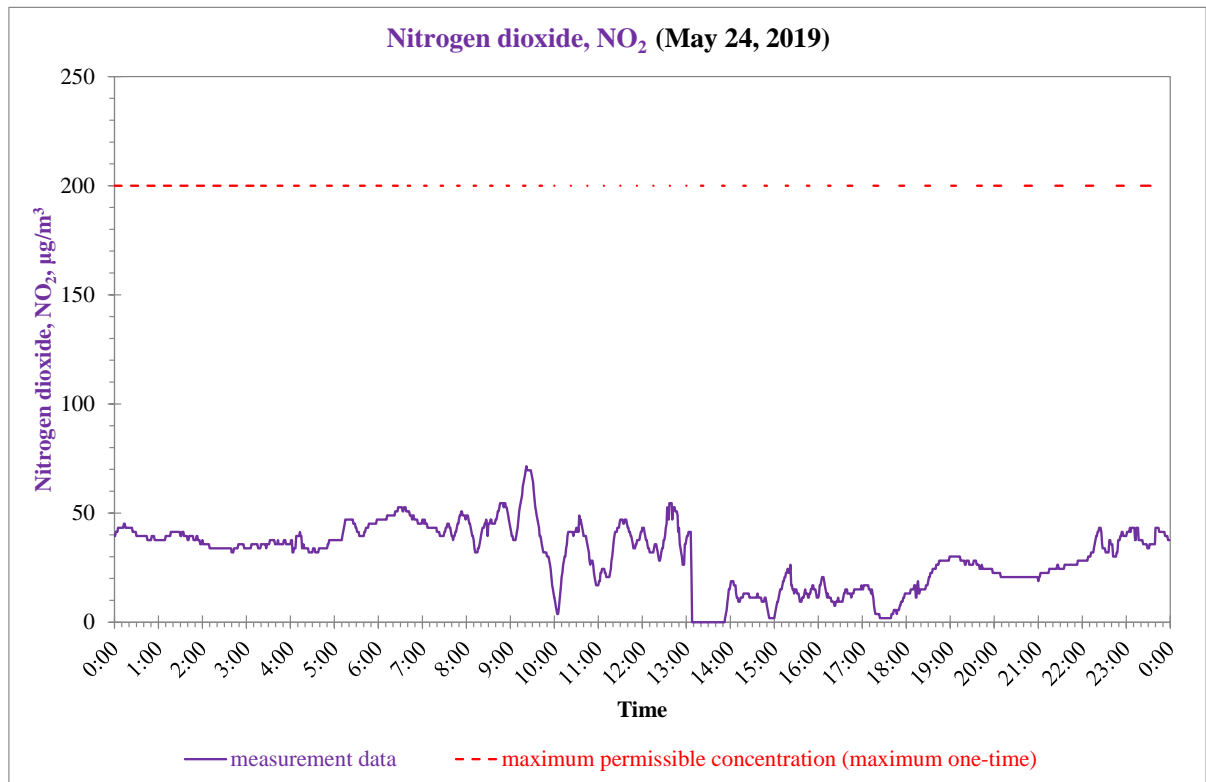


Рисунок 2.2 – Приклад результатів вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) щохвилинних концентрацій NO_2 (мкг/м³), 24.05.2019 р. [8]

Показник	Клас небезпеки*	Найменше за добу значення	Найбільше за добу значення	ГДКм.р.* (максимальні разові)	Індекс забруднення атмосфери (ІЗА), $I_{м.р.}$	Середньодобове значення	ГДКс.д.* (середньодобові)	Індекс забруднення атмосфери (ІЗА), $I_{с.д.}$
Азоту діоксид, NO_2 , мкг/м ³	3	0,00	71,44	200	0,00	30,61	40	0,77
Двоокис сірки, SO_2 , мкг/м ³	3	0,00	70,74	500	0,00	21,73	50	0,43
Вуглецю оксид, CO , мкг/м ³	4	104,20	483,19	5000	0,25	162,08	3000	0,07
Озон, O_3 , мкг/м ³	1	0,00	92,00	160	0,00	31,86	30	1,11
Пил (PM10), мкг/м ³	3	3,00	28,10	500	0,11	12,90	150	0,09
Пил (PM2.5), мкг/м ³	-	0,60	4,00	-	-	1,43	-	-
Температура повітря, °C	-	16,8	23,8	-	-	20,2	-	-
Вологість повітря, %	-	62,9	86,3	-	-	76,1	-	-
Атмосферний тиск, гПа	-	1006,0	1008,1	-	-	1007,1	-	-
Комплексний ІЗА (КІЗА), I_3	-	-	-	-	0,4	-	-	2,5
Стан атмосфери	-	-	-	-	Чиста	-	-	Чиста

Примітка: * згідно з «*Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць*», затверджених т.в.о. головного державного санітарного лікаря України 03.03.2015 р.

Рисунок 2.3 – Приклад узагальнення за добу (24.05.2019 р.) результатів вимірювань приладом AQT420 (м. Одеса, ОДЕКУ) [8]

переважаючими джерелами викидів в даному районі є автомобільний транспорт. На рис. 2.4 наведено фрагмент карти вул. Львівської з позначенням місця розташування пункту спостережень.

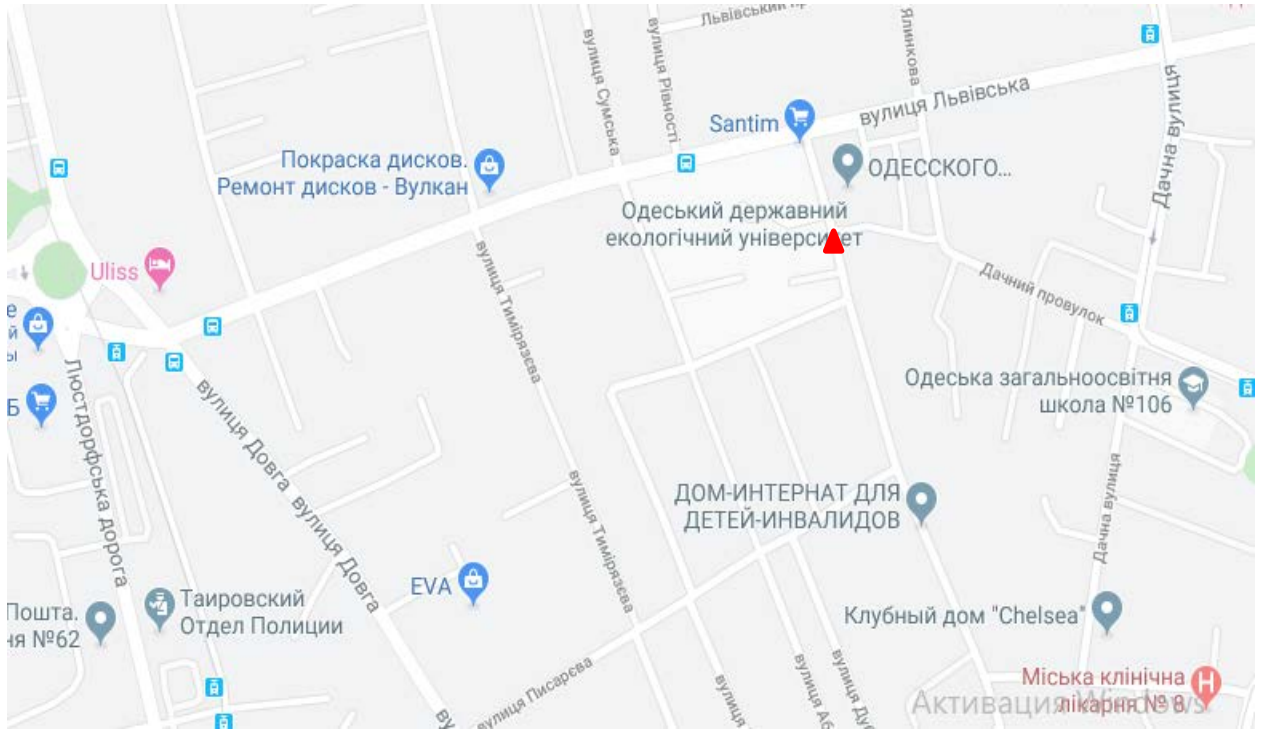


Рисунок 2.4 – Місце розташування пункту спостережень на території ОДЕКУ

[9]

Зовнішній вигляд автоматизованого пункту спостережень представлено на рис. 2.5.

Слід відзначити, що на мережі стаціонарних ПСЗ за забрудненням атмосфери у м. Одеса визначення зважених речовин з різними розмірами частинок ($PM_{2,5}$ і PM_{10}) на даний час не виконуються. У 2019 р. в Україні Постановою Кабінету Міністрів України було затверджено новий «Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [6]. Імплементация цієї Постанови на даний час ще триває. Згідно із затвердженим Порядком до Списку А, тобто переліку ЗР, які необхідно визначати обов'язково, віднесені тверді частки (пил) PM_{10} і $PM_{2,5}$. Система визначення пилу у двох розмірах частинок почала на даний час і в Одеській



Рисунок 2.5 – Розташування стаціонарного пункту спостережень ОДЕКУ з встановленим приладом AQT420 [8].

області (визначення окремих показників якості повітря у Нових Білярах Одеської області).

Певну проблему представляє визначення нормативів якості атмосферного повітря для частинок різного розміру. Керівними принципами 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 [10]. У країнах ЄС, як зазначено у роботі [10], діють такі нормативи: для $PM_{2.5}$ – середньорічний рівень $2,5 \text{ мкг/м}^3$; для PM_{10} – середньорічний рівень 40 мкг/м^3 , середньодобовий рівень – 50 мкг/м^3 . Крім того, Постановою встановлюються цільові показники для $PM_{2.5}$ і PM_{10} , які повинні бути досягнуті за певний проміжок часу. Тобто поряд з імплементацією Постанови необхідно суттєво змінювати діючу нормативну і методичну базу України для оцінки якості атмосферного повітря, в тому числі при забрудненні зваженими речовинами.

2.2 Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеса

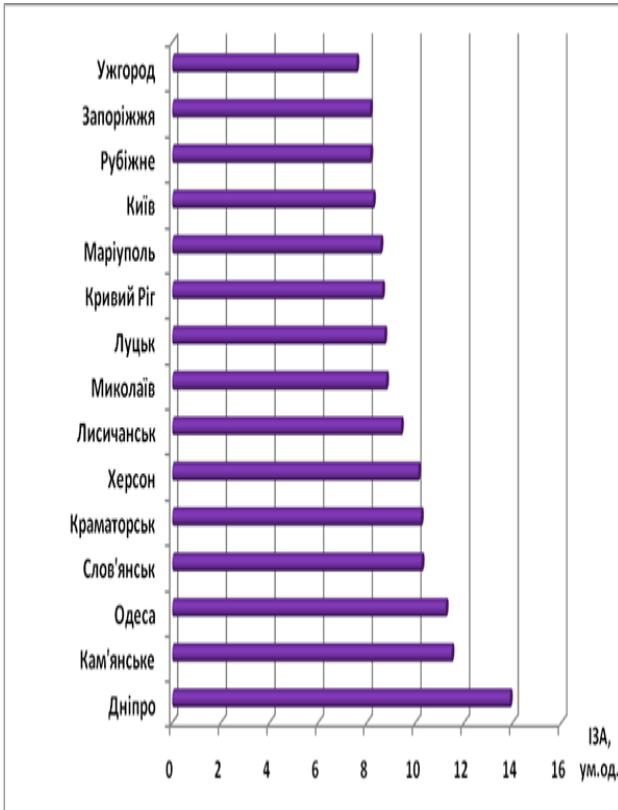
В останні роки за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського м. Одеса за значенням індексу забруднення атмосфери (*IЗА*) входить до переліку найбільш забруднених міст України: 2016 р. – 3 місце, 2017 р. – 4 місце, 2018 – 2019 рр. – 3 місце (рис. 2.6).

Цікавим також є аналіз динаміки викидів основних ЗР. На рис. 2.7 наведено відомості щодо обсягів викидів основних ЗР від стаціонарних джерел за багаторічний період. Аналіз наведеного рисунку показує, що з 2007 р. зменшились обсяги викидів від стаціонарних джерел по усім основним ЗР. Найбільш суттєво зменшились показники викидів по пилу і діоксиду азоту. Максимальні значення показників викидів відзначаються у всі роки по оксиду вуглецю.

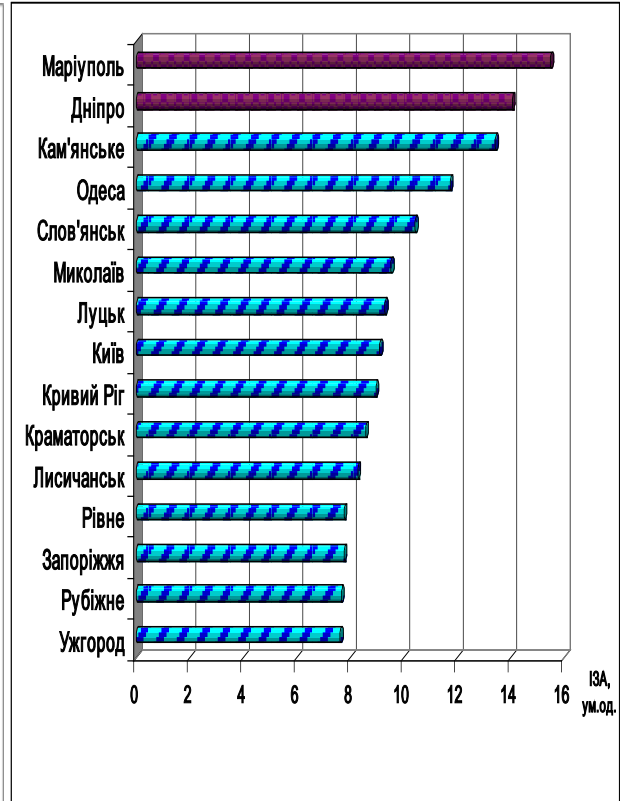
Проведено аналіз динаміки зміни середньорічних концентрацій ЗР в атмосферному повітрі міста (рис. 2.8). Як видно, концентрації майже всіх речовин перевищують значення $ГДК_{сод}$ в середньому в 1,5 – 2 рази. Максимальні концентрації відзначаються за вмістом формальдегіду (3,3 $ГДК_{сод}$ і більше). За вмістом фенолу, сажі, фтористого водню і формальдегіду відзначається тенденція до зниження концентрацій, за вмістом оксиду вуглецю – деяке збільшення.

Нами також виконано оцінку якості атмосферного повітря м. Одеса за багаторічний період із застосуванням комплексних показників – комплексного *IЗА* та I_5 . Індекс I_5 враховує значення одиничних індексів *IЗА* тих п'яти ЗР, для яких ці значення є максимальними. Тобто

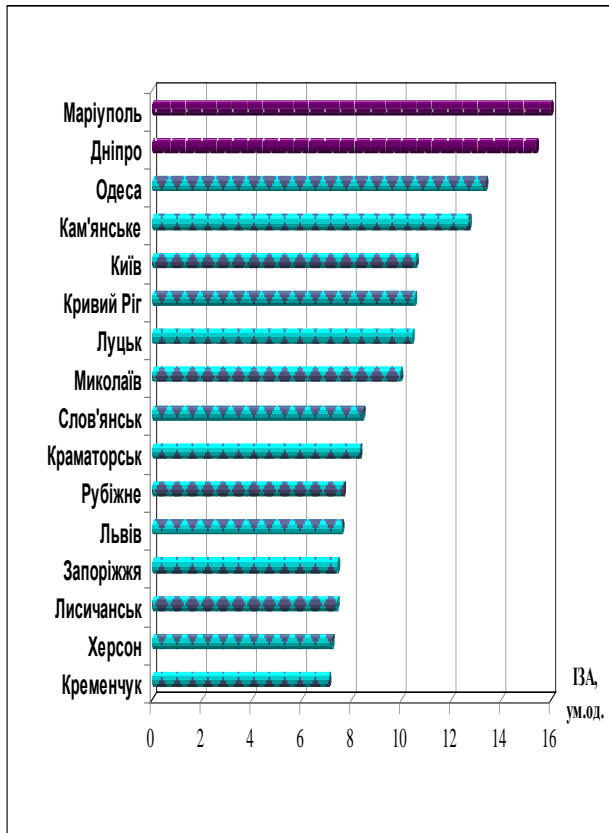
$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (2.1)$$



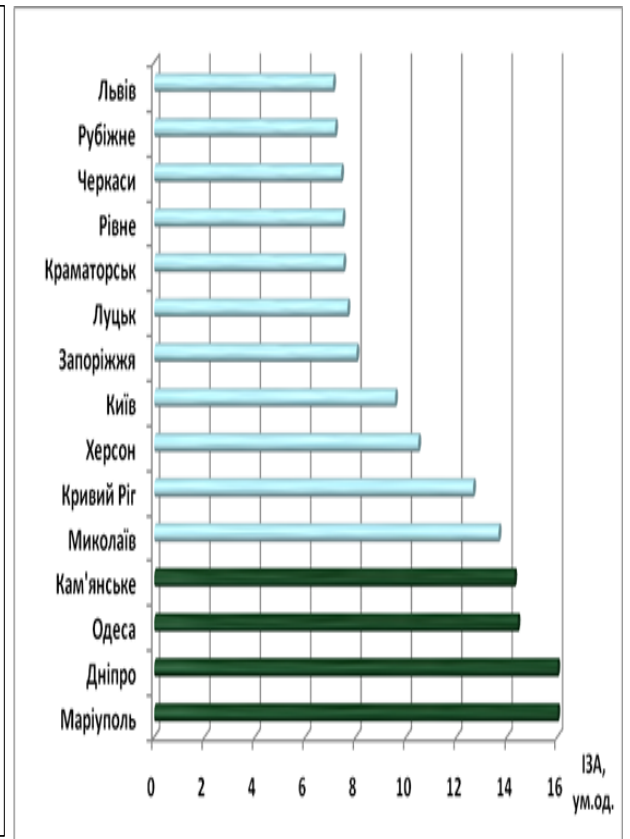
2016 р.



2017 р.



2018 р.



2019 р.

Рисунок 2.6 – Значення ІЗА в найбільш забруднених містах України у 2016 – 2019 рр. [11 – 14]

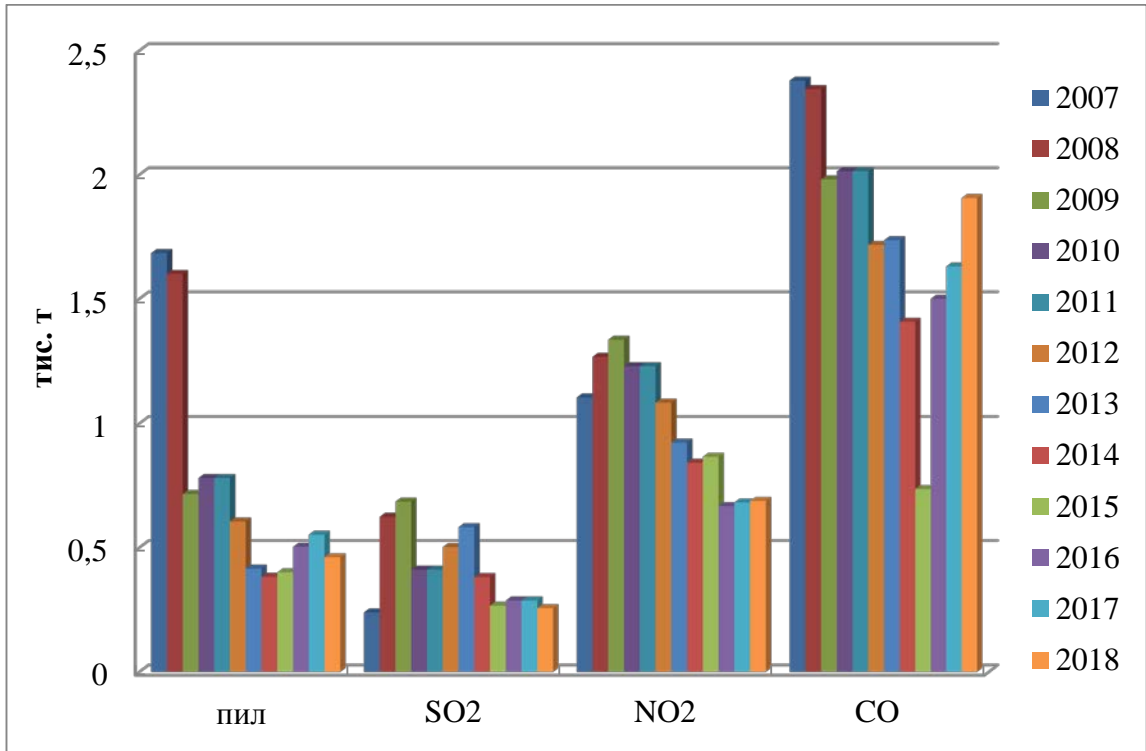


Рисунок 2.7 – Обсяги викидів основних ЗР від стаціонарних джерел у м. Одеса [15 – 17]

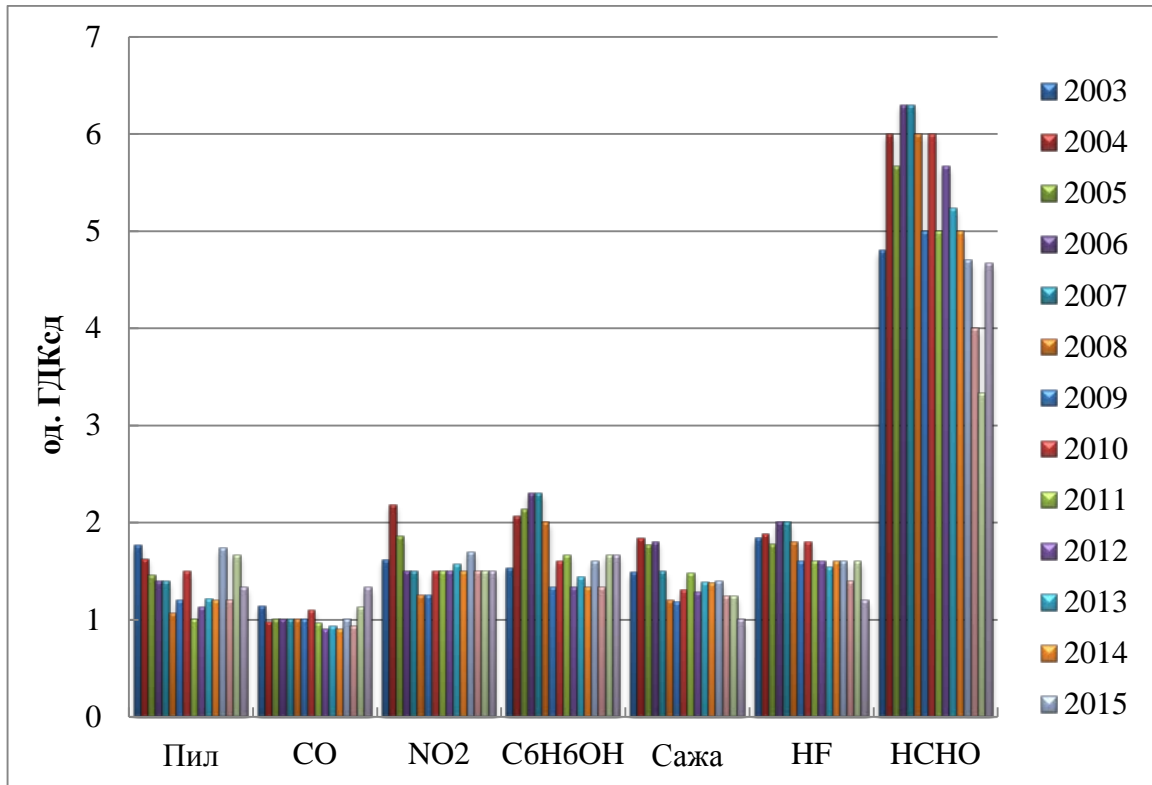


Рисунок 2.8 – Динаміка зміни середньорічних концентрацій ЗР в атмосферному повітрі м. Одеса у 2003 – 2018 рр.

Величина I_5 менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 – забрудненій; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері [18].

На рис. 2.9 наведено результати розрахунків KI_3A та I_5 . Зауважимо, що у 2003 – 2017 рр. при розрахунку I_5 постійно враховувався вміст 4 ЗР, а саме діоксиду азоту, фенолу, фтористого водню і формальдегіду. П'ятим показником був вміст сажі (найчастіше) або пилу. У 2018 р. I_5 розраховувався за вмістом пилу, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, фенолу і формальдегіду.

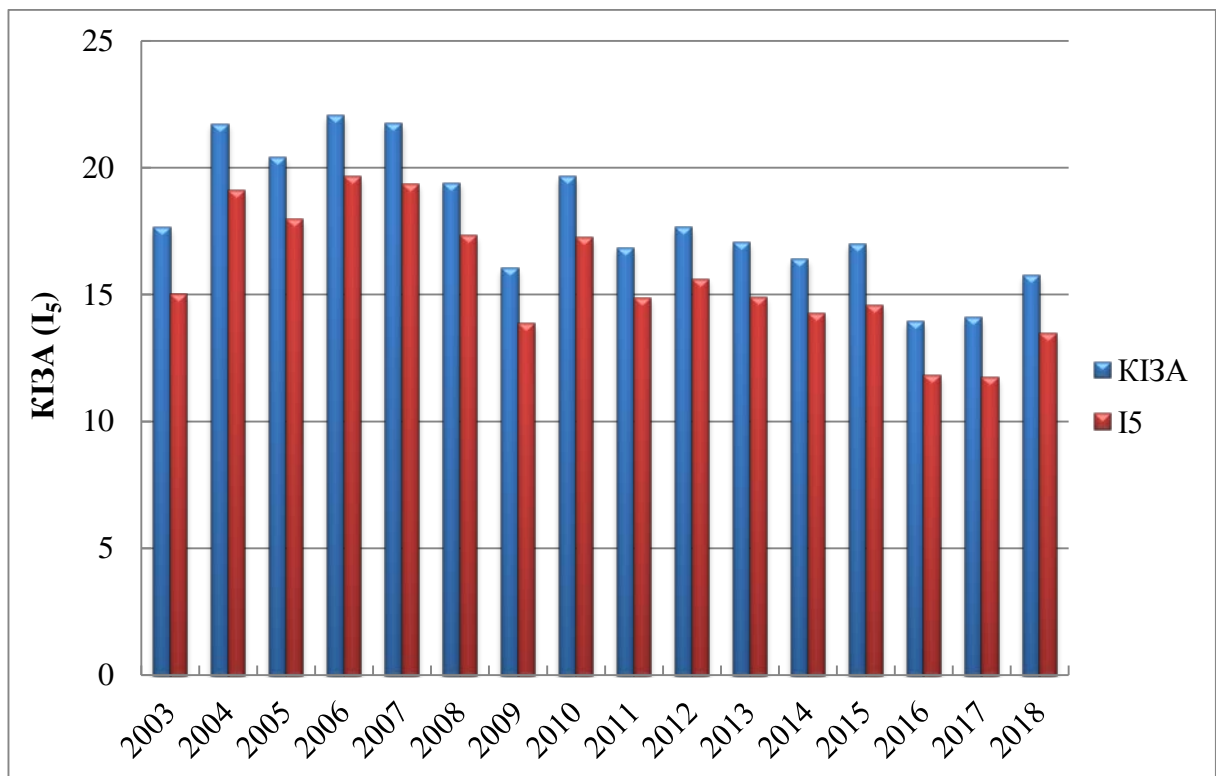


Рисунок 2.9 – Значення KI_3A і I_5 м. Одеса у 2003 – 2018 рр.

Як видно, за період дослідження відзначається загальна тенденція зменшення рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса. Максимуми показників відзначено у 2004, 2006 – 2007 рр. за рахунок збільшення вмісту формальдегіду.

За значенням I_5 рівень забруднення атмосферного повітря м. Одеса можна класифікувати так: 2003 – 2015 рр. – «сильно забруднена»; 2016 – 2017 рр. – «забруднена»; 2018 рр. – «сильно забруднена».

Пріоритетним напрямком роботи було проаналізувати забруднення атмосферного повітря міста за даними спостережень на автоматизованому ПСЗ.

На рис. 2.10 – 2.15 наведено динаміку зміни середньорічних концентрацій окремих ЗР у м. Одеса за даними автоматизованих спостережень.

Середньомісячні концентрації NO_2 (рис. 2.10) перевищували $ГДК_{сд}$ у літньо-осінній сезон. Максимальні значення концентрацій відзначались у липні 2020 р. ($2,75 ГДК_{сд}$). У холодний період року концентрації NO_2 знаходились в межах норми. Мінімальне значення відзначено у січні 2020 р. ($0,1 ГДК_{сд}$).

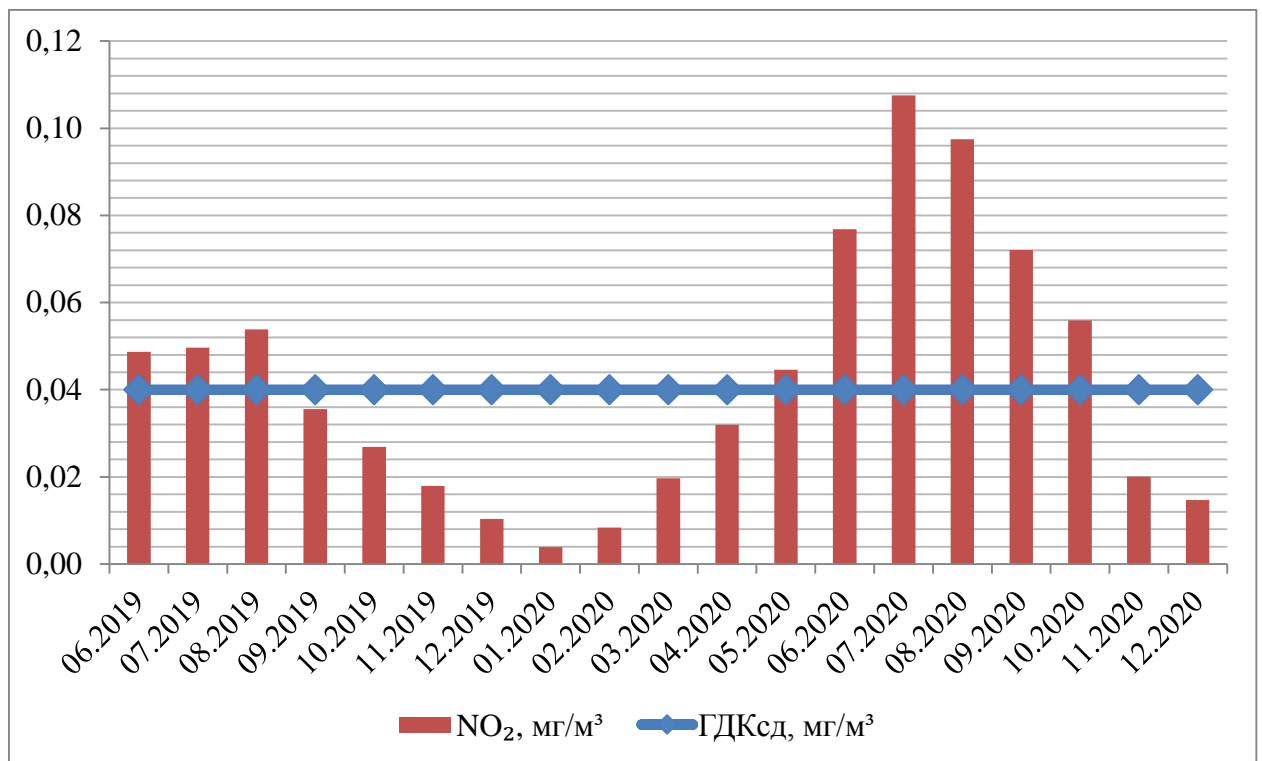


Рисунок 2.10 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій NO_2

Середньомісячні концентрації CO (рис. 2.11) не перевищували $ГДК_{cd}$. Їх значення варіюються в межах від $0,04 ГДК_{cd}$ у травні та червні 2020 р. до $0,08 ГДК_{cd}$ у жовтні 2019 р. і липні 2020 р.

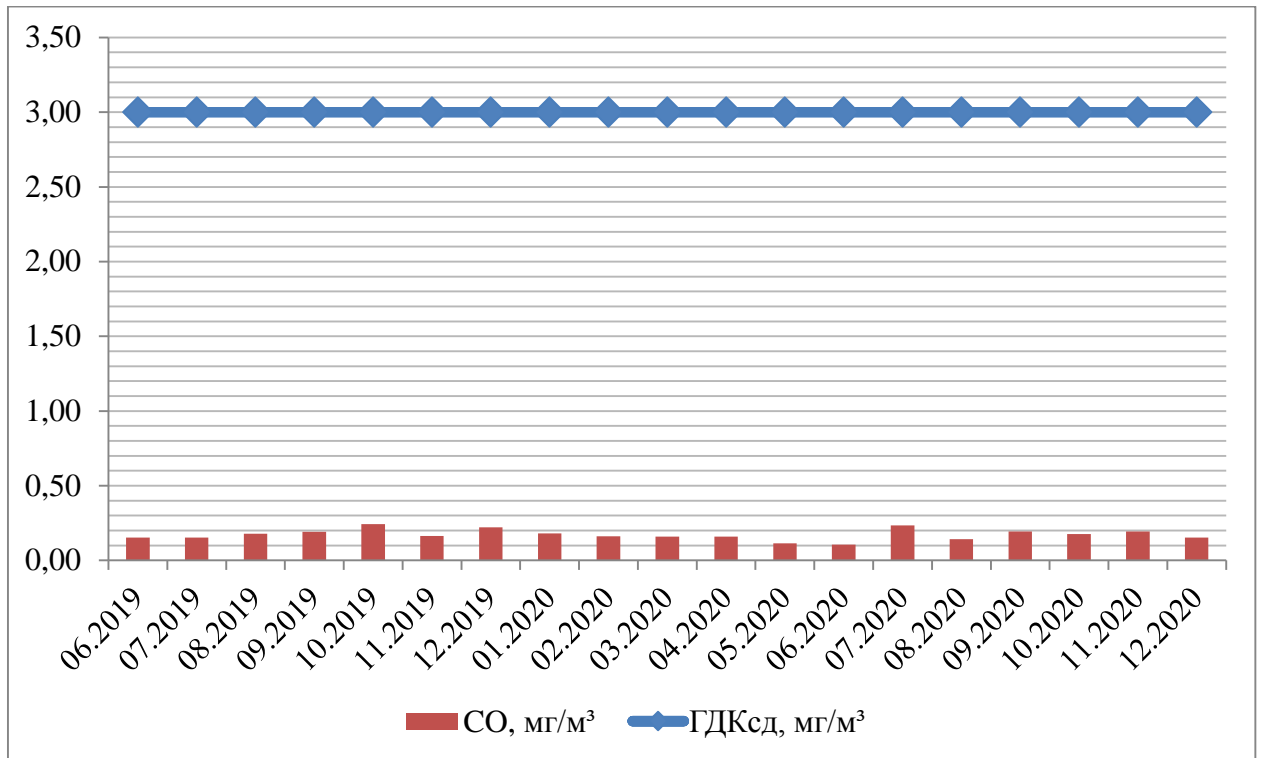
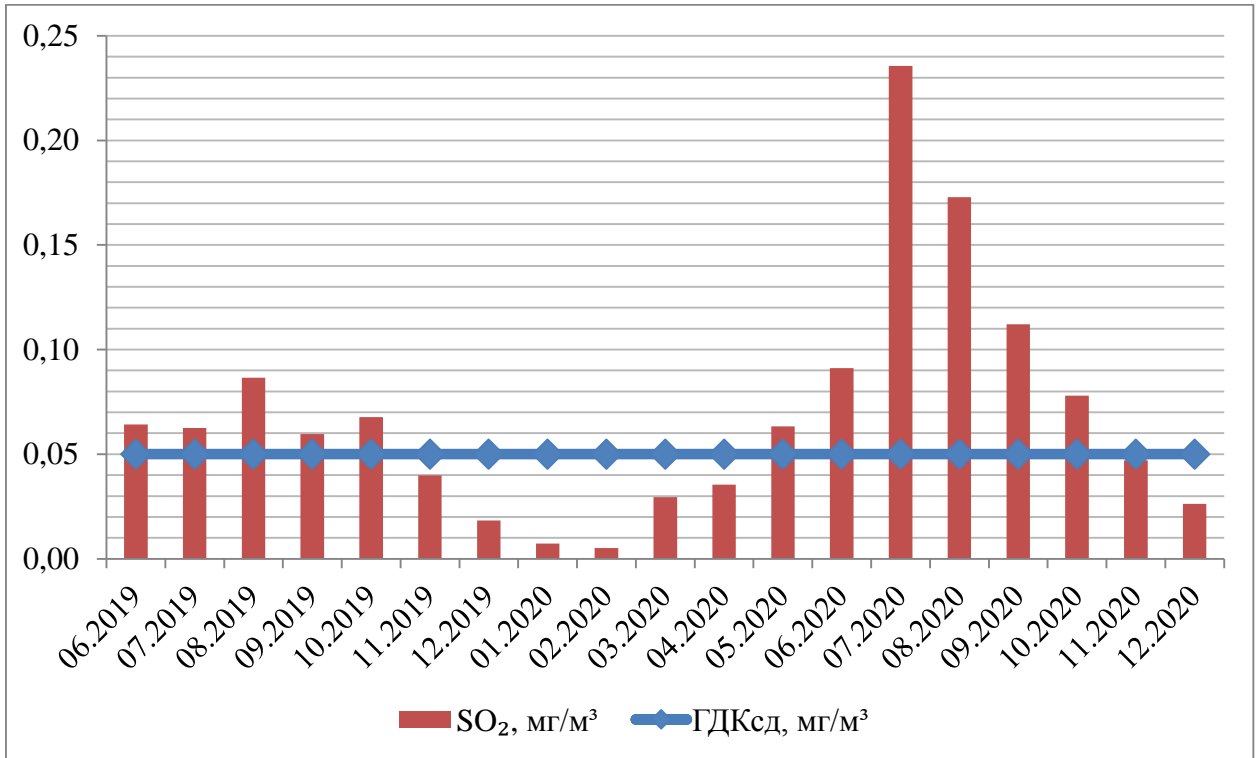
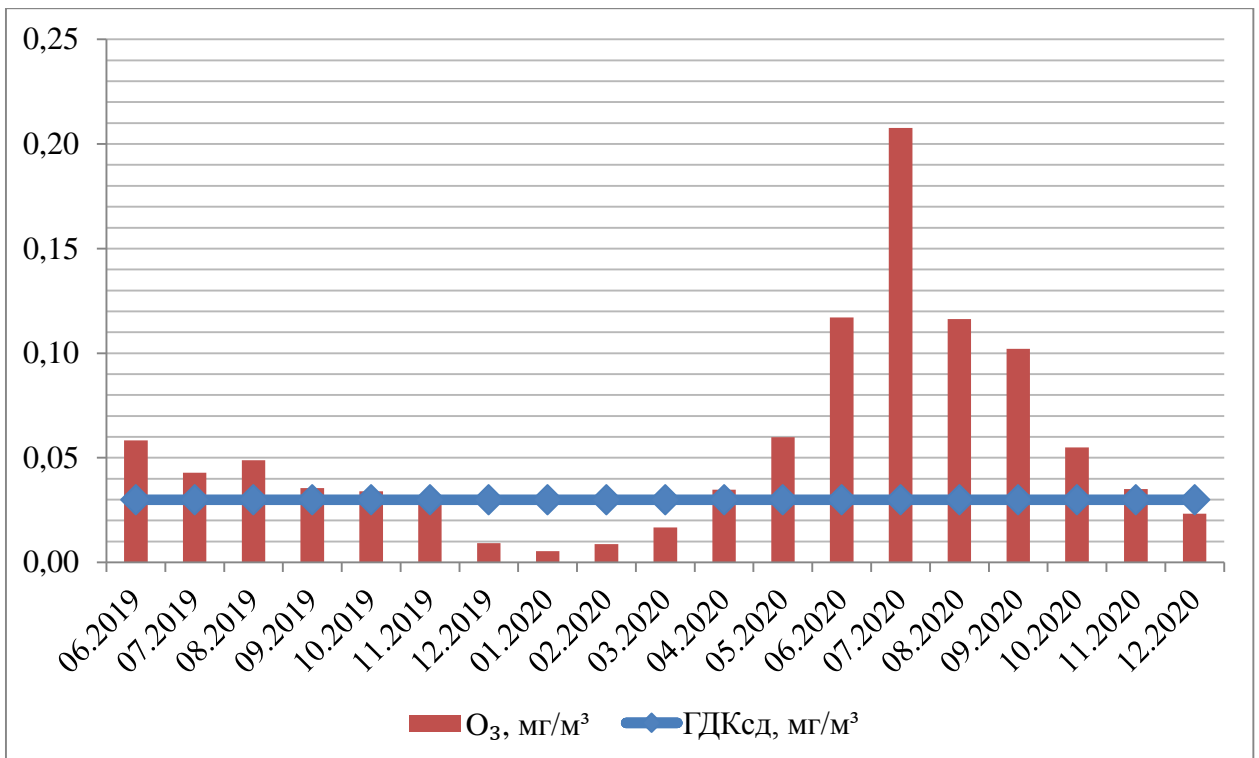


Рисунок 2.11 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій CO

Тенденція змін середньомісячних концентрації SO_2 (рис. 2.12) схожа з тенденцією змін концентрації NO_2 . Найбільші перевищення $ГДК_{cd}$ аналогічно спостерігаються у літньо-осінній сезон. Максимальні значення концентрації відзначені в липні 2020 р. ($4,8 ГДК_{cd}$), мінімальне – в лютому 2020 р. ($0,1 ГДК_{cd}$).

Така ж тенденція зберігається і за даними спостережень за вмістом O_3 (рис. 2.13). Кількість місяців, коли концентрація O_3 була в межах норми, складає 5 (листопад, грудень 2019 р. і січень, лютий, грудень 2020 р.). Усі інші місяці відзначаються перевищенням $ГДК_{cd}$ з максимумом у липні 2020 р., де значення концентрації складало $7 ГДК_{cd}$. Слід відзначити, що постійні спостереження за вмістом O_3 на стаціонарній мережі майже не

Рисунок 2.12 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій SO_2 Рисунок 2.13 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій O_3

проводяться, що ускладнює порівняльний аналіз отриманих даних з даними по місту в цілому.

Більш цікавим є з урахуванням прийнятого «Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» у 2019 р. [6] оцінка вмісту твердих частинок з різним розміром (PM_{10} і $PM_{2.5}$).

Так, вміст PM_{10} (рис. 2.14) нами порівнювався одразу з трьома нормативами: $ГДК_{сд}$ для пилу і нормативи ВООЗ та ЄС для PM_{10} . Отримані результати дещо різняться. Перевищення $ГДК_{сд}$ не відзначалось, перевищення нормативів ЄС відзначено в листопаді 2019 р., а перевищення нормативів ВООЗ – у переважній більшості випадків за період спостережень.

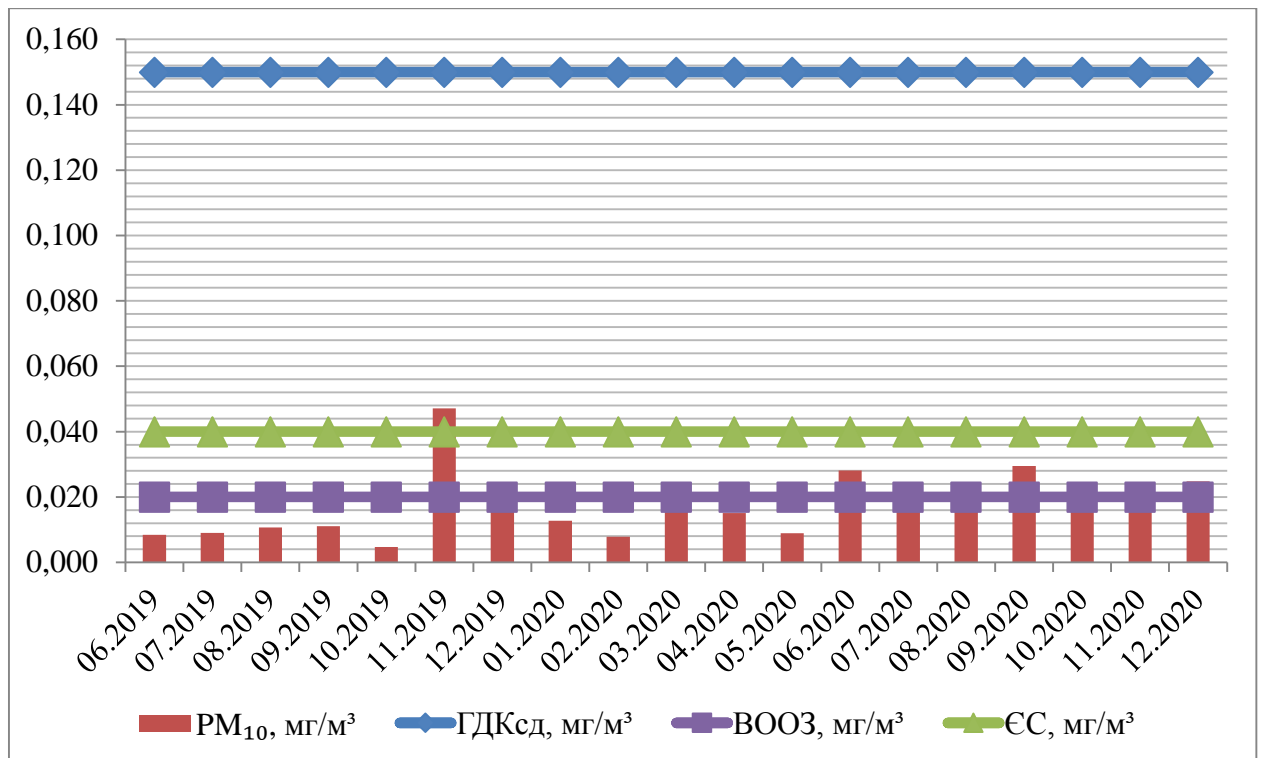


Рисунок 2.14 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій PM_{10}

Вміст $PM_{2.5}$ (рис. 2.15) також порівнювалось з декількома нормативами, а саме: норматив ВООЗ і норматив ЄС. Аналіз показав, що концентрації не перевищують встановлених стандартів жодного разу протягом всього періоду спостережень.

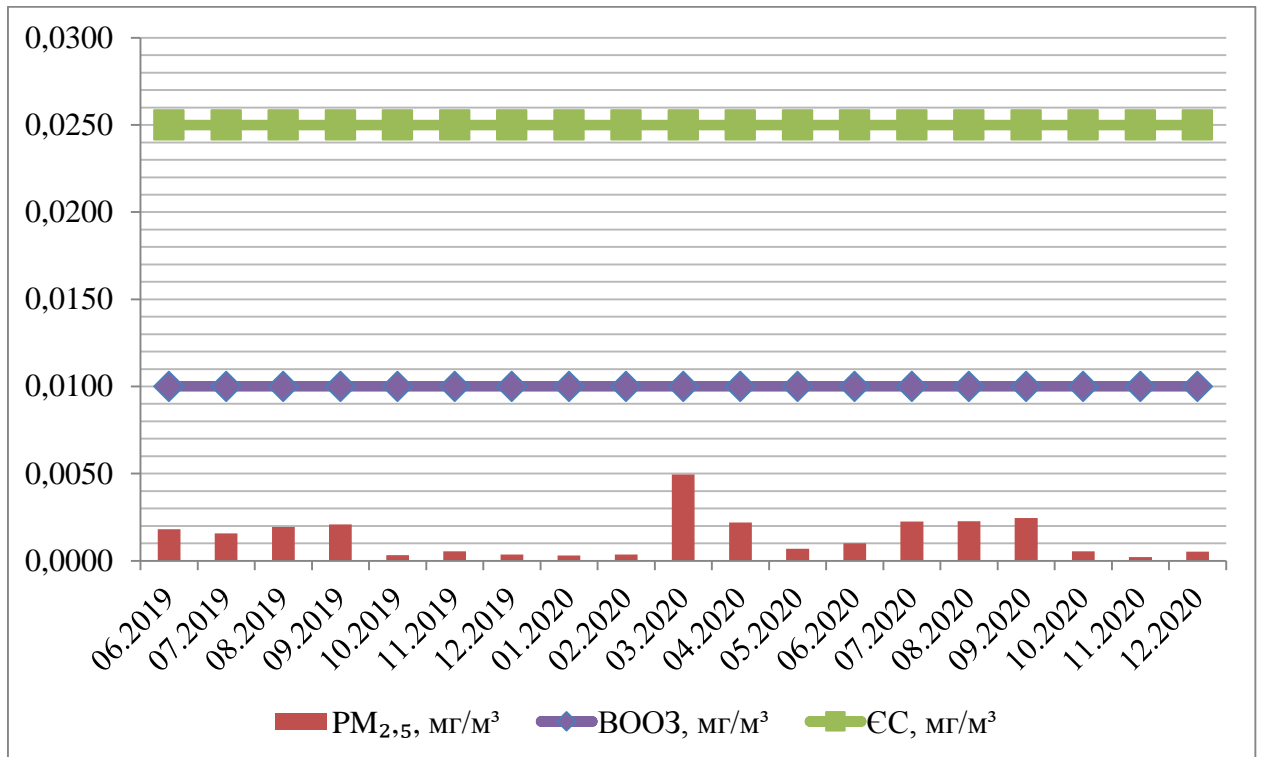


Рисунок 2.15 – Динаміка зміни середньомісячних концентрацій $TЧ_{2,5}$

Цікавим також було порівняння отриманих результатів за даними автоматизованих спостережень з середньорічними концентраціями окремих ЗР в атмосферному повітрі по місту в цілому. Такий аналіз був проведений за даними 2019 р. з урахуванням матеріалів, наведених у [19].

На рис. 2.16 наведено результати порівняльного аналізу. Як видно з представлено рисунку, майже по всіх речовинах рівень забруднення за даними автоматизованих спостережень нижче середньорічних концентрацій по місту в цілому. Виключення складає вміст SO_2 .

Отримані результати можна пояснити тим, що автоматизований пост знаходиться у приморській зоні і суттєво віддалений від основних стаціонарних джерел забруднення атмосфери. Хоча літньо-осінній сезон, як показали результати, відзначається збільшенням концентрацій майже по всіх ЗР, що може бути наслідком інтенсифікації автотранспортного руху в ці сезони року.

З урахуванням вище зазначеного для двох домішок (NO_2 і CO) було проведено детальний аналіз динаміки зміни концентрацій в літньо-осінній

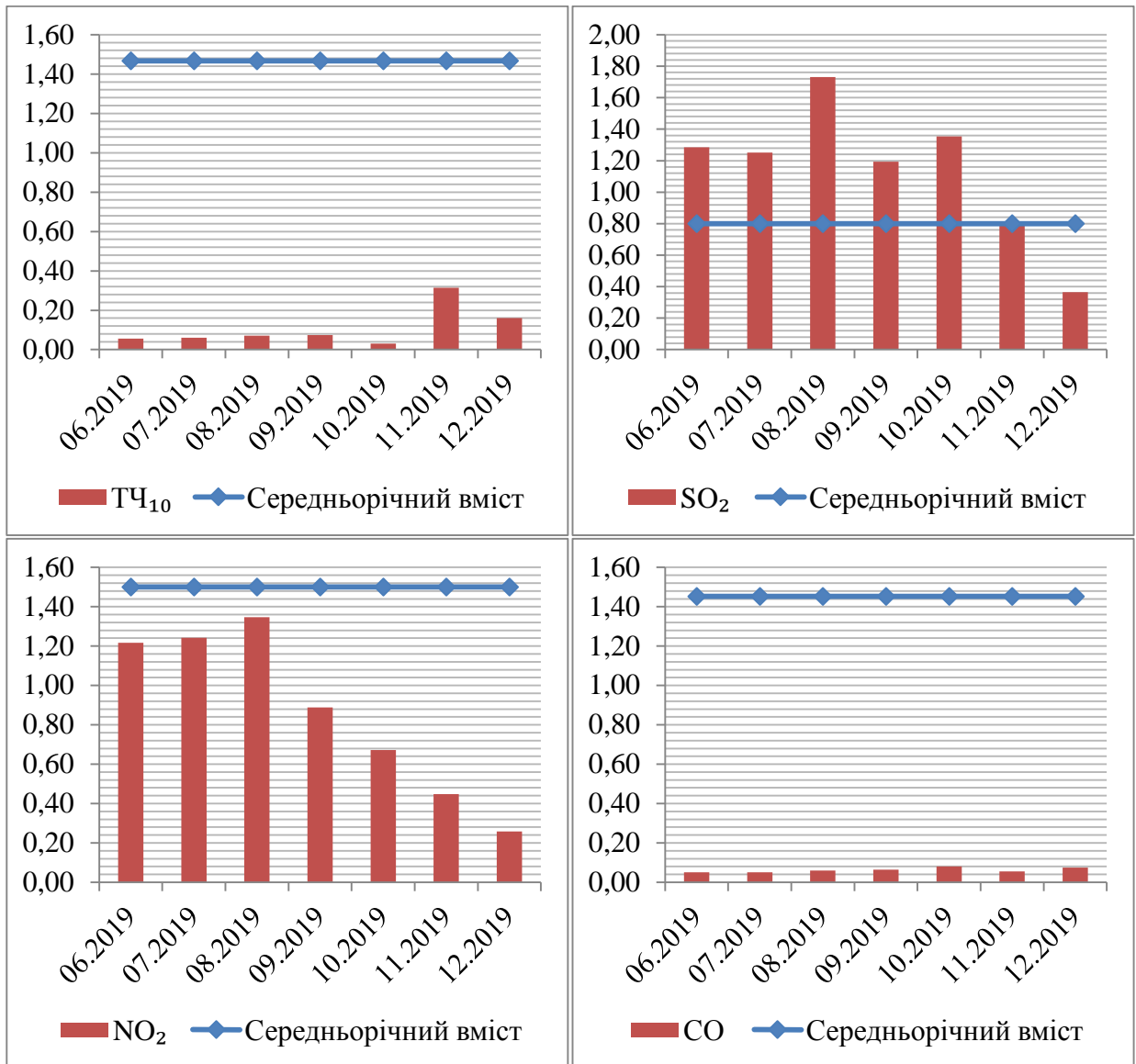


Рисунок 2.16 – Порівняльний аналіз даних спостережень на AQT420 і по м. Одеса в цілому у 2019 р. (од. ГДК_{сб})

період 2019 р. Спостереження проводяться в безперервному режимі. Проте нами було обрано для аналізу терміни у нічний (1:00 – 3:15 год.), ранковий (7:00 – 9:15 год.), денний (13:00 – 15:15 год.) і вечірній (19:00 – 21:15 год.) періоди. Дані були осереднені з кроком 1 хв. Порівняння проводилось з ГДК_{сб}, а також розрахованою середньосезонною концентрацією ($q_{сер.сез.}$) згідно [20].

Аналіз динаміки зміни концентрацій діоксиду азоту в літній і осінній період наведено на рис. 2.17 – 2.18.

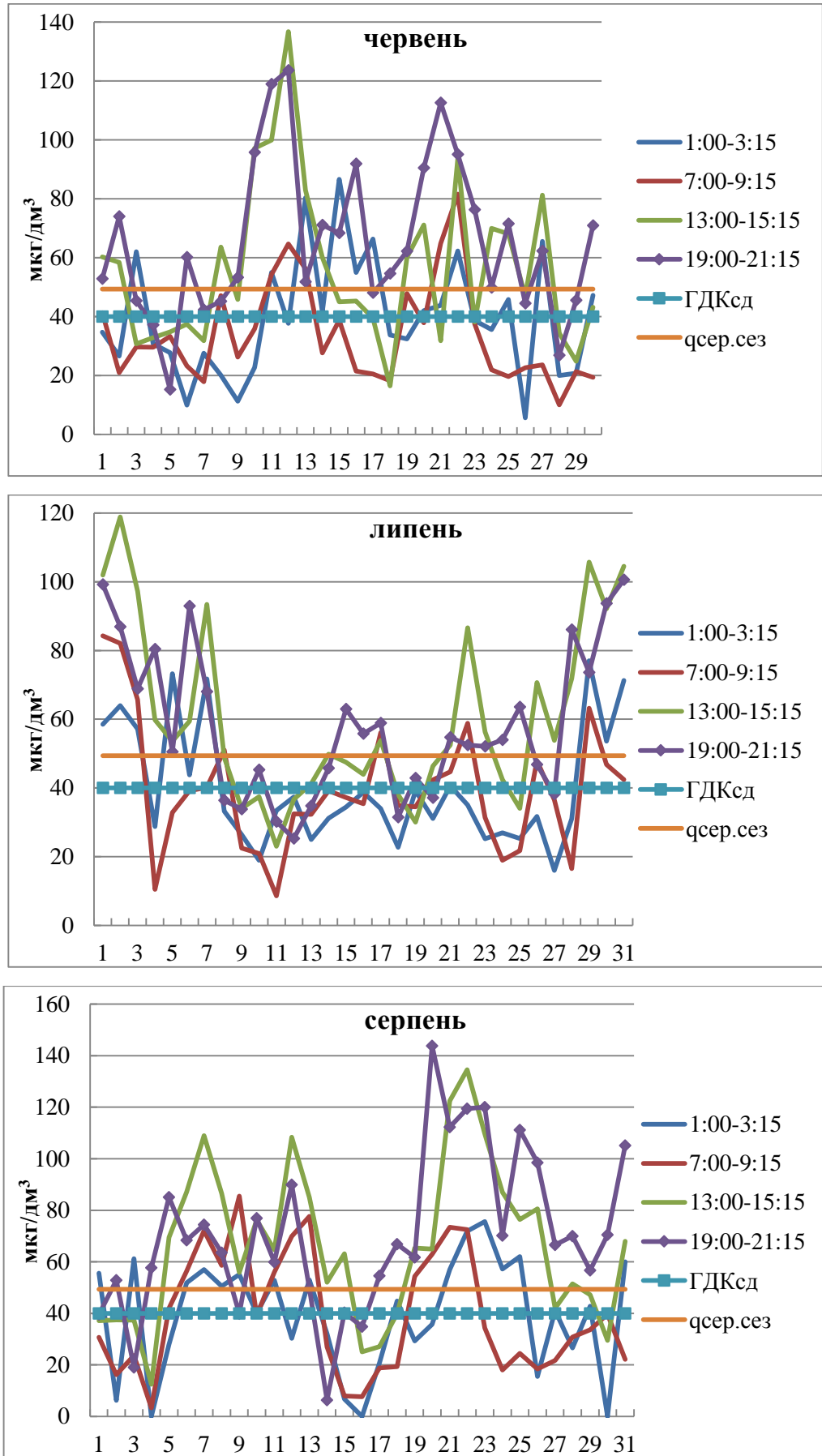


Рисунок 2.17 – Динаміка зміни концентрацій NO_2 в літній період 2019 р.

Як видно з рис. 2.17, максимальні концентрації NO_2 відзначались у липні і серпні. У більшості випадків отримані значення перевищують і $ГДК_{сд}$, і $q_{сер.сез}$. Також слід відзначити, що більш високий рівень забруднення відзначався у денні і вечірні часи. На протязі кожного місяця підвищені рівні забруднення відзначалися у другій декаді червня, першій і третій декадах липня, а також другій половині серпня.

В осінній період (рис. 2.18) відзначається незначне зменшення рівня забруднення атмосфери діоксидом азоту, особливо у жовтні – листопаді. Перевищення $ГДК_{сд}$ і $q_{сер.сез}$ відзначаються в середньому у 50 % випадків у вересні і жовтні. У листопаді це одиничні випадки, проте відзначається різке зростання концентрацій наприкінці місяця (28 – 29 листопада). Також слід відзначити, що перевищення $ГДК_{сд}$ відзначаються у денні і вечірні часи спостережень. Зменшення вмісту діоксиду азоту в осінній період є закономірним, оскільки зменшився транспортний потік, в т.ч. і за рахунок зменшення перевезень відпочиваючих на міські пляжі.

Було розраховано $IЗА$ атмосферного повітря діоксидом азоту за даними автоматизованого ПСЗ (рис. 2.19). Як видно з наведеного рисунку, в літній період якість атмосферного повітря не відповідала вимогам. Максимум забруднення відзначався у серпні. З вересня рівень забруднення суттєво зменшився і відповідав вимогам якості атмосферного повітря.

Аналогічно були виконані розрахунки і для вмісту CO (рис. 2.20 – 2.21).

Аналіз рис. 2.20 показує, що максимальні концентрації оксиду вуглецю відзначались у вечірні та нічні часи, мінімальні – у денні часи. Значні і постійні перевищення $q_{сер.сез}$ відзначались у червні і серпні. На окремих діаграмах не наводились лінії $ГДК_{сд}$, оскільки концентрації біли значно нижче. Окремі максимуми у липні і серпні в 2 рази перевищували відповідні у червні.

З рис. 2.21 видно, що в осінній період відзначається деяке підвищення загального рівня забруднення оксидом вуглецю, особливо у вересні.

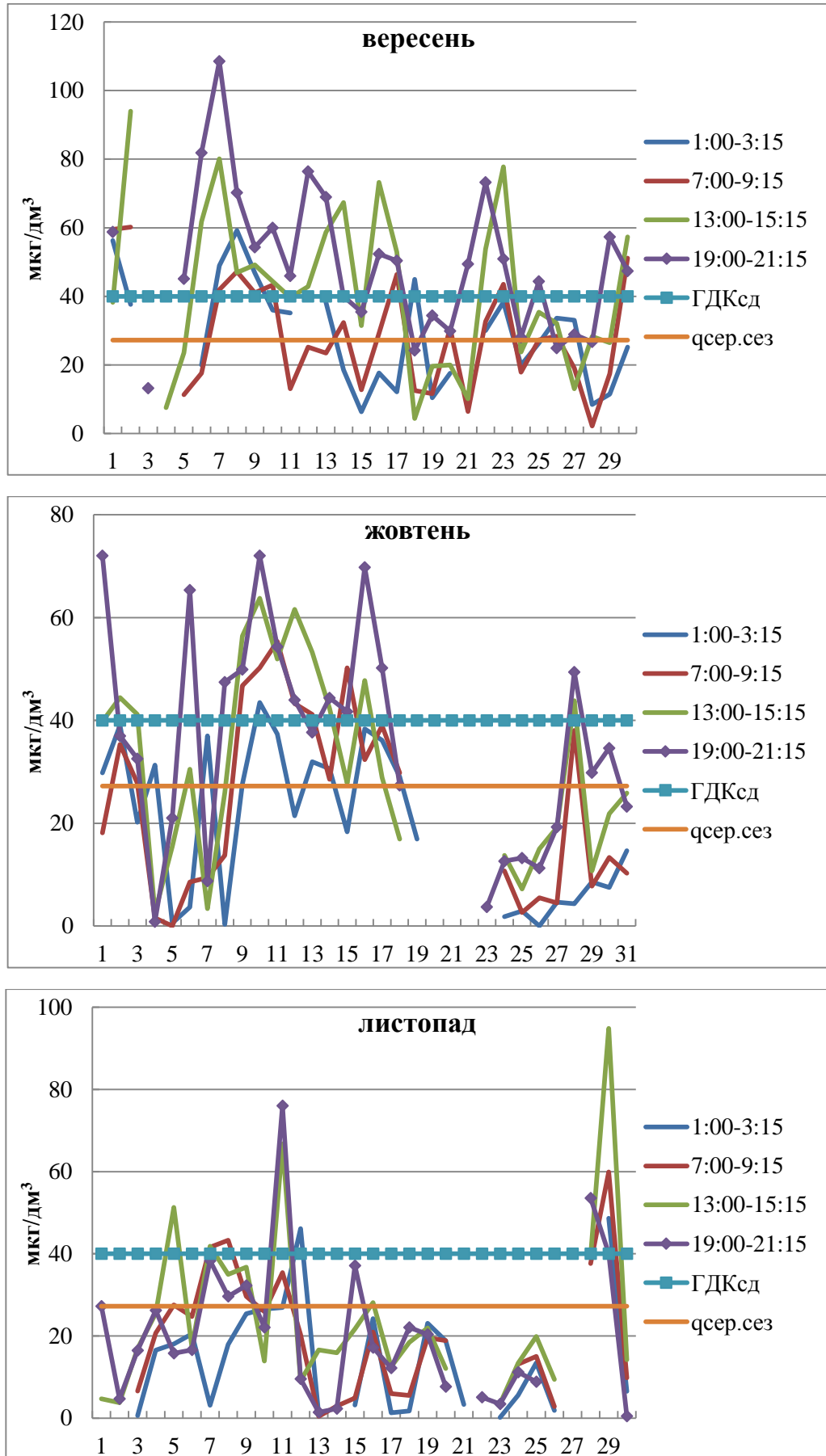


Рисунок 2.18 – Динаміка зміни концентрацій NO_2 в осінній період 2019 р.

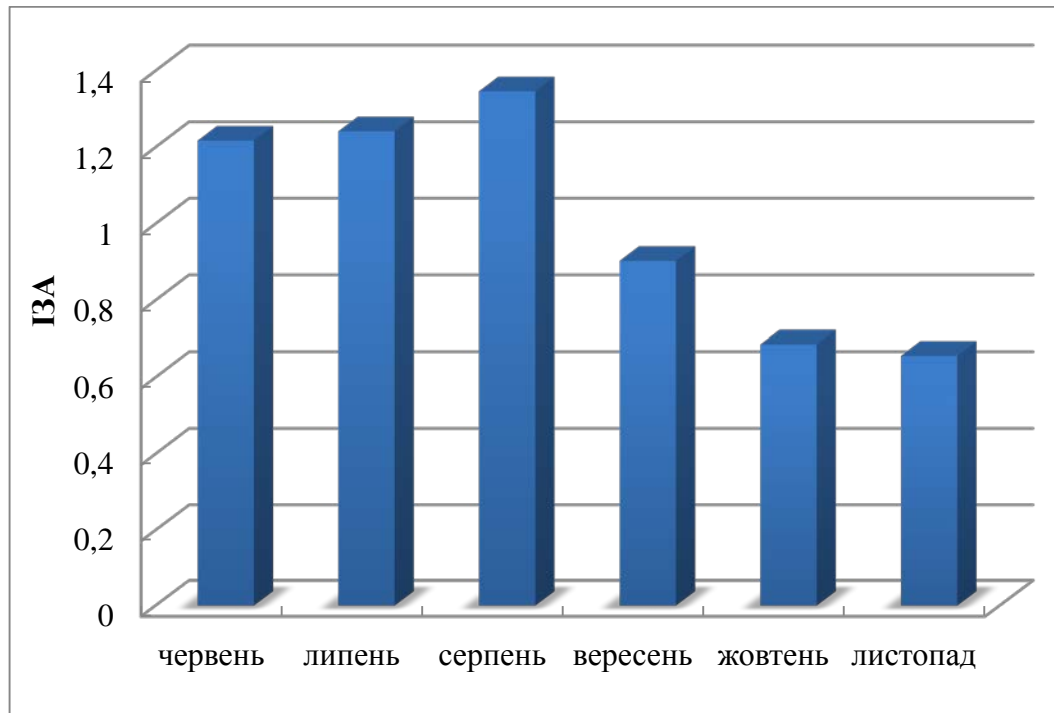


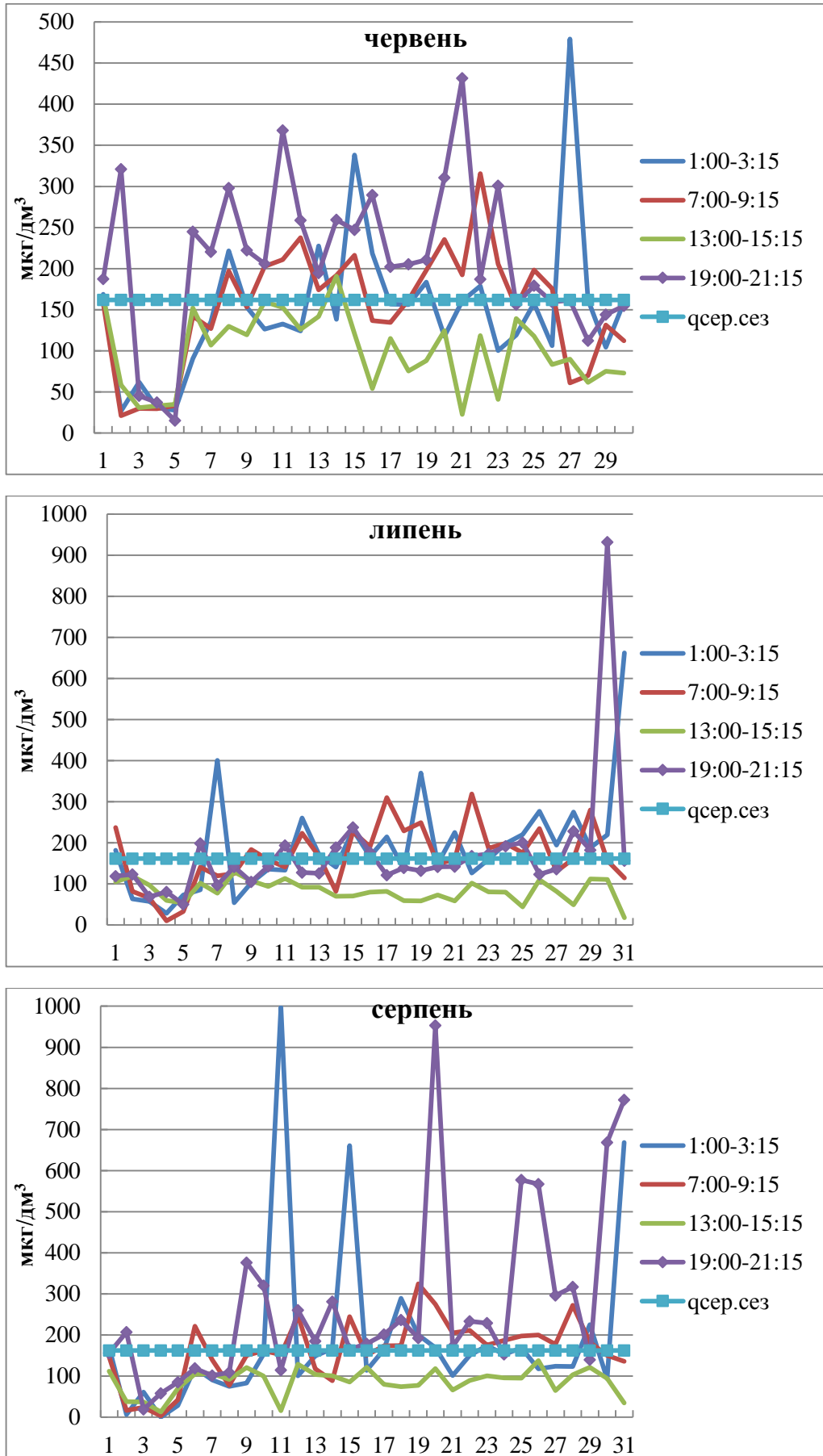
Рисунок 2.19 – Значення ІЗА діоксидом азоту
(пункт спостережень ОДЕКУ, 2019 р.)

Максимальні концентрації, як і влітку, відзначались у вечірні і нічні часи. Відзначено декілька екстремумів у жовтні і листопаді. На наш погляд вони не відображають добовий хід концентрацій оксиду вуглецю. Можливо це обумовлено деякими порушеннями у роботі обладнання.

Також слід зазначити, що вміст оксиду вуглецю за наявними даними на два порядки нижче за даними спостережень на мережі пунктів по місту.

Було розраховано ІЗА оксидом вуглецю (рис. 2.22). З рисунку видно, що рівень забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю в літньо-осінній період суттєво збільшився. Проте ІЗА не перевищує 1, тобто атмосфера умовно чиста.

Аналіз офіційних даних щодо рівня забруднення атмосферного повітря по місту в цілому (аналітичні довідки Департаменту екології і природних ресурсів ОДА) [21] показав наступне:

Рисунок 2.20 – Динаміка зміни концентрацій CO в літній період 2019 р.

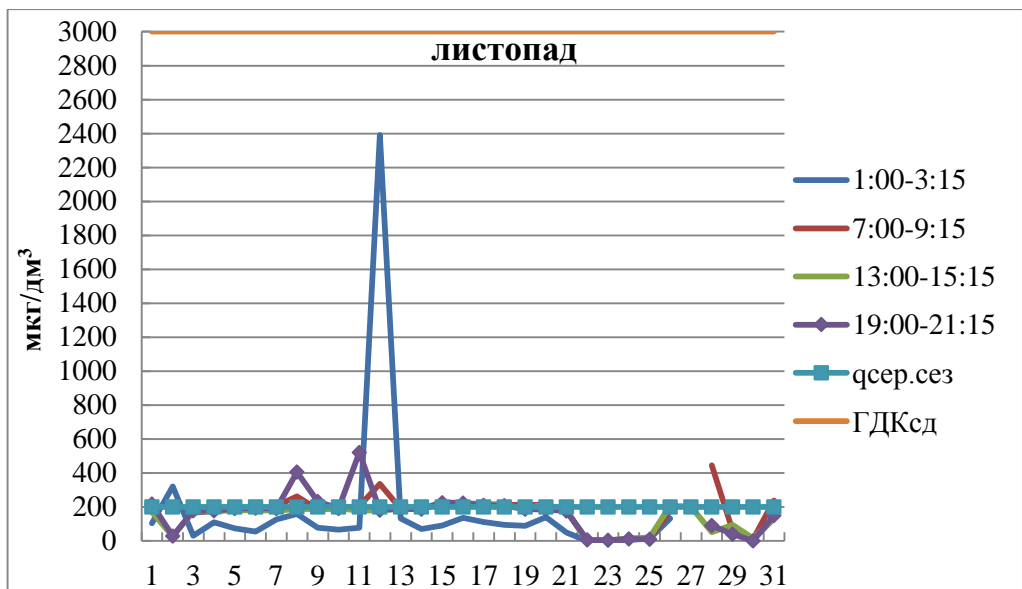
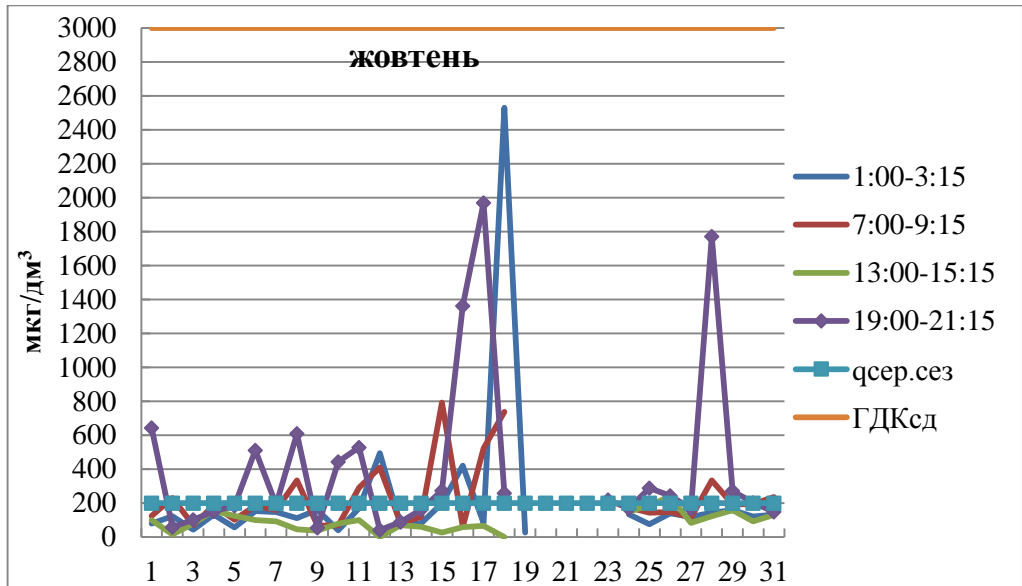
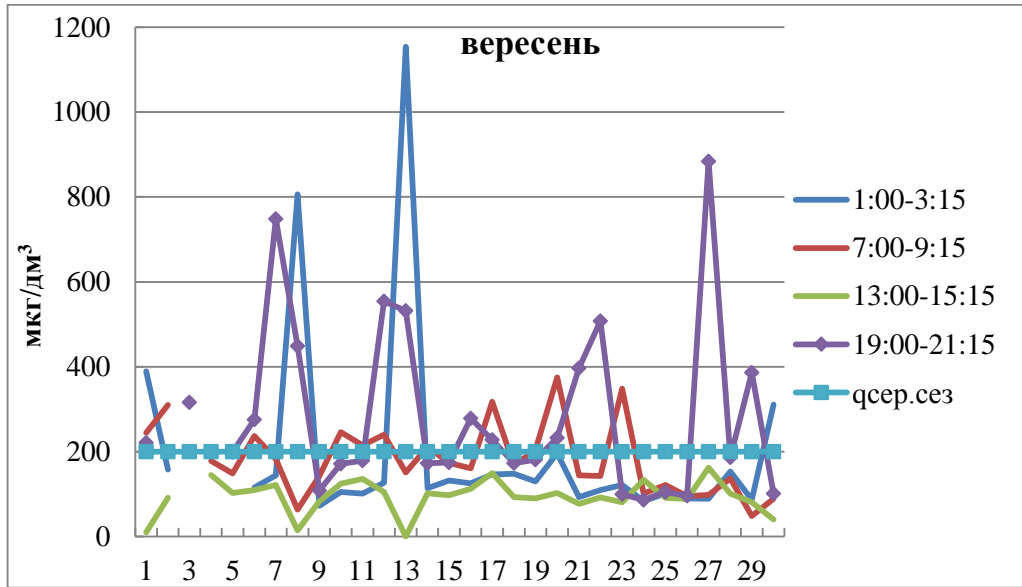


Рисунок 2.21 – Динаміка зміни концентрацій CO в осінній період 2019 р.

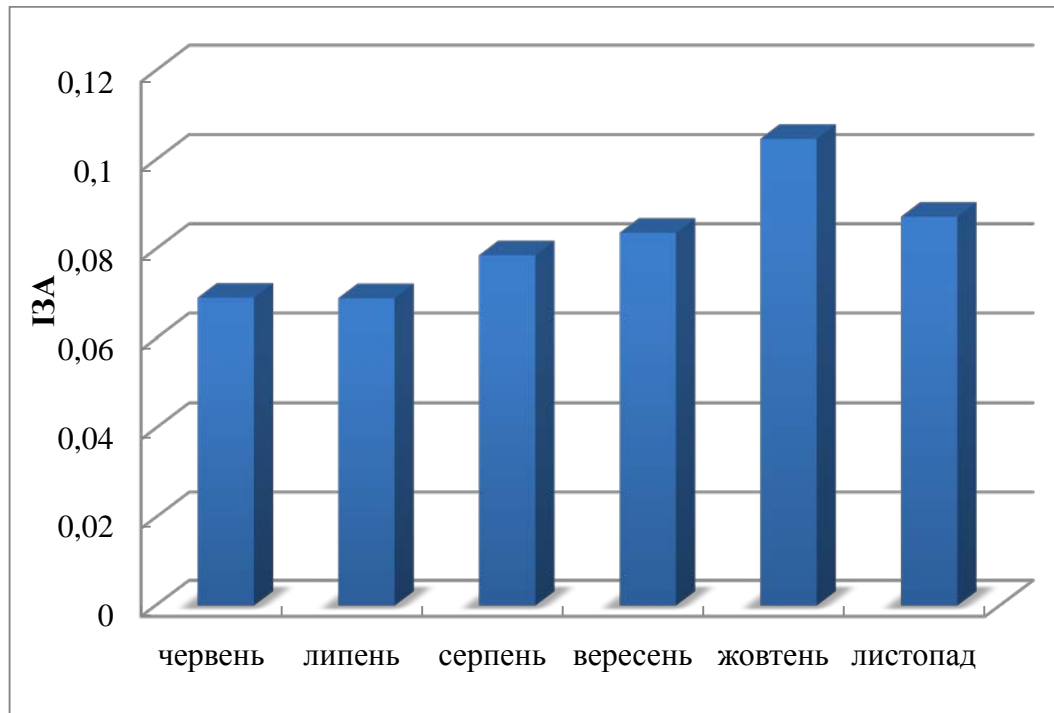


Рисунок 2.22 – Значення IЗА CO
(пункт спостережень ОДЕКУ, 2019 р.)

- у червні максимальні перевищення $ГДК_{cd}$ спостерігалися по оксиду вуглецю ($2,8 ГДК_{cd}$) і діоксиду азоту ($0,6 ГДК_{cd}$) в районі автовокзалу (пункт № 17);
- у липні – по оксиду вуглецю ($2,8 ГДК_{cd}$) в районі вул. Балківської (пункт № 18), діоксиду азоту ($0,6 ГДК_{cd}$) – в районі вул. Чорноморського козацтва (пункт № 10);
- у серпні – по оксиду вуглецю ($2,8 ГДК_{cd}$) і діоксиду азоту ($0,6 ГДК_{cd}$) в районі Автовокзалу (пункт № 17);
- у вересні – по оксиду вуглецю ($1,6 ГДК_{cd}$) в районі Автовокзалу (пункт № 17), діоксиду азоту ($0,7 ГДК_{cd}$) – в районі вул. Чорноморського козацтва (пункт № 10).

Всі ці райони є районами інтенсивного руху автотранспорту.

За даними наших спостережень рівень забруднення атмосфери оксидом вуглецю складав $0,05 - 0,08 ГДК_{cd}$, діоксидом азоту – $0,66 - 1,35 ГДК_{cd}$. Тобто в цілому рівень забруднення діоксидом азоту значно вище.

Стосовно рівня забруднення діоксидом азоту, то концентрації цієї домішки за результатами отриманих даних дещо вище також концентрацій в районі розташування пункту № 8, який в м. Одеса оцінюється як фоновий. За даними багаторічних спостережень [22] концентрації на даному пунктів складають $0,72 - 0,79 ГДК_{сд}$.

У роботі [23] авторами було виконано за даними багаторічних досліджень класифікацію міст України за рівнем забруднення атмосферного повітря. Було запропоновано 4 групи рівнів забруднення, виходячи із значень перевищення *ГДК*:

- 1) допустимий рівень забруднення ($< 1 ГДК$);
- 2) підвищений рівень забруднення ($1 - 2 ГДК$);
- 3) високий рівень забруднення ($2 - 3 ГДК$);
- 4) екстремально високий рівень забруднення ($3 - 6 ГДК$).

Запропонована методика була використана в роботі для ранжування рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними моніторингових спостережень, застосованих для розрахунку *ІЗА* (табл. 2.3). З таблиці видно, що за більшістю ЗР рівень забруднення атмосфери м. Одеса можна характеризувати як підвищений. За окремими речовинами (діоксид сірки і оксид азоту) рівень забруднення характеризується як допустимий, а за вмістом формальдегіду – як екстремально високий.

Результати досліджень, наведені у даному розділі, представлені у публікаціях [24 – 27] автора зі співавторами.

Таблиця 2.3 – Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеса за рівнем перевищення $ГДК_{сд}$ окремими ЗР (2003 – 2018 рр.)

Допустимий рівень (< 1 ГДК)	Підвищений рівень (1 – 2 ГДК)	Високий рівень (2 – 3 ГДК)	Екстремально високий рівень (3 – 6 ГДК)
<i>пил</i>			
–	+	–	–
<i>діоксид сірки</i>			
+	–	–	–
<i>оксид вуглецю</i>			
–	+	–	–
<i>діоксид азоту</i>			
–	+	–	–
<i>оксид азоту</i>			
+	–	–	–
<i>сажа</i>			
–	+	–	–
<i>фенол</i>			
–	+	–	–
<i>фтористий водень</i>			
–	+	–	–
<i>формальдегід</i>			
–	–	–	+

3 ОЦІНКА СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ОДЕСА ЗА ОКРЕМИМИ ПОКАЗНИКАМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Сталий розвиток – це такий розвиток, який дозволяє задовольнити потреби сучасного покоління без шкоди для майбутніх поколінь. У 2018 р. був запропонований проект Закону України «Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року» [28], згідно якого сталий розвиток орієнтований на поліпшення якості життя людини у сприятливому соціально-економічному і екологічному середовищі. Указом Президента України № 722/2019 від 30 вересня 2019 р. «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» окремими цілями визначені такі:

- забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів;
- забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва;
- вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками;
- збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах сталого розвитку;
- захист та відновлення екосистем суші та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням, припинення і повернення назад (розвертання) процесу деградації земель та зупинка процесу втрати біорізноманіття [29].

Тобто майже третина цілей, визначена указом Президента України, відноситься до питань екологічної безпеки держави і збереження якісного довкілля для майбутніх поколінь.

З урахуванням наведеного вище слід окремо зупинитися на окремих індексах і індикаторах, які застосовуються для оцінки сталого розвитку. Згідно з метрикою для вимірювання процесів сталого розвитку (МВСП) [30],

сталий розвиток оцінюється з позицій економічного, екологічного і соціального-інституціонального характеру. Індекс екологічного виміру (I_e) можна визначати з урахуванням трьох категорій екологічної політики: 1) екологічні системи (I_{SYS}); 2) екологічне навантаження (I_{STR}); 3) регіональне екологічне керування (I_{REG}). Ці категорії містять 13 індикаторів і 44 показники [30].

Зазначимо, що індикатор сталого розвитку – це показник, який відображає економічний, соціальний і/або екологічний розвиток у певному регіоні, і має такі властивості як простота інтерпретації, широкий діапазон, чутливість до змін, кількісна визначеність і дозволяє робити прогнози й вчасно визначати тенденції [30].

Наведемо перелік індикаторів і показників індексу екологічного виміру (I_e). Категорія «Екологічні системи» включає 6 індикаторів:

- 1) повітря I_{AIR} (параметри – середні концентрації діоксиду азоту (I_{NO_2}), діоксиду сірки (I_{SO_2}) і пилу (I_{TCP}) в атмосферному повітрі міст);
- 2) біорізноманіття I_{BIO} (параметри – види фауни (I_{PFA}) і флори (I_{PFL}) під загрозою, об'єкти ПЗФ (I_{PZF});
- 3) земля I_{LAN} (параметри – техногенне навантаження на природне середовище (I_{ANT}), поширення екзогенних геологічних процесів (I_{EGP}), забруднені ділянки (I_{WLN}), порушені, відпрацьовані та рекультивовані землі (I_{EXH}));
- 4) якість води I_{WQL} (параметри – середньорічні концентрації завислих речовин (I_{SS}) і нітратів (I_{NIT}), середньорічна мінералізація (I_{MIN}), осереднені по регіону);
- 5) кількість води I_{WQN} (параметри – забір води з природних (I_{WAV}) і підземних (I_{GAV}) джерел у розрахунку на 1 особу);
- 6) радіаційна і екологічна небезпека I_{RAD} (параметри – радіаційна забрудненість території (I_{RTR}), потенційна радіаційна небезпека (I_{RHZ}), радіоактивно забруднені землі (I_{RLN}), екологічно небезпечні підприємства (I_{IHZ}), зберігання і використання небезпечних хімічних

речовин (I_{HZW}) [30].

Категорія «Екологічне навантаження» містить 4 індикатори:

- 1) викиди в атмосферне повітря I_{EMS} (параметри – викиди оксидів азоту (I_{NOX}), діоксиду сірки (I_{SOT}) і летких органічних сполук (I_{VOC}), ЗР від автомобільного транспорту (I_{CAR}), стаціонарних і пересувних джерел у розрахунку на 1 км² (I_{EKM}) і на 1 особу (I_{EPC}));
- 2) навантаження на екосистеми I_{ECO} (параметри – зміна відношення площі зрубаних і загиблих лісових насаджень до площі створених лісових насаджень за останні 3 роки (I_{FRS}), рілля (I_{EF1}), сіножаті та пасовища (I_{EF2}), ліси та інші лісовкриті площі (I_{EF3}), забудовані землі (I_{EF4}), використання свіжої води у розрахунку на 1 особу (I_{EF5}));
- 3) утворення і використання відходів I_{WST} (параметри – використання (I_{REC}) і накопичення (I_{ACC}) відходів, утворення відходів I – III класів небезпеки у розрахунку на 1 км² (I_{WKM}) і на 1 особу (I_{WPC}), площі під ТПВ (I_{WAR}));
- 4) водне навантаження I_{WAT} (параметри – скидання ЗР (I_{CNT}) і зворотних вод (I_{REW}) у поверхневі водні об'єкти [30].

Категорія «Регіональне екологічне керування» містить 3 індикатори:

- 1) участь в екологічних проектах I_{COL} (параметри – громадські екологічні організації на території області (I_{ORG}), обсяг фактичних коштів з державного і обласного фондів на природоохоронні заходи (I_{FND}));
- 2) викиди парникових газів I_{GHG} (параметри – викиди до ВРП (I_{GDP}) і на душу населення (I_{GPC}));
- 3) трансграничний екологічний тиск I_{GPC} (параметр – відходи I – III класу небезпеки, передані іншим підприємствам, іншим країнам тощо (I_{EXP})) [30].

Нами було виконано оцінку стану повітряного басейну міста із застосуванням окремих параметрів індексу екологічного виміру, а саме: середні концентрації діоксиду азоту I_{NO2} , діоксиду сірки I_{SO2} і пилу I_{TCP} в атмосферному повітрі, викиди оксидів азоту I_{NOX} , діоксиду сірки I_{SOT} і ЗР від автомобільного транспорту I_{CAR} . Оцінку виконано за даними моніторингових

спостережень 2014 – 2019 рр. Вихідні дані були нормовані так, щоб усі параметри приймали значення від 0 до 1 із застосуванням принципу лінійного нормування:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}. \quad (3.1)$$

Всі параметри приведені до такого виду, що їх кращі значення наближені до 0.

На рис. 3.1 наведено результати оцінки стану повітряного басейну м. Одеса за період дослідження. Як видно, більш кращі умови відзначались у 2014 і 2016 рр. Досить високі показники у 2015 р., які суттєво погіршили ситуацію, пояснюються значними концентраціями пилу і діоксиду азоту, а також обсягами викидів сполук азоту і сірки. В останні роки ситуація майже не змінюється. Умови сталого розвитку характеризуються середніми показниками, але у бік погіршення ситуації.

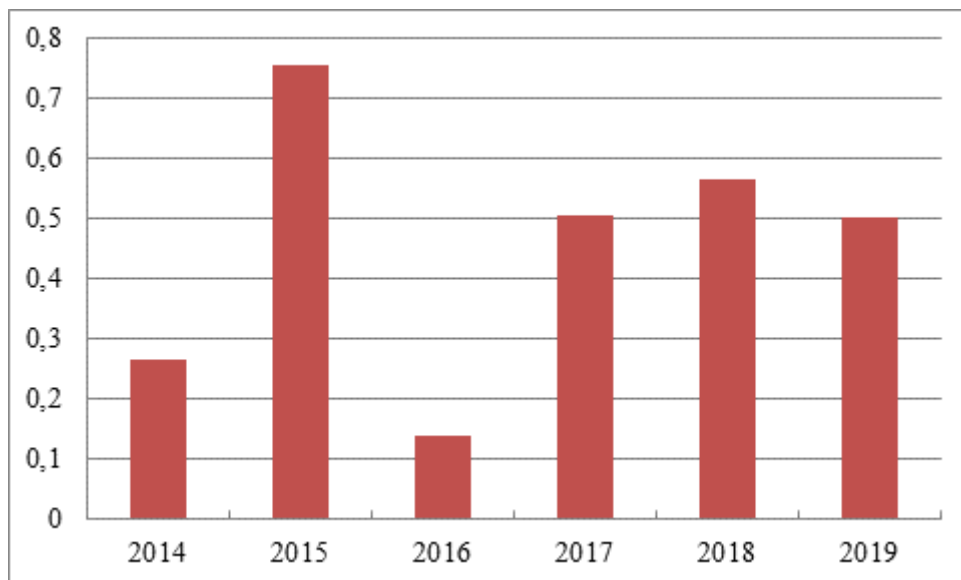


Рисунок 3.1 – Оцінка стану повітряного басейну м. Одеса за показниками сталого розвитку

Якщо рівень екологічної безпеки стаціонарних джерел забруднення можна підвищувати за рахунок удосконалення повітряно-охоронних заходів та технологічних процесів, упорядкування конфігурації санітарно-захисних зон і т.д., то домінування пересувних джерел забруднення повітряного басейну ускладнює ситуацію, оскільки ці заходи слід застосовувати до великої кількості пересувних джерел забруднення (наприклад, у 2013 р. 84,1 % усіх поллютантів надійшли в повітряний басейн міста від автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту, а також від та виробничої техніки). Заходи по зменшенню забруднення повітряного басейну за рахунок перерозподілу та регулювання транспортних потоків, а також підвищення екологічності автотранспорту, але з урахуванням того, що в Україні 27 % автомобілів старші 30 років і 47 % автомобілів віком від 10 до 30 років, навряд чи будуть достатньо ефективними для істотного поліпшення якості повітряного басейну Одеси.

Важливим фактором впливу на якість атмосферного повітря є стан зелених насаджень. Площа зелених насаджень міста становить 742 га, що у розрахунку на 1 мешканця міста складає $7,4 \text{ м}^2/\text{особу}$ і становить для міста 61,7 %. Якщо в центрі міста на кожного мешканця припадає близько 4 м^2 зелених насаджень в середньому (при нормі в 12 м^2), то у великих житлових масивах на душу населення припадає не більше 1 м^2 насаджень. В окремих районах кількість зелених насаджень на одного мешканця становить лише 17 % від національного нормативу. Слід зауважити, що ВООЗ в якості необхідної норми для забезпечення здоров'я населення пропонує ще більш високу цифру – 50 м^2 на одного міського жителя.

Площа зелених насаджень в останні роки зменшилась приблизно на 25 %, а тому дуже актуальним є розширення рекреаційної зони міста шляхом створення «Зеленого поясу Одеси» [31], що передбачає створення навколо історичного центру міста безперервного кільця з парків, скверів та зелених коридорів. У цьому кільці пропонується створити умови для зручного переміщення пішоходів і велосипедистів, а також розмістити кілька

інтермодальних зупиночних комплексів електротранспорту (міська електричка, трамвай, монорельс). Створені тут умови і нова транспортна інфраструктура викличуть інтерес у інвесторів до будівництва житлових комплексів на його кордоні. Для створення природного каркаса найбільш перспективні території навколо залізниці. Залізнична гілка заходить у місто з півночі і огинає його історичну частину. На даний час це смуга депресивних територій: непрацюючих промислових підприємств, складських приміщень, малоповерхового житлового сектора. Зелені насадження сприятимуть очищенню повітряного басейну міста від шкідливих газових домішок, затримуванню пилюватих частинок, стримуванню поривів вітру, поглинанню шуму і збагаченню повітря киснем.

Окремі результати дослідження за даними розділом наведені у роботах [32, 33].

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра було аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса за даними автоматизованих спостережень, а також оцінка стану повітряного басейну із застосуванням окремих параметрів сталого розвитку.

В результаті виконаних досліджень можна зробити такі висновки:

1. В останні роки за офіційними даними м. Одеса за рівнем забруднення атмосфери входить до переліку найбільш забруднених міст України.
2. Концентрації майже всіх ЗР перевищують значення $ГДК_{сд}$ в середньому в 1,5 – 2 рази. Максимальні концентрації відзначаються за вмістом формальдегіду. Відзначена загальна тенденція зменшення рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за багаторічний період.
3. За значенням I_5 рівень забруднення атмосферного повітря у 2003 – 2015 рр. класифікується як «сильно забруднена», у 2016 – 2017 рр. – як «забруднена», у 2018 рр. – як «сильно забруднена».
4. Порівняння даних спостережень за вмістом окремих поллютантів на пункті ОДЕКУ з даними багаторічних спостережень по місту показав, що вміст діоксиду азоту в цілому відповідає середньому багаторічному по місту в цілому. Вміст оксиду вуглецю на два порядки нижче за даними спостережень на мережі пунктів по місту, вміст PM_{10} на порядок нижче концентрацій пилу.
5. Аналіз динаміки зміни концентрацій діоксиду азоту в літній період показали, що максимальні концентрації відзначались у липні і серпні. У більшості випадків отримані значення перевищують і $ГДК_{сд}$, і $q_{сер.сез.}$. Підвищений рівень забруднення відзначався у денні і вечірні часи. В осінній період відзначається незначне зменшення рівня забруднення, особливо у жовтні – листопаді. Перевищення $ГДК_{сд}$ відзначаються

- також у денні і вечірні часи. Зменшення вмісту діоксиду азоту в осінній період є закономірним через зменшення транспортного потоку.
6. За значенням *IЗА* діоксидом азоту в літній період 2019 р. якість атмосферного повітря не відповідала вимогам.
 7. Максимальні концентрації оксиду вуглецю в літній період відзначались у вечірні та нічні часи, мінімальні – у денні часи. Значні і постійні перевищення $q_{сер.сез}$ відзначались у червні і серпні. В осінній період відзначається підвищення загального рівня забруднення, особливо у вересні. Максимальні концентрації, як і влітку, відзначались у вечірні і нічні часи. Відзначено декілька екстремумів у жовтні і листопаді. Вони не відображають добовий хід концентрацій оксиду вуглецю і можуть бути обумовлені деякими порушеннями у роботі обладнання.
 8. За значенням *IЗА* оксидом вуглецю рівень забруднення атмосферного повітря в літньо-осінній період суттєво збільшився. Проте атмосфера умовно чиста. Вміст оксиду вуглецю за наявними даними на два порядки нижче за даними спостережень на мережі пунктів по місту.
 9. Концентрації діоксиду азоту за результатами отриманих даних дещо вище концентрацій в районі розташування пункту № 8, який в м. Одеса оцінюється як фоновий.
 10. За результатами ранжування отримано, що за більшістю ЗР рівень забруднення атмосфери м. Одеса можна характеризувати як підвищений. За окремими речовинами (діоксид сірки і оксид азоту) він характеризується як допустимий, а за вмістом формальдегіду – як екстремально високий.
 11. Оцінка стану повітряного басейну міста із застосуванням окремих параметрів індексу екологічного виміру показала, що більш кращі умови відзначались у 2014 і 2016 рр. Високі показники у 2015 р. сформувались за рахунок значних концентрацій пилу і діоксиду азоту, а також обсягами викидів сполук азоту і сірки. Умови сталого розвитку

характеризуються середніми показниками, але у бік погіршення ситуації.

Отримані дані є основою для подовження імплементації Постанови кабінету міністрів України щодо впровадження нового порядку здійснення державного моніторингу атмосферного повітря в Україні. Існуюча лабораторна база стаціонарних ПСЗ потребує докорінного переобладнання. Необхідно проведення обстеження забруднення атмосферного повітря з метою виявлення в сучасних умовах пріоритетних забруднюючих речовин і, відповідно, розробки програм спостережень з урахуванням необхідності контролю певних домішок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електронний ресурс: URL: <https://de.khnu.km.ua/labrun.aspx?a=257&b=2&c=65> (дата звернення: 27.05.2021).
2. Про автоматизовану систему екологічного моніторингу атмосферного повітря у місті Бровари Київської області. Електронний ресурс: URL: <https://ecolog-ua.com/news/pro-avtomatyzovanu-systemu-ekologichnogo-monitoryngu-atmosfernogo-povitrya-u-misti-brovary> (дата звернення: 27.05.2021).
3. Електронний ресурс: URL: <http://koda.gov.ua/news/13-stanciy-monitoringu-cilodobovo-pere/> (дата звернення: 27.05.2021).
4. Інформаційно-аналітичний огляд стану атмосферного повітря Дніпропетровської області. Електронний ресурс: URL: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/uploads/public/5fa/e8b/2a9/5fae8b2a9a9e492080056.pdf> (дата звернення: 27.05.2021).
5. Кампанія за чисте повітря в містах Східної України. Електронний ресурс: URL: <https://arnika.org/ru/novaia-tehnologiiia-monitoringa-vozdukha-dlia-ukrainy> (дата звернення: 27.05.2021).
6. Електронний ресурс: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 2.12.2020).
7. AQT400 Series Configuration Guide. M212059EN-B. Helsinki: Vaisala Oyj, 2018. 28 p. Електронний ресурс: URL: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/AQT400-Configuration-Guide-in-English-M212059EN-B.pdf> (дата звернення: 2.12.2020).
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.google.com/maps/@46.3996964,30.7369149,16z> (дата звернення 21.11.2019).
10. 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).
11. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2016 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2017. 47 с.
12. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2017 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2018. 50 с.
13. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2018 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2019. 50 с.
14. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2019 році. Київ: ЦГО ім. Б. Срезневського, 2020. 44 с.
15. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2008 році. Одеса, 2009. 240 с.
16. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2013 році. Одеса, 2014. 262 с.
17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2018 році. Одеса, 2019. 241 с.
18. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
19. Екологічний паспорт. Одеська область. 2019 рік. Одеса, 2020. 201 с.
20. Чугай А.В., Юрасов С.М., Чернякова О.І., Грабко Н.В., Волков А.І. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Моніторинг довкілля». Одеса: ОДЕКУ, 2006. 139 с.

21. Електронний ресурс. URL: <http://ecology.odessa.gov.ua/montornng/> (дата звернення 22.11.2019).
22. Колісник А.В., Ничипорук О.І., Чугай А.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса діоксидом азоту // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції». Житомир: ДУ «Житомирська політехніка», 2019. С. 26 – 27.
23. Яценко Ю., Шевченко О., Сніжко С. Класифікація міст України за рівнем забруднення атмосферного повітря. *Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Серія: Географія*. 2017. № 3 (68) / 4 (69). С. 25 – 30.
24. Лавров Т.В., Чугай А.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря окремих районів м. Одеса діоксидом азоту. *Матеріали VII Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. С. 82 – 84.
25. Лавров Т.В., Чугай А.В. Аналіз забруднення окремих районів м. Одеса діоксидом азоту і оксидом вуглецю. *Збірка тез наукових робіт II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за напрямом «Екологічна безпека комплексу «Автомобіль – навколишнє середовище»*. Харків: ХНАДУ, 2020. С. 20 – 22.
26. Chugai A.V., Safranov T.A., Lavrov T.V. Air Quality Formation Factors of Urban Areas (with the Example of the Odessa City). *Ecologia Balkanica*. 2020. Vol. 12, Issue 1. P. 57 – 65.
27. Чугай А.В., Лавров Т.В. Оцінка забруднення окремих районів м. Одеса діоксином азоту і оксидом вуглецю. *Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей*. 2020. № 1 (24). С. 45 – 56.
28. Електронний ресурс. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JH6YF00A.html (дата звернення: 25.07.2020).

29. Електронний ресурс. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення: 25.07.2020).
30. Сталый розвиток регіонів України. Електронний ресурс. URL: http://nung.edu.ua/files/attachments/stalyu_rozvytok_regioniv_ukrayiny.pdf (дата звернення: 07.06.2020).
31. Зелёный пояс Одессы. URL: <http://zavarnik.biz/zelyonyj-royas-odessy> (дата звернення: 07.01.2020).
32. Лавров Т.В. Оцінка стану повітряного басейну м. Одеса за окремими показниками сталого розвитку. *Збірник матеріалів 6-го Міжнародного молодіжного конгресу «Сталый розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2021. С. 69.
33. Оліферчук Б.О., Лавров Т.В. Оцінка забруднення повітряного басейну міст Північно-Західного Причорномор'я зваженими речовинами. *Матеріали XX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса: ОДЕКУ, 2021. С. 103 – 104.

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

1. Лавров Т.В., Чугай А.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря окремих районів м. Одеса діоксидом азоту. *Матеріали VII Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. С. 82 – 84.
2. Лавров Т.В., Чугай А.В. Аналіз забруднення окремих районів м. Одеса діоксидом азоту і оксидом вуглецю. *Збірка тез наукових робіт II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за напрямом «Екологічна безпека комплексу «Автомобіль – навколишнє середовище»*. Харків: ХНАДУ, 2020. С. 20 – 22.
3. Chugai A.V., Safranov T.A., Lavrov T.V. Air Quality Formation Factors of Urban Areas (with the Example of the Odessa City). *Ecologia Balkanica*. 2020. Vol. 12, Issue 1. P. 57 – 65.
4. Чугай А.В., Лавров Т.В. Оцінка забруднення окремих районів м. Одеса діоксином азоту і оксидом вуглецю. *Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей*. 2020. № 1 (24). С. 45 – 56.
5. Лавров Т.В. Оцінка стану повітряного басейну м. Одеса за окремими показниками сталого розвитку. *Збірник матеріалів 6-го Міжнародного молодіжного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2021. С. 69.
6. Оліферчук Б.О., Лавров Т.В. Оцінка забруднення повітряного басейну міст Північно-Західного Причорномор'я зваженими речовинами.

Матеріали XX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ, 2021. С. 103 – 104.

7. Чугай А.В., Лавров Т.В. Якість повітряного басейну м. Одеса за даними автоматизованих спостережень. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Vin Smart Eco»*. Вінниця: ВАНУ, 2021 (у друку).