

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Метеорологічні передумови прогнозування стану повітряного
басейну окремих урбанізованих територій Північно-Західного
Причорномор'я

Виконав студент 2 курсу групи МЕЕБ-61
спеціальності 101 – Екологія
Сердега Ірина Леонідівна

Керівник к.геогр.н., доц.
Чугай Ангеліна Володимирівна

Рецензент к.геогр.н., доц.
Бургаз Олексій Анатолійович

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітня програма Екологічна безпека

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Т.А. Сафранов

“ 26 ” березня 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сердезі Ірині Леонідівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метеорологічні передумови прогнозування стану повітряного басейну окремих урбанізованих територій Північно-Західного Причорномор'я

Керівник роботи Чугай Ангеліна Володимирівна, к.геогр.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 02 ” листопада 2017 р.
№321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи дані моніторингових спостережень за якістю атмосферного повітря і метеорологічних спостережень у містах Північно-Західного Причорномор'я.

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

1) Методи прогнозу забруднення атмосферного повітря

2) Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м. Одеса

3) Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м. Миколаїв і м. Херсон

4) Порівняльний аналіз метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери міст Північно-Західного Причорномор'я

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- 1) Зв'язок зміни метеопараметрів з концентраціями ЗР в атмосферному повітрі м. Одеса (4 рис.).
- 2) Значення МПЗА для м. Одеса у 2012 – 2016 рр. (5 рис.).
- 3) Середньорічні значення МПЗА м. Одеса у 2012 – 2016 рр. (1 рис.).
- 4) Зв'язок зміни метеопараметрів з концентраціями ЗР в атмосферному повітрі м. Миколаїв (4 рис.).
- 5) Значення МПЗА м. Миколаїв у 2008 – 2011 рр. (4 рис.).
- 6) Середньорічні значення МПЗА м. Миколаїв у 2008 – 2011 рр. (1 рис.).
- 7) Зв'язок зміни метеопараметрів з концентраціями ЗР в атмосферному повітрі м. Херсон (4 рис.).
- 8) Значення МПЗА м. Херсон у 2012 – 2016 рр. (1 рис.).
- 9) Порівняльний графік МПЗА міст Одеса і Миколаїв (1 рис.).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Основні методи прогнозування забруднення атмосфери (фізичні основи, вплив метеопараметрів на рівень забруднення)</i>	26.03.18-31.03.18	85	4 (добре)
2.	<i>Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосферного повітря м. Одеса</i>	01.04.18-19.04.18	90	5 (відмінно)
3.	<i>Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосферного повітря м. Миколаїв</i>	20.04.18-29.04.18	80	4 (добре)
	Рубіжна атестація	30.04.18-06.05.18	85	4 (добре)
4.	<i>Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосферного повітря м. Херсон</i>	07.05.18-11.05.18	85	4 (добре)
5.	<i>Порівняльний аналіз метеорологічного потенціалу забруднення міст Північно-Західного Причорномор'я</i>	12.05.18-16.05.18	85	4 (добре)
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника</i>	17.05.18-24.05.18	85	4 (добре)
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.</i>	25.05.18-01.06.18	85	4 (добре)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85,0	

Студент _____

(підпис)

Сердега І.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Чугай А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сердега І.Л. Метеорологічні передумови прогнозування стану повітряного басейну окремих урбанізованих територій Північно-Західного Причорномор'я.

Забруднення атмосферного повітря регіонів України є однією із найважливіших екологічних проблем. Важливим фактором накопичення та розсіювання домішок є не лише обсяги викидів, а й метеорологічні умови розсіювання шкідливих речовин. Вони визначаються рядом кліматичних характеристик. Регіони Північно-Західного Причорномор'я (Одеська, Миколаївська, Херсонська області) характеризуються в цілому несприятливими умовами розсіювання домішок.

Метою магістерської роботи є оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери окремих міст Північно-Західного Причорномор'я.

Об'єктом дослідження є атмосферне повітря міст Північно-Західного Причорномор'я, предметом дослідження – потенціал забруднення атмосферного повітря.

В якості вихідних даних в роботі були використані дані моніторингових досліджень за концентраціями основних забруднюючих речовин в мм. Одеса, Миколаїв, Херсон і дані метеоспостережень.

Отримані результати свідчать, що в м. Одеса найбільш несприятливі умови щодо розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері не спостерігалися. Несприятливі умови спостерігалися у період травня – вересня. Це відбувається за рахунок значної кількості днів з туманами, у періоди відсутності необхідної кількості опадів і днів із вітрами понад 6 м/с.

Для м. Миколаїв найбільш несприятливі умови щодо розсіювання також не спостерігалися. Несприятливі умови відзначалися у літньо-осінній період.

Так, у мм. Одеса і Миколаїв відзначаються умови розсіювання, які характеризуються категоріями від «сприятливі» до «несприятливі». Найгірші умови для розсіювання домішок серед міст Північно-Західного Причорномор'я відзначаються для м. Херсон, оскільки середньорічні значення *МПЗА* характеризуються категоріями «несприятливі» - «дуже несприятливі».

Робота складається зі вступу, 4 основних розділів, висновку, переліку посилань та додатку. Обсяг роботи складає 66 с., в т.ч. 25 рис., 11 табл. та 16 літературних джерел.

Ключові слова: забруднююча речовина, метеорологічний потенціал забруднення, атмосферне повітря, Північно-Західне Причорномор'я.

SUMMARY

Serdega I. Meteorological Preconditions for Forecasting the State of an Air Basin in Specific Urban Areas in the North – Western Black Sea Region.

Air pollution in the regions of Ukraine is one of the most important environmental problems. An important factor in the accumulation and dispersion of impurities is not only the amount of emissions, but also the meteorological conditions of dispersion of harmful substances. They are determined by a number of climatic characteristics. The regions of the North-Western black sea region (Odessa, Nikolaev, Kherson region) are characterized by generally unfavorable conditions of dispersion of impurities.

The purpose of the master's work is to assess the meteorological potential of air pollution in some cities of the North-Western black sea region.

The object of the study is the atmospheric air of the cities of the North-Western black sea region, the subject of the study – the potential of air pollution.

The data of monitoring studies on the concentrations of the main pollutants in the cities of Odessa, Nikolaev, Kherson and data of meteorological observations were used as initial data in the work.

The results show that in the city of Odessa the most unfavorable conditions for the dispersion of pollutants in the atmosphere were not observed. Adverse conditions were observed in the period may-September. This is due to the large number of fog days, during periods of lack of rainfall and days with winds of more than 6 meters per second.

For the city of Nikolaev the most adverse conditions for dispersion also weren't observed. Adverse conditions were observed in the summer-autumn period.

So, in the cities of Odessa and Nikolaev conditions of dispersion which are characterized by categories from "favorable" and "adverse" are noted. The worst conditions for the dispersion of impurities among the cities of the North-Western black sea region are noted for the city of Kherson, as the average annual values of meteorological indicators of air pollution are characterized by the categories "unfavorable" - "very unfavorable".

The work consists of introduction, 4 main chapters, conclusion, list of references and Appendix. The volume of work is 66 pages, including 25 figures, 11 tables, 16 literature sources.

Keywords: pollutant, meteorological potential of pollution, atmospheric air, North-Western black sea region.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ	11
1.1 Фізичні основи прогнозування забруднення повітря	11
1.2 Синоптико-статистичні методи прогнозу забруднення атмосфери	13
1.2.1 Метод розпізнавання образів	14
1.2.2 Метод лінійного регресійного аналізу	17
1.2.3 Метод послідовної графічної регресії	20
1.2.4 Метеорологічний потенціал атмосфери	21
2 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ М. ОДЕСА	23
2.1 Зв'язок забруднення атмосферного повітря з метеопараметрами	23
2.2 Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери	28
3 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ М. МИКОЛАЇВ І М. ХЕРСОН	35
3.1 Метеорологічний потенціал забруднення м. Миколаїв	35
3.2 Метеорологічний потенціал забруднення м. Херсон	45
4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МПЗА ОКРЕМИХ МІСТ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я	49
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	55
ДОДАТКИ	58

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

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднююча речовина

КВП – контрольно-вимірювальний пост

МПА – метеорологічний потенціал атмосфери

МПЗА – метеорологічний потенціал забруднення атмосфери

НМУ – несприятливі метеорологічні умови

ПЗА – потенціал забруднення атмосфери

ПЗП – Північно-Західне Причорномор'я

ВСТУП

Забруднення атмосферного повітря регіонів України є однією із найважливіших екологічних проблем. Рівень забруднення визначається впливом стаціонарних та пересувних джерел. Проте важливим фактором накопичення та розсіювання домішок є не лише обсяги їх викидів в атмосферне повітря, а й метеорологічні умови розсіювання шкідливих речовин. Вони визначаються рядом кліматичних характеристик.

Регіони Північно-Західного Причорномор'я (Одеська, Миколаївська, Херсонська області) характеризуються в цілому несприятливим умовами розсіювання домішок. В цьому напрямку виконано багато досліджень. Нами також було зроблено спробу оцінити метеорологічні умови розсіювання домішок у вказаних регіонах з урахуванням фактичного забруднення атмосферного повітря.

Магістерська кваліфікаційна робота є складовою частиною НДР кафедри екології та охорони довкілля «Розробка складових геоінформаційної системи оцінки рівня техногенного навантаження на довкілля» (№ ДР 0115U006533).

Метою магістерської роботи є оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери окремих міст Північно-Західного Причорномор'я.

В якості вихідних даних в роботі були використані дані моніторингових досліджень за концентраціями основних забруднюючих речовин (пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю) в м. Одеса, Миколаїв, Херсон і дані метеоспостережень.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- ознайомитися з існуючими методами прогнозу забруднення атмосфери;
- проаналізувати зв'язок концентрацій окремих забруднюючих речовин з метеовеличинами;

- оцінити метеорологічний потенціал забруднення атмосфери окремих міст Північно-Західного Причорномор'я;
- виконати порівняльний аналіз умов розсіювання домішок для міст Північно-Західного Причорномор'я.

Об'єктом дослідження є атмосферне повітря міст Північно-Західного Причорномор'я, предметом дослідження – потенціал забруднення атмосферного повітря.

Новизна отриманих результатів полягає в тому, що автором вперше виконано комплексну оцінку потенціалу забруднення атмосфери для міст Північно-Західного Причорномор'я.

Робота апробована на декількох наукових конференціях різного рівня:

- I етап Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за галуззю «Екологія та екологічна безпека» (м. Одеса, ОДЕКУ, 2016 – 2017);
- IV Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016);
- VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology – 2017) (м. Вінниця, ВНТУ, 2017);
- III Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, ХНАДУ, 2017);
- конференція молодих вчених ОДЕКУ (м. Одеса, ОДЕКУ, 2017 – 2018).

За темою роботи опубліковано 6 наукових робіт, в т.ч. 1 стаття і 5 матеріалів доповідей.

1 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

1.1 Фізичні основи прогнозування забруднення повітря

Досягнутий рівень розвитку промисловості, транспорту, сільського господарства неминуче веде, в тій чи іншій мірі, до забруднення природних середовищ. Найважливіше завдання – захист повітряного басейну від забруднення або запобігання зростанню концентрації в період несприятливих метеорологічних умов (НМУ). Він базується на розгляді блоку метеорологічних факторів, оскільки процеси розсіювання і накопичення забруднюючих речовин (ЗР) визначаються, в основному, термодинамічним станом атмосфери. Облік розсіювання здатності атмосфери потрібен для раціонального нормування викидів промислових об'єктів і оптимального підбору параметрів викидів з метою збереження чистоти повітряного басейну[1].

Однією з реальних можливостей поліпшення стану повітряного басейну є короткочасне зниження викидів і концентрації домішок під час НМУ на підставі короткострокового прогнозу. Приймати рішення про скорочення викидів промислових об'єктів можливо тільки на підставі надійного прогнозу забруднення атмосфери. В останні роки велику увагу приділяють короткостроковим прогнозами забруднення повітря і запобігання високих рівнів забруднення в приземному шарі атмосфери під час НМУ. У період НМУ не повинні здійснюватися «залпові викиди». Крім того, в різних регіонах умови розсіювання різні, тобто при одній і тій же потужності викиду можуть створюватися різні концентрації[1].

Важливо відзначити, що роботи по прогнозам забруднення атмосфери і регулювання викидів не втраять свого значення і тоді, коли проблема забезпечення чистоти повітряного басейну буде, в основному, вирішена.

Сказане має відношення і до проектування нових підприємств. Важко передбачити настільки малий викид шкідливих речовин в атмосфері і такі високі труби, щоб ні за яких умов наземні концентрації не перевищували гранично допустимі концентрації (*ГДК*). Тому на стадії проекту допускається досягнення норми чистоти атмосфери при нормальних метеорологічних умовах, а під час аномальних – тимчасовескорочення викидів відповідно до прогнозу забруднення. Такий підхід дає великий економічний ефект[1].

В даний час прогнозування необхідно практично у всіх містах. Там, де рівень забруднення атмосфери великий, завдяки заходам, які приймаються під час НМУ, передбачаються високі рівні забруднення атмосфери. Там, де рівень забруднення атмосфери невеликий і тільки іноді концентрації перевищують *ГДК*, є можливість повного дотримання санітарно-гігієнічних норм якості атмосфери внаслідок зниження викидів під час НМУ[1].

Цілий ряд катастрофічно високих рівнів забруднення атмосфери, що призвели до людських жертв в Токіо, Лос-Анджелесі, Лондоні, Нью-Йорку, можна було запобігти, якби був зроблений своєчасний прогноз. Вперше прогноз забруднення атмосфери було проведено в США, де з 1955 р. почали проводити дослідне, а потім і оперативне прогнозування. При складанні прогнозів апріорі брали, що високий рівень забруднення має зв'язок з застійними явищами (слабке перенесення і термічна стійкість нижнього шару атмосфери), а також з відсутністю опадів. Але не тільки ці НМУ можуть сприяти формуванню високого рівня забруднення атмосфери [1].

На території США щодня виділяють зони передбачуваного формування умов застою повітря. Існують прогнози, які засновані на обліку висоти шару перемішування (параметра, що враховує стійкість атмосфери). Висота шару перемішування визначається за аерологічною діаграмою окремо для ранкового і денного термінів. Верхня межа висоти шару перемішування знаходиться на рівні перетину сухої адіабати і кривої стратифікації. Суху адіабату проводять з точки фактичної температури (t°) з додаванням 3 – 5 °С (для урахування «острова тепла»)[1].

В роботі Міллера робиться припущення, що на вміст домішок в міському повітрі впливають як нижній (0 – 1 км), так і верхній (1 – 6 км) шари атмосфери. Вплив кожного шару оцінює показник, отриманий при множенні середнього значення швидкості вітру в шарі на величину, що характеризує атмосферну стійкість. Загальний внесок нижнього і верхнього шарів визначається підсумовуванням показників[1].

Існують синоптико-статистичні прогнози, які пов'язані з емпірико-статистичним аналізом поширення ЗР і використанням з цією метою інтерполяційних моделей гаусового типу.

Більш універсальні чисельні прогнози, які базуються на розробці теорії атмосферної дифузії, тобто на основі математичного опису поширення домішок за допомогою рішення рівняння турбулентної дифузії.

Проте, статистичні прогнози найбільш прості. Вони широко використовуються в різних країнах. Огляд робіт з цього питання свідчить, що:

- в якості предиктанта в схемі прогнозу використовують усереднені за часом і простором характеристики забруднення атмосфери, а не разові концентрації. Предиктори – це метеорологічні параметри, які описують процес перенесення і розсіювання домішки;
- доцільно створювати схеми прогнозу окремо по сезонах або при заданих напрямках вітру[1].

1.2 Синоптико-статистичні методи прогнозу забруднення атмосфери

Вивчення метеорологічних умов забруднення повітря є основою для його прогнозування, оскільки завдання полягає в тому, щоб передбачати і

запобігати високим рівням концентрацій, що створюються при несприятливих метеорологічних ситуаціях[3].

Складність обліку метеоумов визначається, принаймні, двома обставинами. По-перше, в місті безліч джерел викидів з істотно різними характеристиками, і в районі кожного з них небезпечне накопичення домішок в приземному шарі повітря виникає при неоднакових метеорологічних ситуаціях. По-друге, залежності забруднення повітря по місту в цілому від метеоумов є складними і неоднозначними, рівень забруднення визначається багатьма чинниками[3].

Методи прогнозування забруднення повітря по місту в цілому засновані на результатах аналізу впливу метеорологічних і синоптичних умов на концентрації домішок. Врахування конкретних особливостей механізму забруднення повітря досягається завдяки тому, що прогностичні схеми складаються по матеріалах спостережень в кожному місті окремо по сезонах, а також (по можливості) по частинах доби. Цим враховуються зміни впродовж року особливостей викидів в атмосферу шкідливих речовин, кліматичні і мікрокліматичні умови в їх річному і добовому ході[3].

Важливою проблемою при вирішенні задачі прогнозу забруднення повітря в місті являється врахування складного характеру зв'язків між концентраціями і метеорологічними чинниками. Внаслідок цього при розробці прогностичних схем велике значення має вибір методу, який дозволив би максимально врахувати реальний вид зв'язків[3].

1.2.1 Метод розпізнавання образів.

Одним з варіантів синоптико-статистичних моделей є прогностична схема забруднення повітря методом розпізнавання образів.

Зазвичай в цій схемі як предиктант виступає показник фоновому забруднення P , а предиктори – значення метеорологічних характеристик: температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру і т.ін.

Показник фонового забруднення P є інтегральною характеристикою забруднення повітря:

$$P=m/n, \quad (1.1)$$

де n – загальна кількість спостережень за концентрацією домішки протягом деякого періоду на всіх КВП міста;

m – кількість спостережень протягом цього ж періоду, які перевищують середньосезонну величину Q_c більш, ніж в 1,5 рази.

Параметр P характеризує частину істотно підвищених концентрацій від загальної кількості вимірювань протягом деякого кінцевого періоду. P може приймати значення від 0 до 1. В залежності від значень P може бути віднесений до однієї з трьох основних груп, причому межа між I і II групами може бути прийнята як 0,30, так і 0,35 або 0,25 (визначається загальним станом забруднення повітряного басейну міста):

- I – високий рівень забруднення: $P \geq 0,35$;
- II – відносно підвищений: $0,2 \leq P < 0,35$;
- III – відносно знижений рівень: $P < 0,2$.

Схема прогнозу забруднення повітря методом розпізнавання образів полягає у визначенні подібності конкретної ситуації з ситуацією, характерною для будь-якої групи забруднень. Для розбиття на групи зазвичай використовують традиційний розподіл параметра P на групи високого, відносно підвищеного і відносно зниженого забруднення.

Під ситуацією розуміють набір характеристик X_1, X_2, \dots, X_L , супутніх рівнем забруднення повітря в певний фіксований момент часу. Такими характеристиками є значення метеорологічних параметрів і параметра P в місті в попередні моменти часу.

У загальному вигляді залежність предиктанта P від відповідних предикторів має вигляд:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_L), \quad (1.2)$$

де L – це обмежене і строго постійне число значень (характеристик ситуацій) предикторів.

Якщо значення рівня забруднення повітря поділити на три групи, то ситуації в фазовому просторі також поділяться на три групи, які відповідають високому, відносно підвищеному і відносно зниженому забрудненню. Схожість ситуацій встановлюється за відстанню між ними.

Під «відстанню» від довільної точки f до групи I приймається відстань від f до центра ваги цієї групи, тобто до точки з координатами:

$$M_i^l = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K X_{ij}, \quad (1.3)$$

де підсумовування проводиться по всіх K значенням кожного i -го предиктора, який входить до групи I . Тоді «відстань» від точки f до центра ваги групи I визначається

$$R_1^2 = \sum_{i=1}^L \left\{ (X_{ij} - M_i^1)^2 / (D_i^1)^2 \right\}, \quad (1.4)$$

де в знаменнику – дисперсії кожного предиктора:

$$(D_i^1)^2 = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (X_{ij} - M_i^1)^2. \quad (1.5)$$

Аналогічно визначається відстань від f до груп II і III. Приймається, що точка f в фазовому просторі ситуацій належить до тієї групи, відстань до якої мінімальний.

У цій схемі прогностична залежність предикторів визначається відмінністю як їх середніх значень, так і дисперсій. Дисперсії предикторів дозволяють під час прогнозу додатково враховувати реальний характер залежностей між забрудненням повітря і метеорологічними умовами.

Прогностична схема ефективна як на використаному, так і на незалежному матеріалі. З літературних джерел відомо, що виправданість становить відповідно 73 – 75% і 70%[3].

1.2.2 Метод лінійного регресійного аналізу.

Якщо існує лінійний зв'язок між окремими предикторами і предиктантом, при побудові прогностичної моделі використовують метод лінійного регресійного аналізу. Суть методу полягає у виявленні предикторів, які мають з предиктантом найбільш значний кореляційний зв'язок. Потім найчастіше методом найменших квадратів розраховують коефіцієнти регресії і будують лінійне регресійне рівняння.

Регресійну прогностичну модель найчастіше будують методом покрокової регресії.

Вивчення процесів, що протікають в атмосфері і обумовлюють перенесення і дифузії домішок у приземному шарі, дає можливість визначити чинники, які можуть бути предикторами в статистичних прогностичних моделях. Первісне число цих факторів, або потенційних предикторів, може бути досить великим. Проте остання обставина не покращує розрахункову схему, оскільки збільшує дисперсію помилок. Це пов'язано з тим, що матриця кореляції, на якій заснована система нормальних рівнянь, знаходиться емпірично з використанням експериментальних даних, які містять помилку вимірювань. Незалежні предиктори не вносять суттєву помилку в параметри моделі, так як в цьому випадку матриця кореляції добре обумовлена. Однак у зв'язку з тим, що серед безлічі потенційних предикторів є велике число статистично пов'язаних один з одним, матриця кореляції

предикторів виявляється погано обумовленою. У цьому випадку помилки вимірювань, що містяться у вихідних даних, істотно впливають на точність оцінок параметрів моделі, а отже, і на адекватність моделі процесу. Таким чином, при побудові прогностичних схем за методом лінійної регресії необхідна наявність лінійного зв'язку між показником забруднення і хоча б одним метеорологічним параметром.

Виникає запитання відбору зі складу потенційних предикторів таких, які б досить повно відображали вплив процесів, що протікають у приземному шарі атмосфери, на розсіювання шкідливих домішок.

Процедуру, яка дозволяє вибрати оптимальний склад статистично пов'язаних предикторів, прийнято називати просіюванням предикторів. Існує декілька таких методів. Найпоширеніший з них – метод покрокової регресії.

В результаті просіювання будується рівняння регресії виду

$$\hat{y} = A_1 X_1 + A_2 X_2 + \dots + A_k X_k + A_0, \quad (1.6)$$

що містить k статистично значущих предикторів, які вичерпують основну частину дисперсії предиктанта.

Зв'язки між забрудненням повітря і метеорологічними параметрами є складними і нелінійними. Це істотно ускладнює застосування методу лінійної регресії для розробки прогностичних схем. Однак в деяких випадках його використання можливо і доцільно. Основною умовою застосування даного методу є наявність достатнього лінійного зв'язку між характеристиками забруднення повітря і окремими предикторами. Між предиктантами лінійного зв'язку не повинно бути.

Один значущий коефіцієнт лінійної кореляції (між параметром P і його значенням в попередній день P') практично гарантований. Отже, необхідна наявність лінійного зв'язку між показником забруднення і хоча б одним метеорологічним параметром. Коефіцієнти регресії розраховуються за

методом найменших квадратів. На рівні значущості 5% беруть найбільше значення.

Для підвищення ефективності схем прогнозу забруднення повітря методом множинної лінійної регресії можливо проводити попереднє виключення нелінійності зв'язків між характеристиками забруднення і метеорологічними параметрами. З цією метою виконується перетворення предикторів з урахуванням реального вигляду зв'язків між ними і предиктантом за матеріалами спостережень в кожному конкретному місті. Перетворення полягає в тому, що за допомогою кривих або таблиць залежностей показника забруднення повітря в місті (P , Q , α) від окремих метеорологічних параметрів кожне значення предиктора замінюється на відповідне йому значення характеристики забруднення повітря (середні P , Q , або α , повторюваність підвищених значень цих показників). Зв'язок перетворених предикторів з предиктантами близький до лінійного.

Рівняння регресії має вигляд:

$$Q = a_0 + a_1 Q' + a_2 Q(T_0) + a_3 Q(\Delta T') + a_4 Q(v_0). \quad (1.7)$$

Ефективність прогностичної схеми підвищується, якщо в якості одного з предикторів включити виражену кількісно синоптичну ситуацію Sn . Виправданість може досягти 95%, а аномально високого забруднення ($P \geq 0,5$) – 100%.

Таким чином, спосіб виключення нелінійності зв'язків між забрудненням повітря і метеорологічними параметрами дозволяє певною мірою врахувати в схемах прогнозу, розроблених за методом множинної лінійної регресії, реальний вигляд залежностей. Це і визначило задовільну ефективність розроблених прогностичних схем. У той же час слід зауважити, що в даному випадку, на відміну від методу послідовної графічної регресії, не вдається врахувати неоднозначність зв'язків, тобто, різний характер

зв'язку між забрудненням і будь-яким предиктором при різних значеннях іншого предиктора[3].

1.2.3 Метод послідовної графічної регресії.

Метод послідовної графічної регресії дозволяє якнайповніше врахувати відомі закономірності і зв'язки між концентрацією домішок в повітрі і метеорологічними параметрами. Ця умова є важливою для вибору предикторів, причому вид зв'язку не має значення. В деяких випадках зв'язок між забрудненням повітря і окремим параметром виражений нечітко, але він помітно краще проявляється, якщо її розглядати при заданих значеннях іншого параметра. Цей метод дозволяє простежити таку неоднозначність зв'язків в частині, що відноситься до двох предикторів.

При розробці прогностичної схеми методом послідовної графічної регресії по наявному ряду спостережень будуються кореляційні графіки для визначення предиктанта по різних поєднаннях двох предикторів. В принципі, поєднання предикторів можуть бути будь-якими. В той же час бажано, по можливості, виділяти два предиктора. Зазвичай виявляється зручним розглядати на одному з графіків параметр P залежно від швидкості вітру по флюгеру (V_0) і різниці температур між рівнями землі і 500м (ΔT), на іншому – від швидкості вітру на висоті 500м (V_{500}), або від величини градієнта геопотенціалу на рівні АТ-925 (АТ-850) і від початкового забруднення повітря (P'). Величини параметра P наносяться на графіки в точках координат, що відповідають значенням двох предикторів. На графіках проводяться ізолінії параметра P . Оскільки два предиктора не визначають однозначно рівень концентрацій, то можуть виникнути труднощі при проведенні ізоліній. Тут слід виходити з переважання підвищених і знижених значень параметра P в різних частинах графіку. При великому ряду спостережень можливе усереднювання величин параметра P по квадратах. Далі кореляційні графіки попарно об'єднуються.

Після побудови графіків схема перевіряється на залежному або незалежному матеріалі. Перевагою цього варіанту схеми є більша, чим раніше, об'єктивність при побудові графіків. Недолік – можна припустити комбінований спосіб складання схеми по методу послідовної графічної регресії. При цьому способі на попередніх графіках проводяться ізолінії повторюваності, а на фінальному графіку – ізолінії абсолютних величин параметра P [3].

1.2.4 Метеорологічний потенціал атмосфери.

Потенціал забруднення атмосфери ($ПЗА$), запропонований Безуглою Е.М. [5], заснований на використанні кліматичної інформації. Він показує, у скільки разів середній рівень забруднення повітря в конкретному районі, обумовлений реальною повторюваністю метеорологічних умов, буде вище, ніж в умовному при заданих викидах. За умовний район приймається район з мінімальними викидами:

$$ПЗА = g_i / g_0, (1.8)$$

де g_i – середня концентрація домішок в конкретному районі;

g_0 – середня концентрація домішок в умовному районі.

Розрізняють низький, помірний, підвищений, високий і дуже високий $ПЗА$.

До недоліків $ПЗА$ слід віднести його низьку роздільну здатність по території. Показник вимагає даних аерологічної зондування.

У роботах Селегей Т.С. [6, 7] було запропоновано досить простий спосіб розрахунку метеорологічного потенціалу атмосфери ($МПА$), що враховує фактори, які сприяють як забрудненню, так і розсіюванню домішок в атмосфері.

Суть методу полягає в наступному. Відомо, що одним з основних метеорологічних параметрів, що сприяють накопиченню шкідливих домішок в приземному шарі повітря, є повторюваність малих швидкостей вітру $0 - 1$ м/с. Ефект накопичення забруднюючих домішок в атмосфері посилюють тумани, в деяких випадках при цьому збільшується і токсичність домішок. Саме ці параметри були взяті як фактори, що сприяють забрудненню атмосфери. Як фактори, сприяють очищенню атмосферного повітря, пропонувалося вважати повторюваність днів з сильним вітром, здатним винести шкідливі домішки з вогнища забруднення, а також повторюваність днів з опадами, які шляхом вимивання очищають атмосферне повітря. Встановлено, що швидкість вітру, здатна винести шкідливі речовини з міста, повинна бути не менше 6 м/с. Це обумовлено тим, що в промисловому місті зазвичай існує два максимуму зростання концентрацій ЗР: один при вітрах $0 - 1$ м/с за рахунок викидів численних низьких джерел, інший при вітрах $4 - 6$ м/с за рахунок викидів високих джерел. Для опадів, здатних очистити атмосферу від забруднення, пропонувалася величина $0,5$ мм/добу. Передбачалося, що така кількість опадів вже здатна осадити придорожню пил і інші аерозолі.

Чим більше по абсолютній величині *МПА*, тим гірші умови для розсіювання домішок в атмосфері. Якщо *МПА* менше 1 , то в даний період часу повторюваність процесів, що сприяють очищенню атмосфери, переважає над повторюваністю процесів, що сприяють накопиченню в ній шкідливих домішок. В цьому випадку створюються хороші умови для розсіювання домішок в атмосфері. Якщо *МПА* більше 1 , то навпаки переважає повторюваність процесів, що сприяють накопиченню шкідливих домішок [7].

2 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ М. ОДЕСА

2.13 зв'язок забруднення атмосферного повітря з метеопараметрами

Першим етапом дослідження, який реалізовано в даній роботі, є аналіз зв'язку зміни метеопараметрів зі змінами концентрацій окремих ЗР. Для аналізу по м. Одеса були використані дані про середньомісячні концентрації пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту та оксиду вуглецю в атмосферному повітрі за 2012 – 2013 рр. та відповідні за цей же період значення окремих метеовеличин (температура та вологість повітря, швидкість вітру, кількість опадів). Джерелом метеорологічної інформації є [8].

На рис. 2.1 – 2.4 наведено графіки зв'язку значень концентрацій домішок з метеопараметрами.

Оскільки вони не досить чітко характеризують наявність або відсутність зв'язку, для більш детального аналізу були розраховані коефіцієнти кореляції (табл. 2.1– 2.2).

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних забруднюючих речовин та метеопараметрами (м. Одеса, 2012 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	0,65	-0,46	-0,68	-0,05
Діоксид сірки	0,49	-0,19	-0,52	0,37
Діоксид азоту	0,29	-0,02	-0,34	0,37
Оксид вуглецю	0,27	-0,03	-0,3	0,46

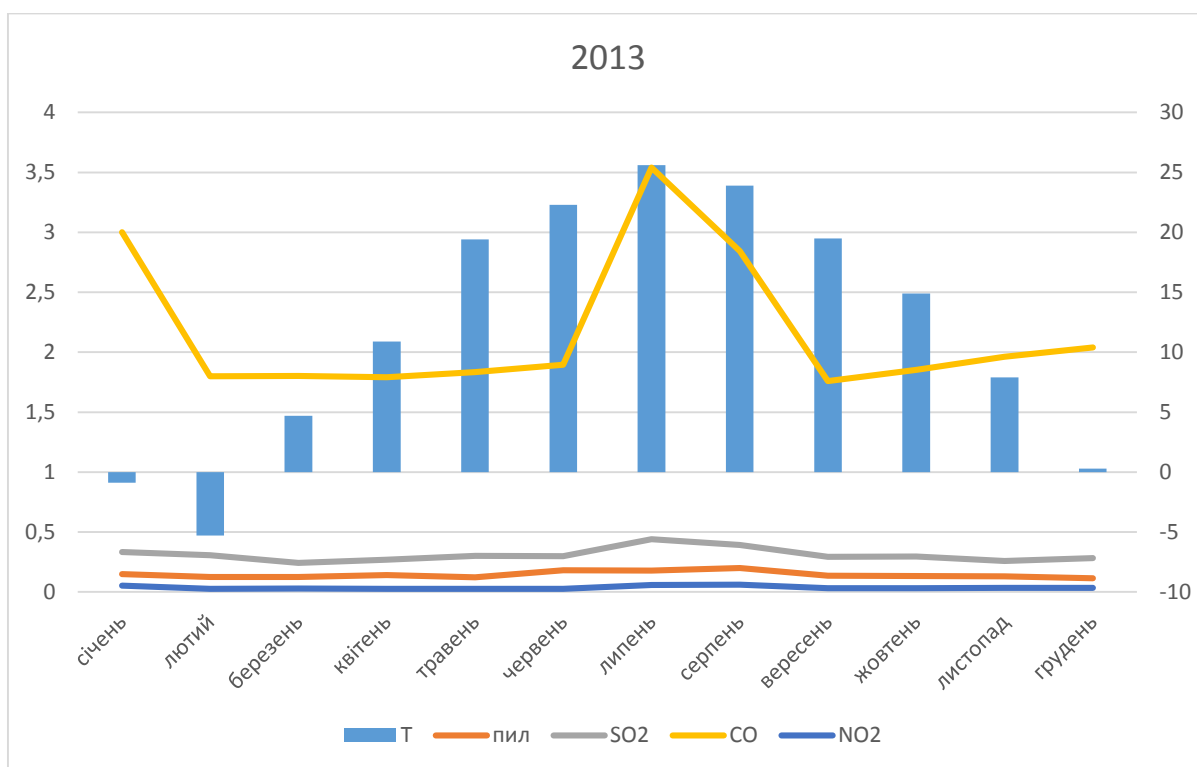
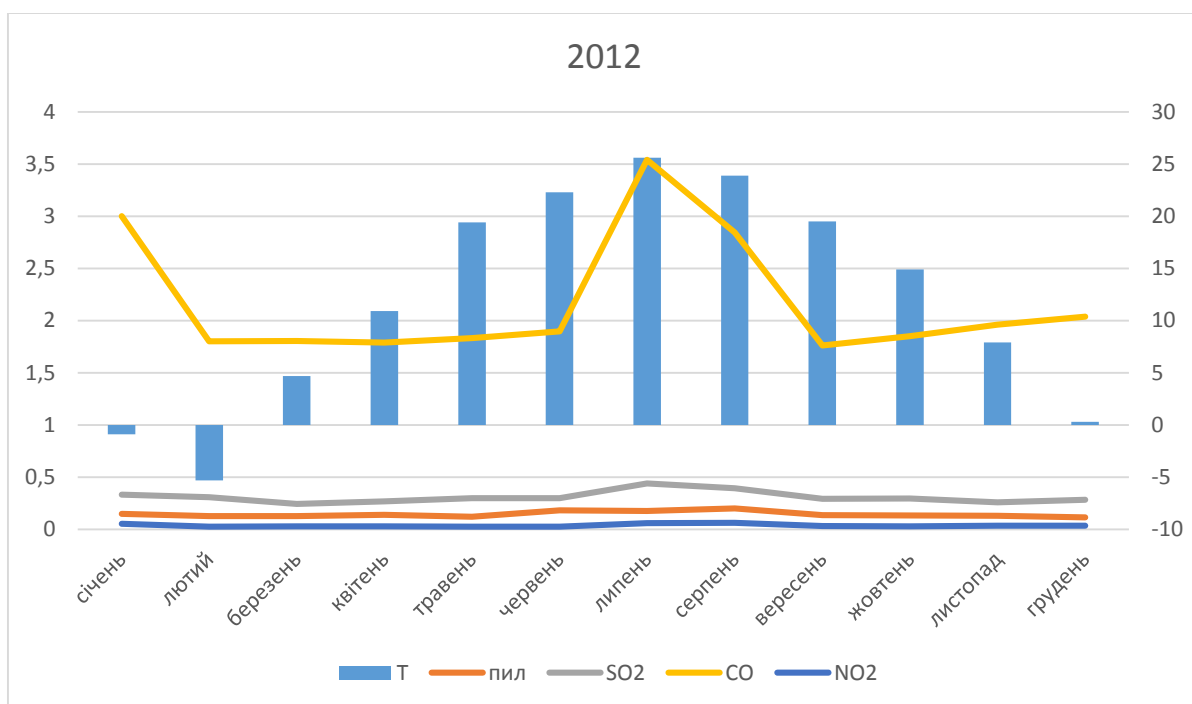


Рис. 2.1 – Зв'язок зміни температури повітря з концентраціями забруднюючих речовин.

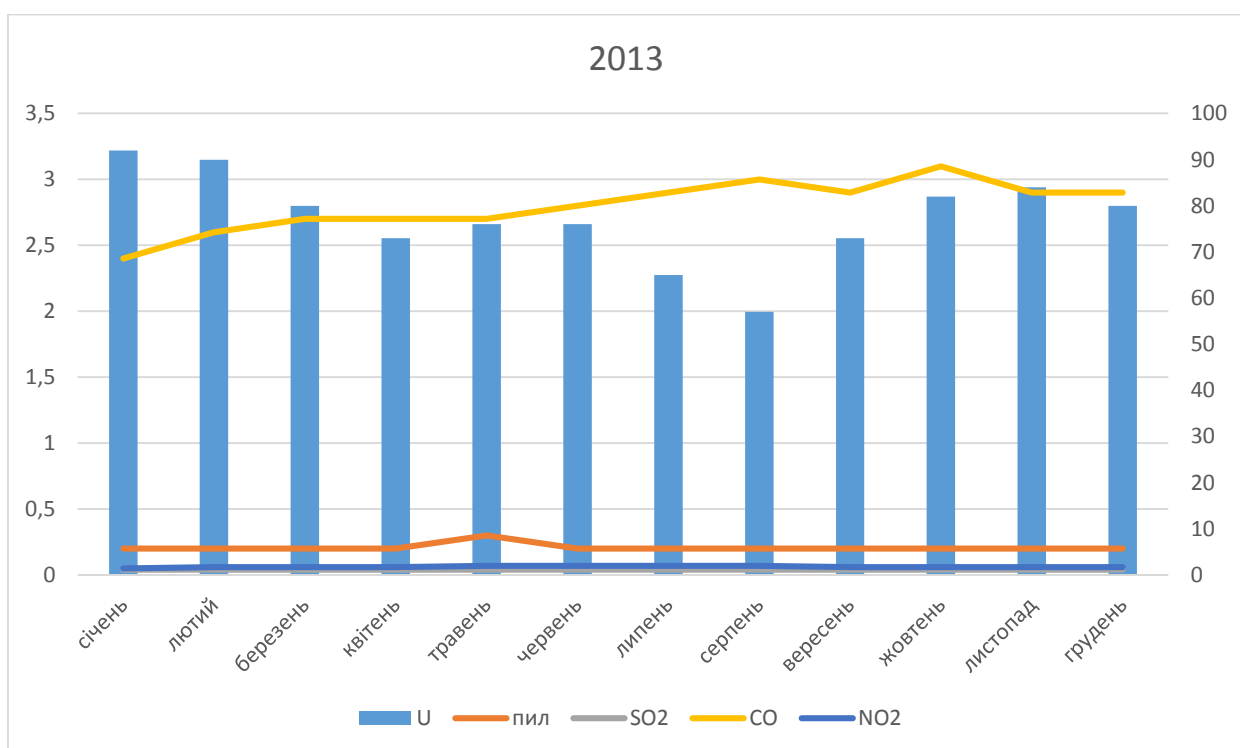
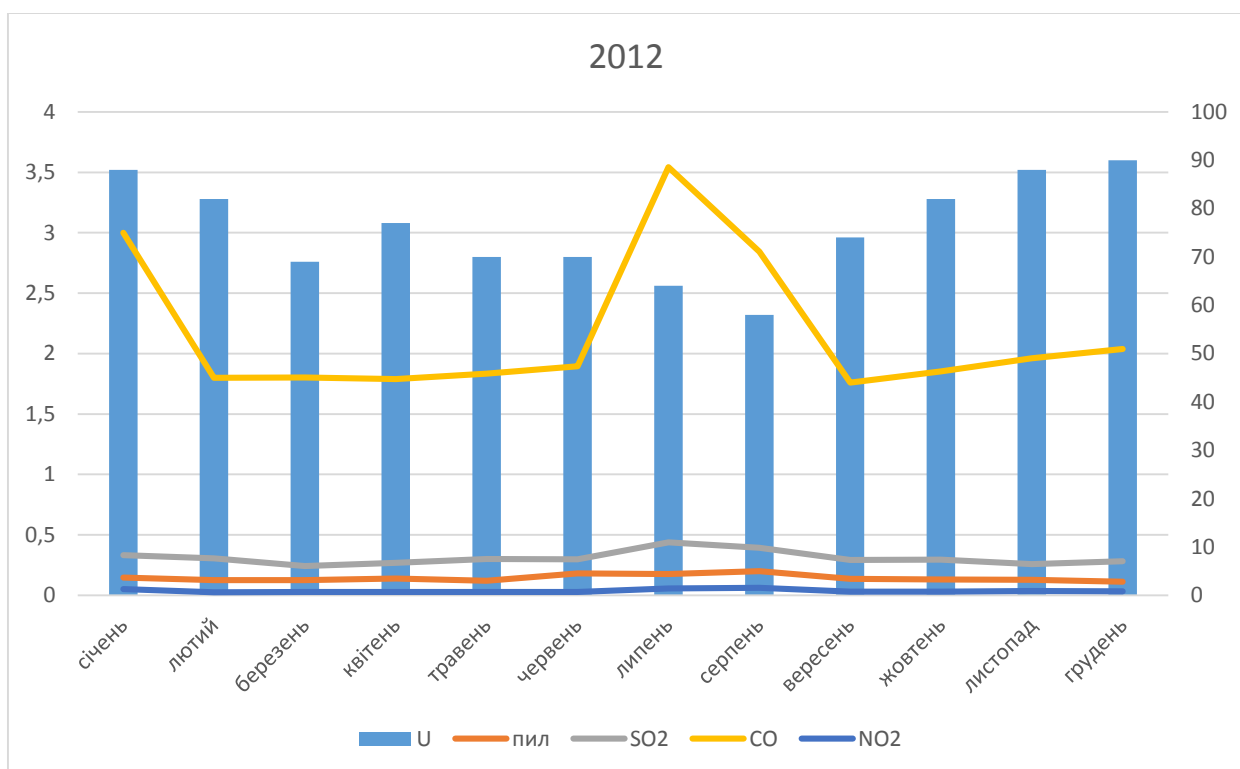


Рис. 2.2 – Зв'язок зміни швидкості вітру з концентраціями забруднюючих речовин.

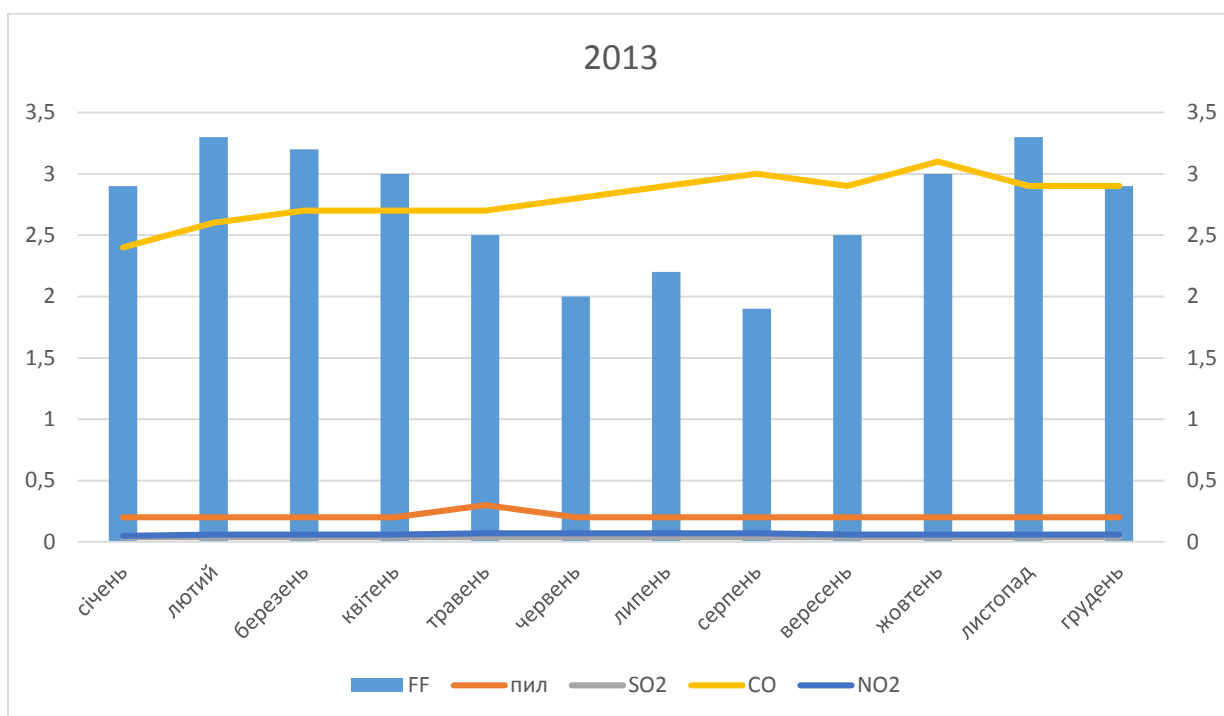
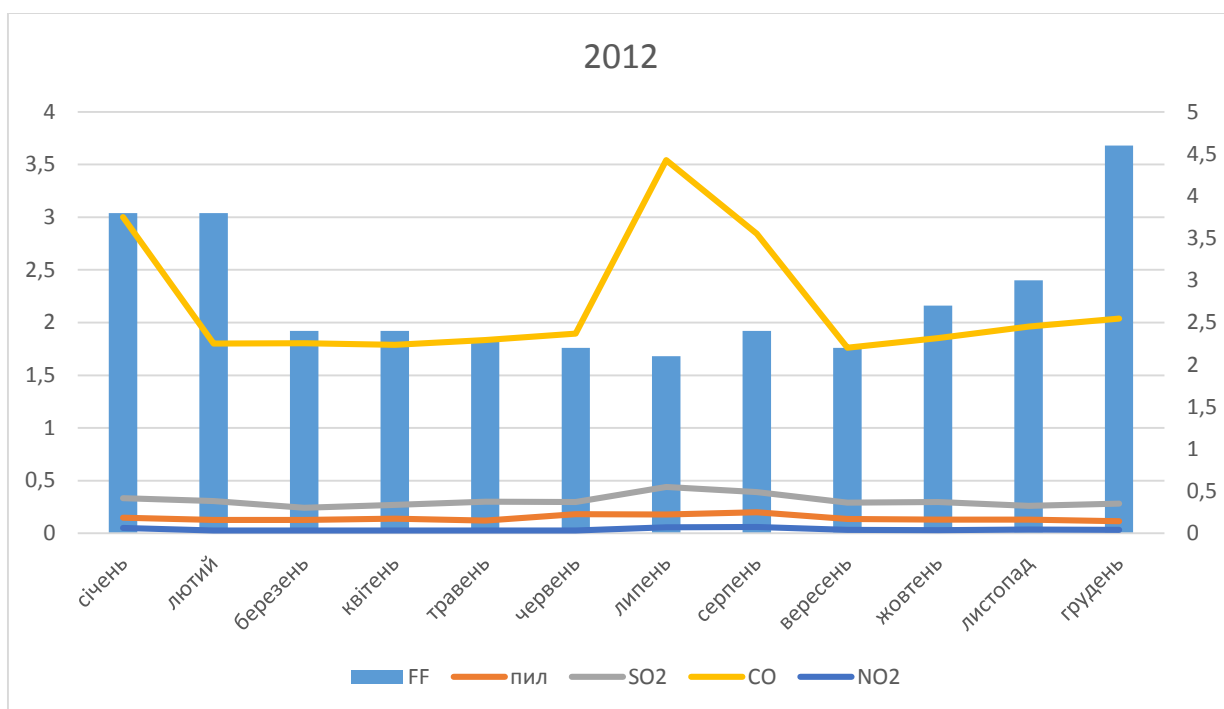


Рис. 2.3 – Зв'язок зміни вологості повітря з концентраціями забруднюючих речовин.

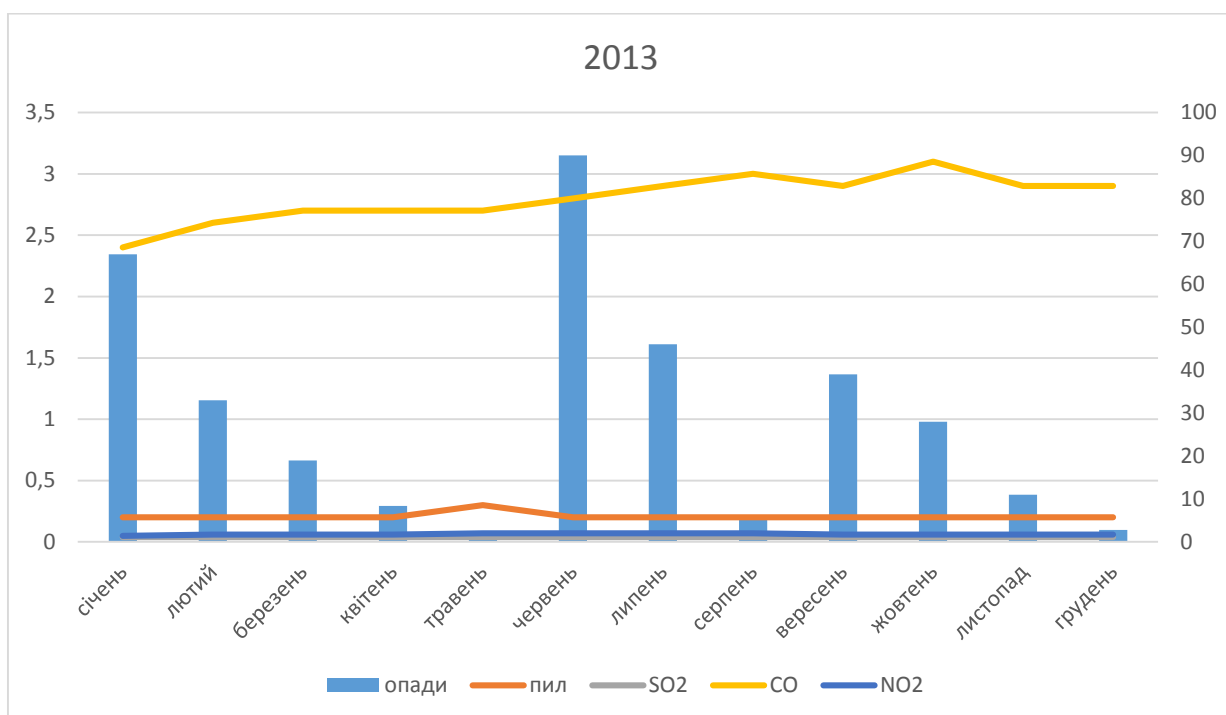
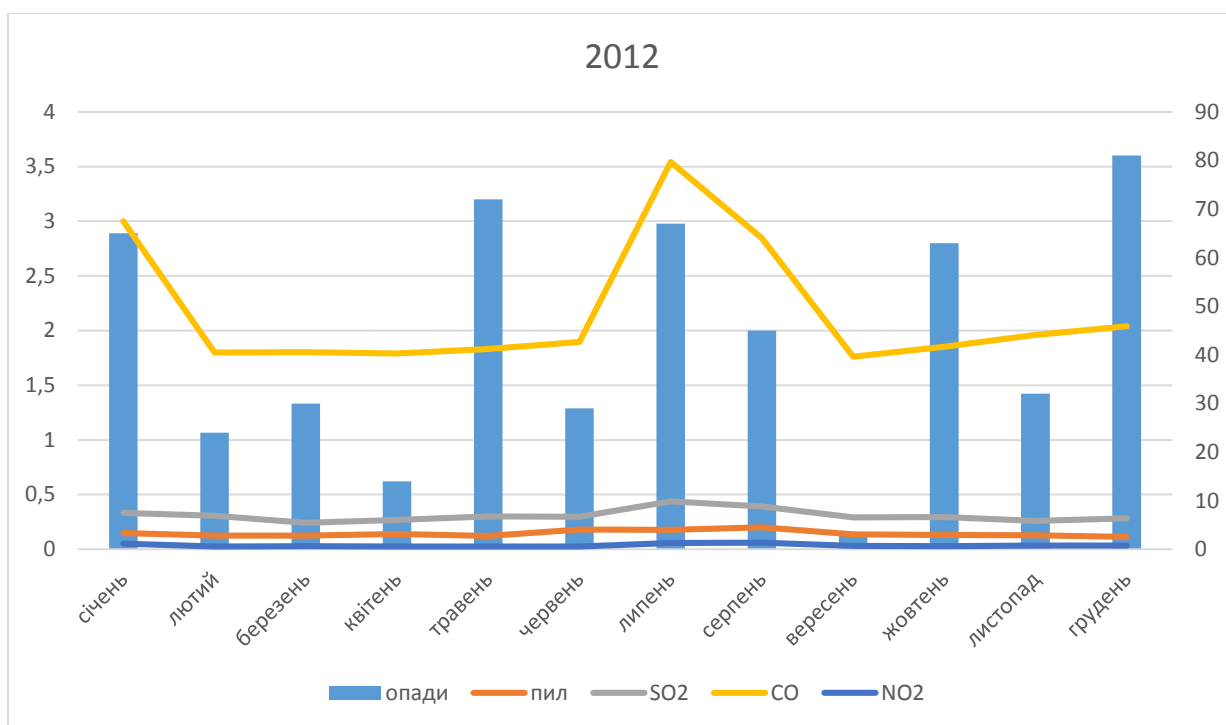


Рис. 2.4 – Зв'язок зміни кількості опадів з концентраціями забруднюючих речовин.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних забруднюючих речовин та метеопараметрами (м. Одеса, 2013 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	0,41	-0,38	-0,33	-0,52
Діоксид сірки	0,95	-0,82	-0,82	0,01
Діоксид азоту	0,49	-0,57	-0,31	-0,37
Оксид вуглецю	0,91	-0,73	-0,78	0,16

Аналіз табл. 2.1 – 2.2 і рис. 2.1 – 2.4 показує, що всі ЗР, що розглядаються, характеризуються позитивним зв'язком з температурою повітря. Найбільш тісний зв'язок відзначається для діоксиду сірки. Вологість повітря і швидкість вітру по відношенню до ЗР мають від'ємний зв'язок. Загальних залежностей виявлено не було. Фактично відсутній зв'язок між кількістю опадів та концентраціями ЗР. В більшості випадків він є позитивним.

Отримані результати є основою для подальших досліджень з метою розрахунку метеорологічного потенціалу забруднення атмосферного повітря, виявлення зв'язків рівня забруднення з метеопараметрами.

2.2 Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери

Для можливості оцінки впливу метеорологічних умов на процеси забруднення атмосфери й відповідно її самоочищення в рамках даної роботи було обрано найбільш відому методику, яка базується на комплексі розповсюдження метеорологічних даних. Дана методика орієнтує на визначення метеорологічного потенціалу забруднення

атмосфери (*МПЗА*), який використовується для врахування впливу поточних метеорологічних умов на формування рівня забруднення атмосфери в промислових містах.

Згідно методологічного підходу розрахунок *МПЗА* проводився за формулою:

$$МПЗА = (P_{cl} + P_m) / (P_o + P_e), \quad (2.1)$$

де $(P_{cl} + P_m)$ – фактори, що сприяють забрудненню атмосфери;

$(P_o + P_e)$ – фактори, що сприяють розсіюванню домішок в атмосфері;

P_{cl} – повторюваність днів зі швидкістю вітру менше 1 м/с;

P_m – повторюваність днів із туманами;

P_o – повторюваність днів із опадами понад 0,5 мм;

P_e – повторюваність днів із швидкістю вітру понад 6 м/с.

Згідно методологічного підходу метеорологічні умови в атмосфері за їх впливом на розсіювання домішок ранжуються наступним чином:

- при значеннях $МПЗА < 0,8$ – сприятливі умови;
- при значеннях $0,8 \geq МПЗА \leq 1,2$ – буферна зона;
- при значеннях $1,2 < МПЗА \leq 2,4$ – несприятливі умови;
- при значеннях $МПЗА > 2,4$ – дуже несприятливі умови [7].

Повторюваність днів з тим чи іншим метеорологічним параметром визначалась по кількості днів спостереження за кожний місяць досліджень.

Для можливості проведення розрахунків *МПЗА* була сформована база кліматичних даних для м. Одеса, яка наведена у додатку В.

Було проведено розрахунок *МПЗА* та аналіз динаміки його зміни для м. Одеса у період з 2012 по 2016 рік. Результати розрахунку відповідних значень *МПЗА* наведено у табл. 2.3.

Графічне відображення динаміки зміни розрахункових значень *МПЗА* за місяцями та роками наведено на рис. 2.5 – 2.9.

Результати проведених розрахунків значень *МПЗА* для м. Одеса виявили наступну ситуацію. Найбільш несприятливі умови щодо

Таблиця 2.3 – Значення *МПЗА* для м. Одеса у 2012 – 2016 рр.

Місяці	Значення <i>МПЗА</i> за роками				
	2012	2013	2014	2015	2016
Січень	0,2	0,6	0,3	0,5	0,4
Лютий	0,4	0,4	0,9	0,3	0,7
Березень	0,1	0,6	0,4	0,3	0,5
Квітень	0,7	0,2	0,6	0,1	0,4
Травень	0,5	1,3	0,4	0,4	0,4
Червень	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9
Липень	0,4	0,1	0,9	0,5	2,3
Серпень	0,2	0,3	0,3	0,7	0,4
Вересень	1,6	0	0,3	0,7	0,3
Жовтень	0,8	0,7	0,4	0,4	0,1
Листопад	0,9	0,3	0,2	0,3	0,1
Грудень	0,3	0,9	0,4	0,7	0,1

	сприятливі умови $МПЗА < 0,8$
	буферна зона $0,8 \geq МПЗА \leq 1,2$
	несприятливі умови $1,2 < МПЗА \leq 2,4$

розсіювання ЗР в атмосфері й відповідно підвищення її забруднення не спостерігалися в жодному із досліджуваних років.

Періоди, які характеризувалися несприятливими умовами щодо самоочищення атмосфери, були зафіксовані:

- 2012 рік – у вересні;
- 2013 рік – у травні;
- 2016 рік – у липні.

Аналіз розрахованих середньорічних значень *МПЗА* м. Одеса у період 2012 – 2016рр. (рис. 2.10) показав:

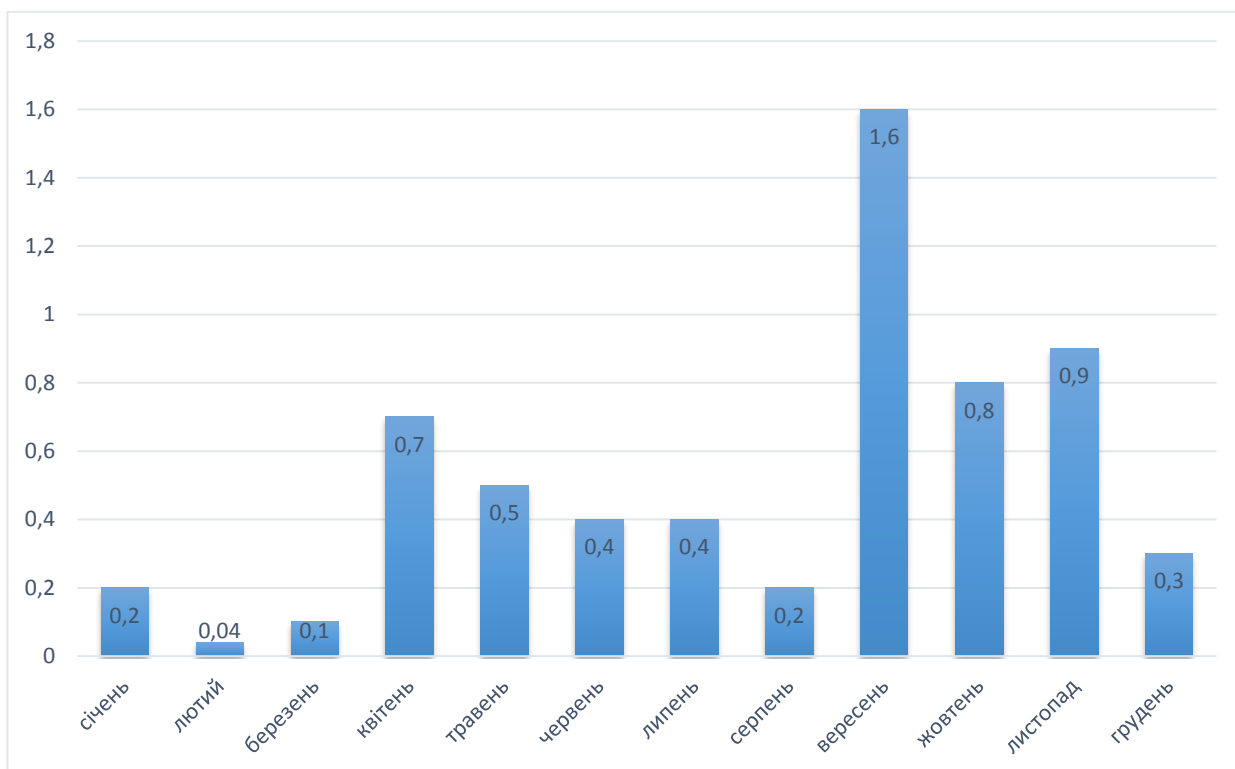


Рис. 2.5 – Значення *МПЗА* для м. Одеса у 2012 р.

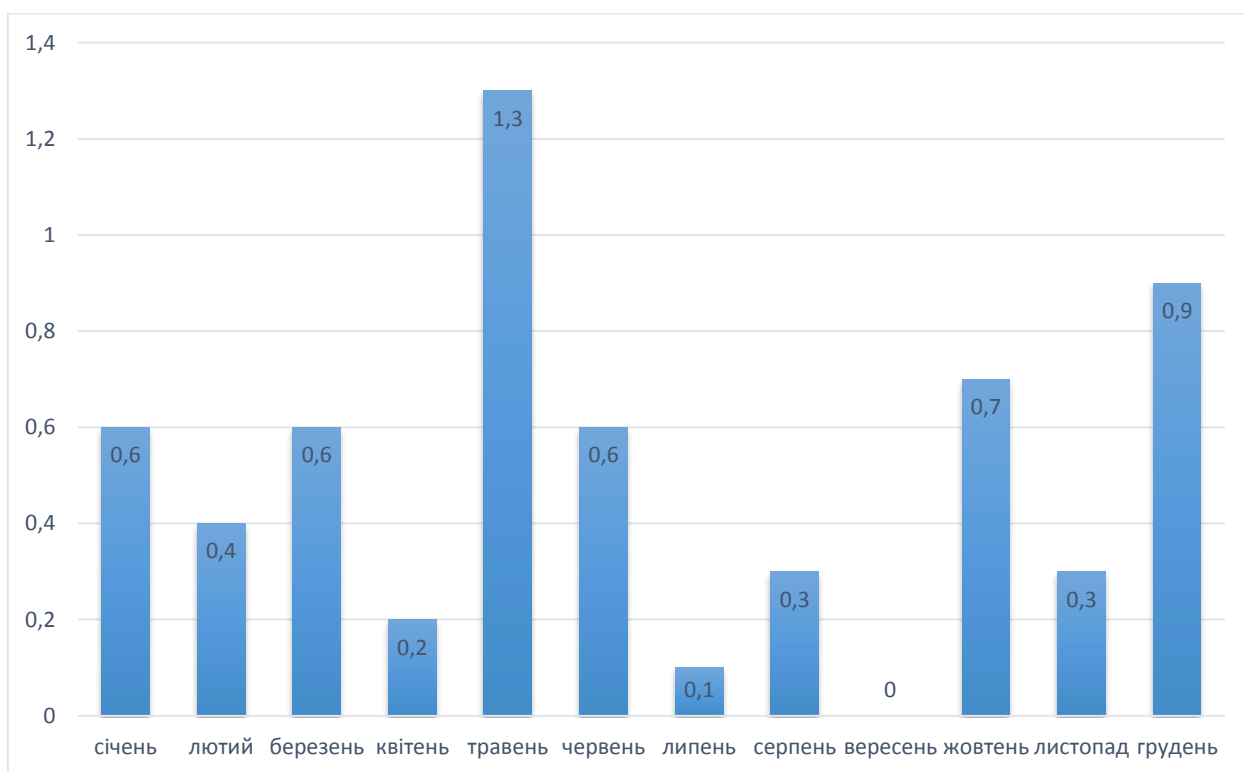


Рис. 2.6 – Значення *МПЗА* для м. Одеса у 2013 р.

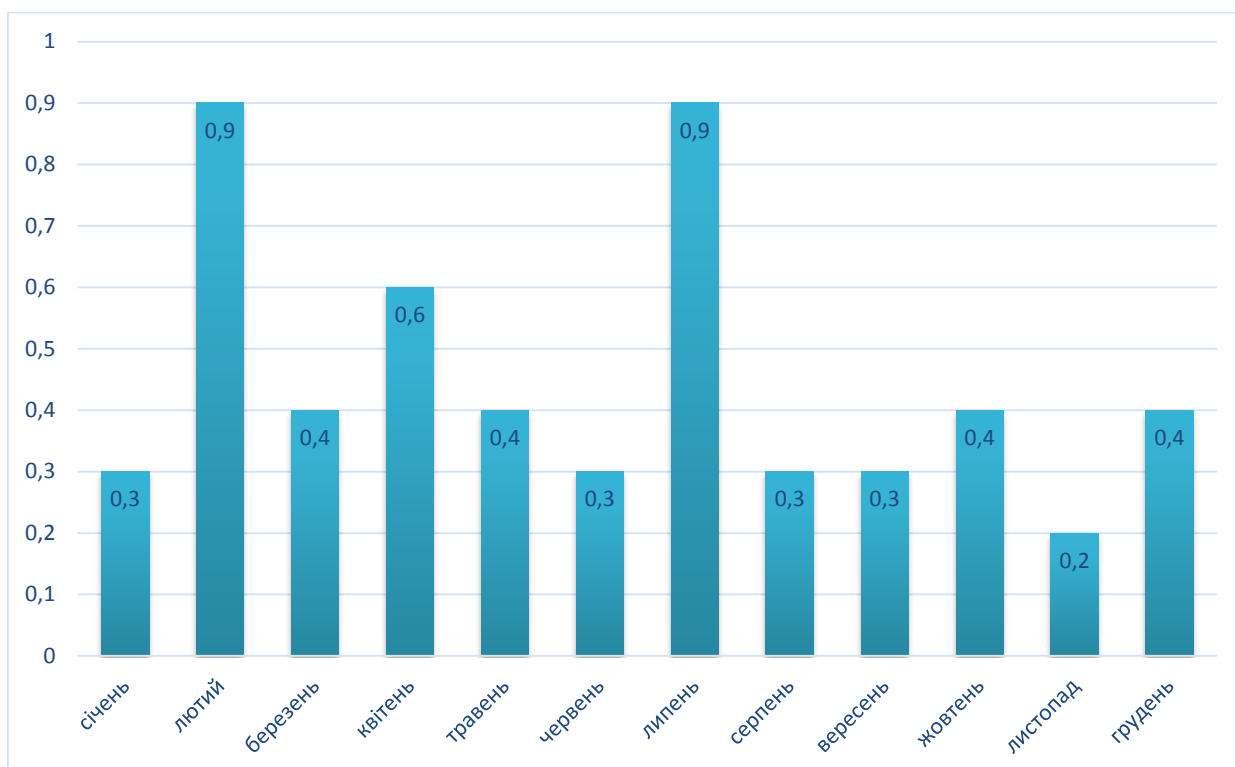


Рис. 2.7 – Значення МІПЗА для м. Одеса у 2014 р.

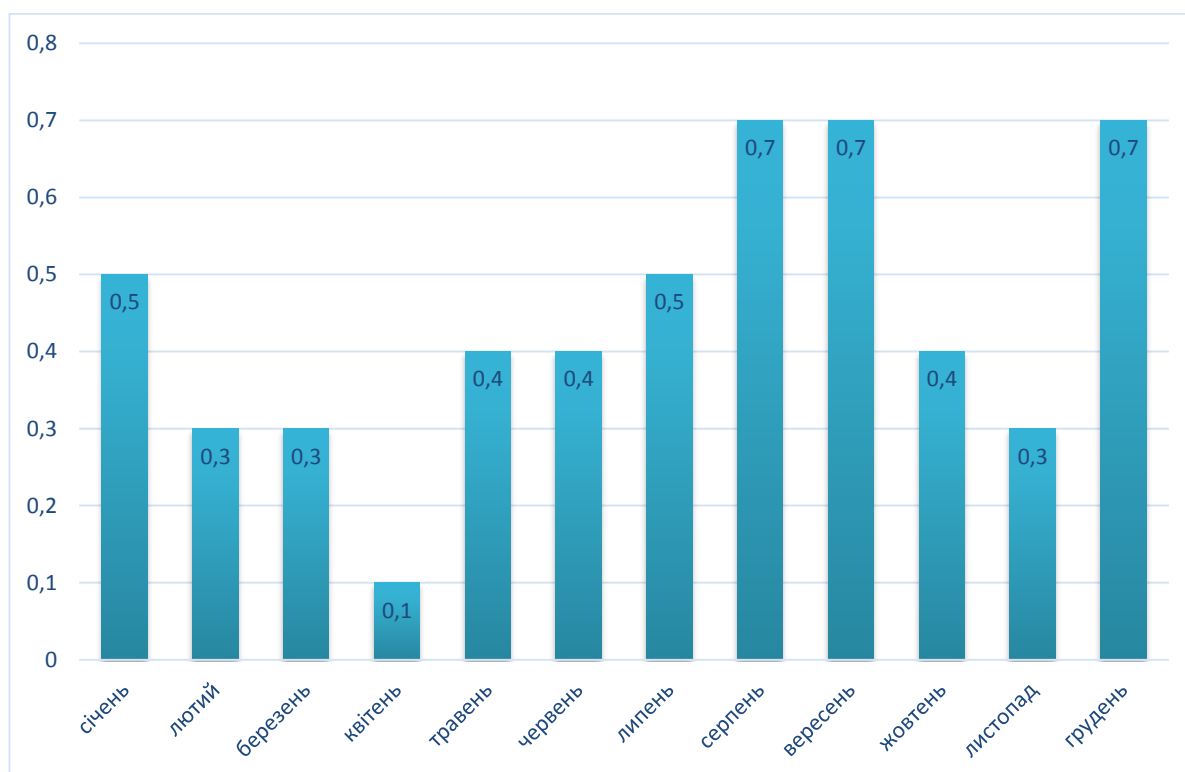


Рис. 2.8 – Значення МІПЗА для м. Одеса у 2015 р.

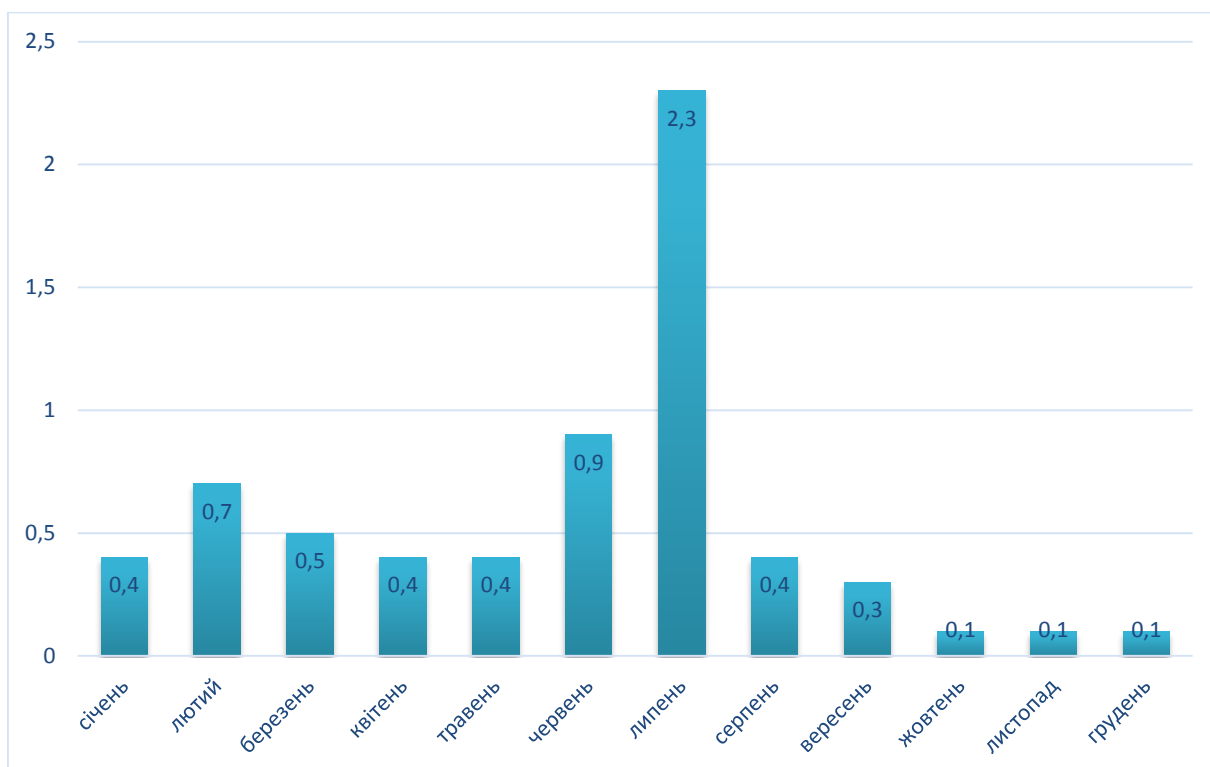


Рис. 2.9 – Значення МІЗА для м. Одеса у 2016 р.

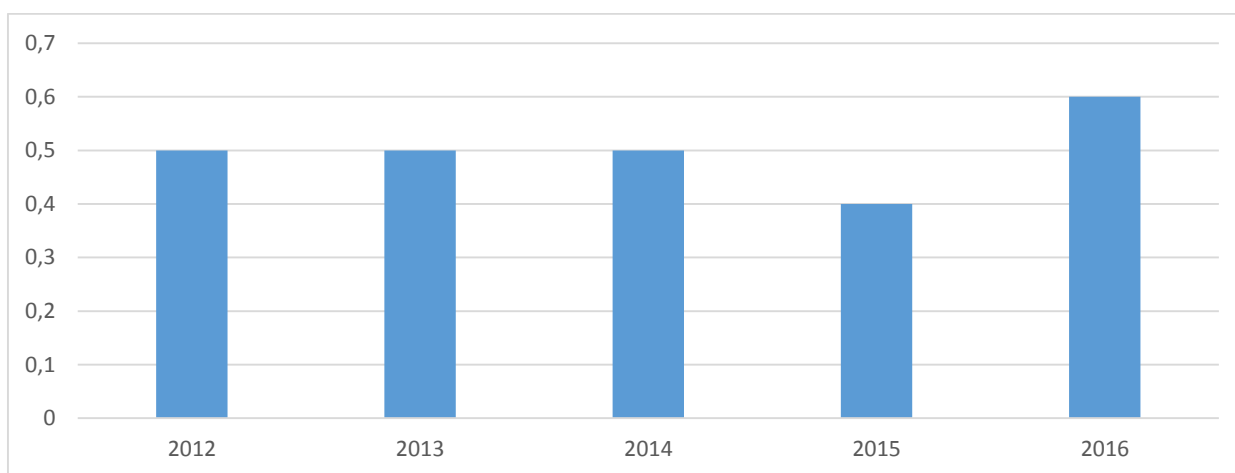


Рис. 2.10 – Середньорічні значення МІЗА м. Одеса у 2012 – 2016 рр.

- практично весь досліджуваний період характеризується переважно метеорологічними умовами, що сприяють самоочищенню атмосфери, завдяки передусім достатній кількості днів із опадами порівняно із іншими періодами року;

- погіршення *МПЗА* в осінній (2012 р.), весняний (2013 р.) та літній (2016 р.) періоди відбувається за рахунок значної кількості днів з туманами, мрякою, димкою, а також у періоди відсутності необхідної кількості опадів для виведення ЗР з атмосфери.

Так, результати проведених розрахунків значень *МПЗА* для м. Одеса показали, щонесприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері й відповідно підвищення її забруднення спостерігалися в цілому у період травня – вересня.

Періоди, які характеризувалися сприятливими умовами щодо самоочищення атмосфери, завдяки передусім достатньої кількості днів із опадами порівняно із іншими періодами року, були зафіксовані:

- 2012 рік – зсічня по серпень та жовтень;
- 2013 рік – майже всі місяці року;
- 2014 рік – всі місяці, крім лютого та липня;
- 2015 рік – всі місяці року;
- 2016 рік – майже всі місяці року.

Таким чином, періодом, який стабільно супроводжується найбільш несприятливими умовами щодо розсіювання домішок в атмосфері, є кінець весни, літній період та початок осені. Це зумовлено такими факторами як відсутність опадів або їх невелика кількість та практична відсутність днів із вітрами понад 6 м/с.

Основні результати досліджень за цим розділом представлено у роботах [9 – 11].

3 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ М. МИКОЛАЇВ І М. ХЕРСОН

3.1 Метеорологічний потенціал забруднення м. Миколаїв

Для оцінки *МПЗА* м. Миколаїв були проаналізовані дані про середньомісячні концентрації пилу, діоксида сірки, діоксида азоту та оксиду вуглецю в атмосферному повітрі за 2008 – 2011рр. та відповідні за цей же період значення окремих метеовеличин (температура та вологість повітря, швидкість вітру, кількість опадів). Була сформована база кліматичних характеристик [12] за відповідний період (додаток Г).

На рис. 3.1 – 3.4 наведено графіки зв'язку значень концентрацій домішок з метеопараметрами. Для більш детального аналізу були розраховані коефіцієнти кореляції між концентраціями домішок та окремими метеопараметрами (табл. 3.1 – 3.4).

Аналіз табл. 3.1 – 3.4 і рис. 3.1 – 3.4 показує, що отримані залежності є досить неоднозначними. Температура повітря характеризується від'ємним зв'язком із концентраціями діоксида сірки. Проте зв'язок показника вологості повітря і швидкості вітру з цією ж домішкою є позитивним і достатньо тісним. Фактично відсутній зв'язок між кількістю опадів та концентраціями забруднюючих речовин. В 2009 і 2011 рр. для діоксида азоту відзначається тісний кореляційний зв'язок з температурою та вологістю повітря. Причому для вологості повітря він є від'ємним, що є закономірним. Між вмістом пилу та оксиду вуглецю у повітрі та метеопараметрами наявного тісного лінійного зв'язку не відзначається.

На наступному етапі роботи за наявними даними було проведено розрахунок *МПЗА* та аналіз динаміки його зміни для м. Миколаїв. Результати розрахунку відповідних значень *МПЗА* наведено у табл. 3.5.

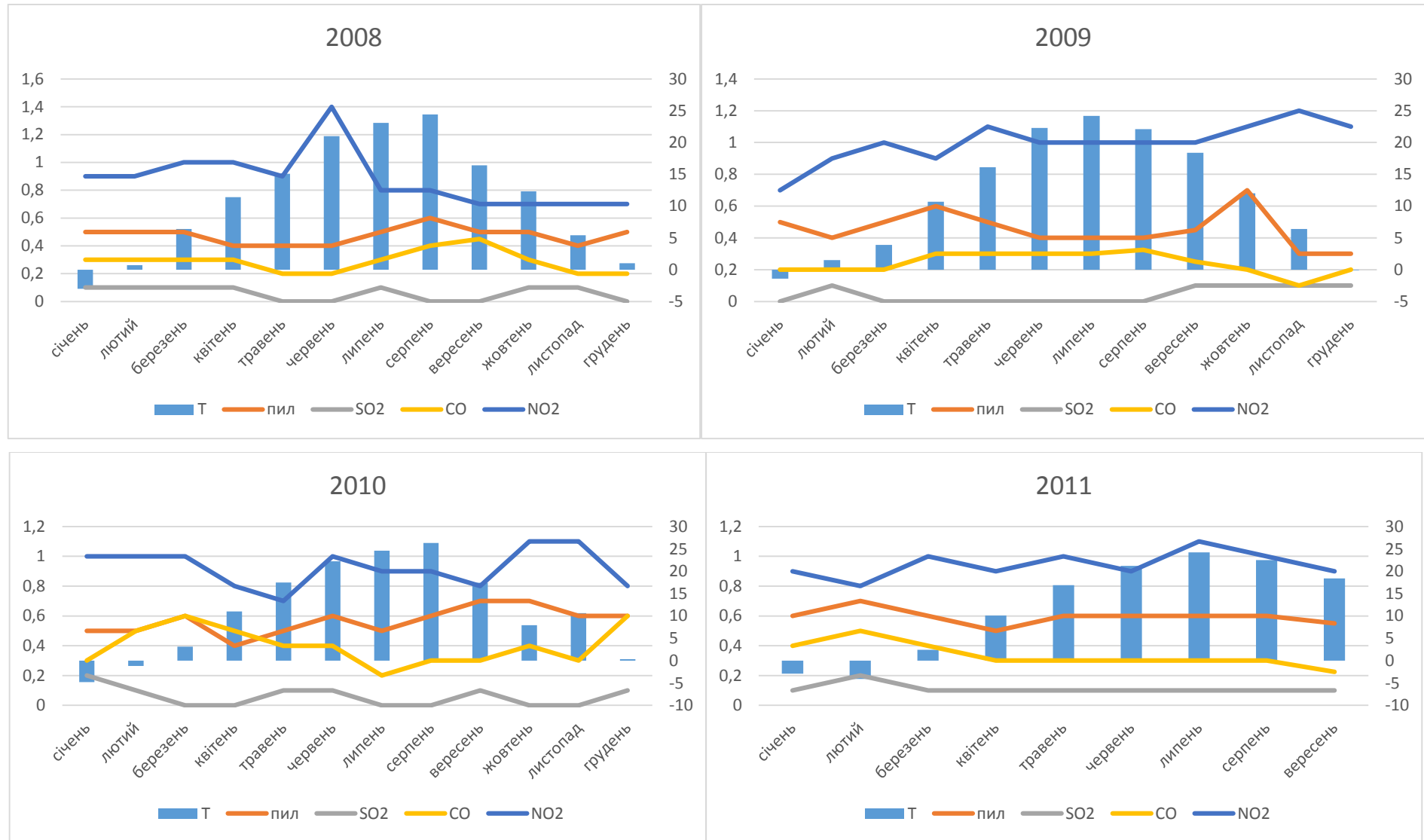


Рис. 3.1 – Зв'язок зміни температури повітря з концентраціями забруднюючих речовин.



Рис. 3.2 – Зв'язок зміни швидкості вітру з концентраціями забруднюючих речовин.



Рис. 3.3 – Зв'язок зміни вологості повітря з концентраціями забруднюючих речовин.

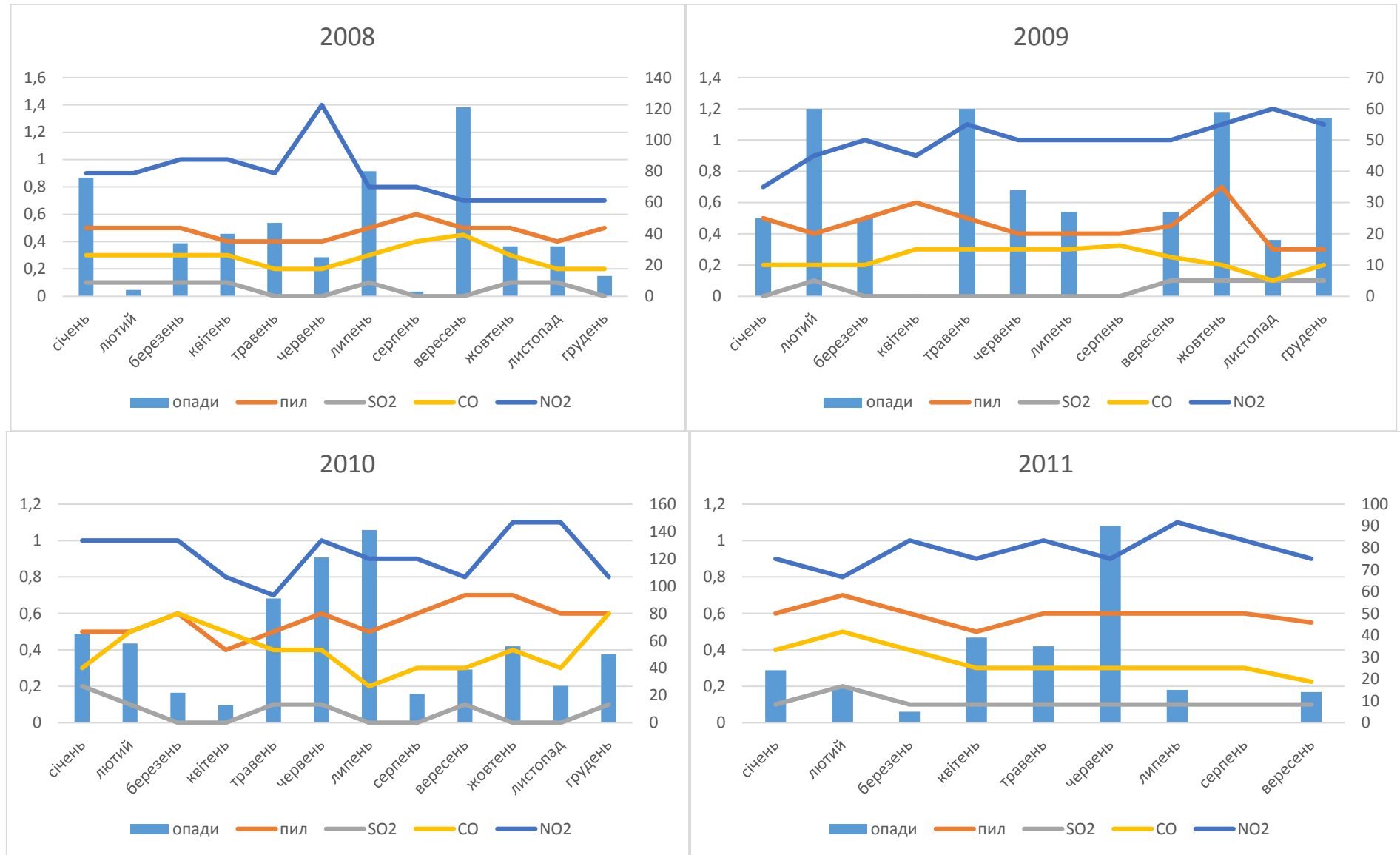


Рис. 3.4 – Зв'язок зміни кількості опадів з концентраціями забруднюючих речовин.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних ЗР та метеопараметрами (м. Миколаїв, 2008 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	0,08	-0,34	-0,03	-0,06
Діоксид сірки	-0,42	0,44	0,46	0,01
Діоксид азоту	0,29	-0,41	-0,09	0,43
Оксид вуглецю	0,19	-0,29	0,03	-0,2

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних ЗР та метеопараметрами (м. Миколаїв, 2009 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	0,04	-0,17	-0,22	0,05
Діоксид сірки	-0,35	0,51	0,39	0,46
Діоксид азоту	0,73	-0,87	-0,34	-0,24
Оксид вуглецю	0,25	0,04	-0,1	0,25

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних ЗР та метеопараметрами (м. Миколаїв, 2010 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	0,12	-0,01	-0,01	-0,13
Діоксид сірки	-0,42	0,43	0,41	0,26
Діоксид азоту	-0,56	0,31	0,38	-0,38
Оксид вуглецю	-0,28	0,37	0,42	-0,05

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями основних ЗР та метеопараметрами (м. Миколаїв, 2011 р.)

Домішка	Температура повітря	Вологість повітря	Швидкість вітру	Кількість опадів
Пил	-0,37	0,47	0,32	-0,15
Діоксид сірки	-0,55	0,36	0,73	-0,15
Діоксид азоту	-0,85	0,76	0,68	-0,2
Оксид вуглецю	0,59	-0,36	-0,47	-0,27

Таблиця 3.5 – Значення МПЗА для м. Миколаїв у 2008 – 2011 рр.

Місяці	Значення МПЗА за роками			
	2008	2009	2010	2011
Січень	0,5	0,7	0,5	0,9
Лютий	0,5	0,5	0,3	0,1
Березень	0,4	0,4	0,3	0,5
Квітень	0,4	0,7	0,8	0,4
Травень	0,6	0,5	0,9	0,5
Червень	1,0	0,7	0,7	0,8
Липень	0,5	0,4	1,0	1,1
Серпень	1,2	1,9	1,1	0,6
Вересень	0,7	0,6	0,4	1,5
Жовтень	1,3	0,5	0,6	0,7
Листопад	0,9	0,9	0,8	1,3
Грудень	0,3	0,3	0,6	0,8

	сприятливі умови $МПЗА < 0,8$
	буферна зона $0,8 \geq МПЗА \leq 1,2$
	несприятливі умови $1,2 < МПЗА \leq 2,4$

Графічне відображення динаміки зміни розрахункових значень МПЗА по роках наведено на рис. 3.5 – 3.8.

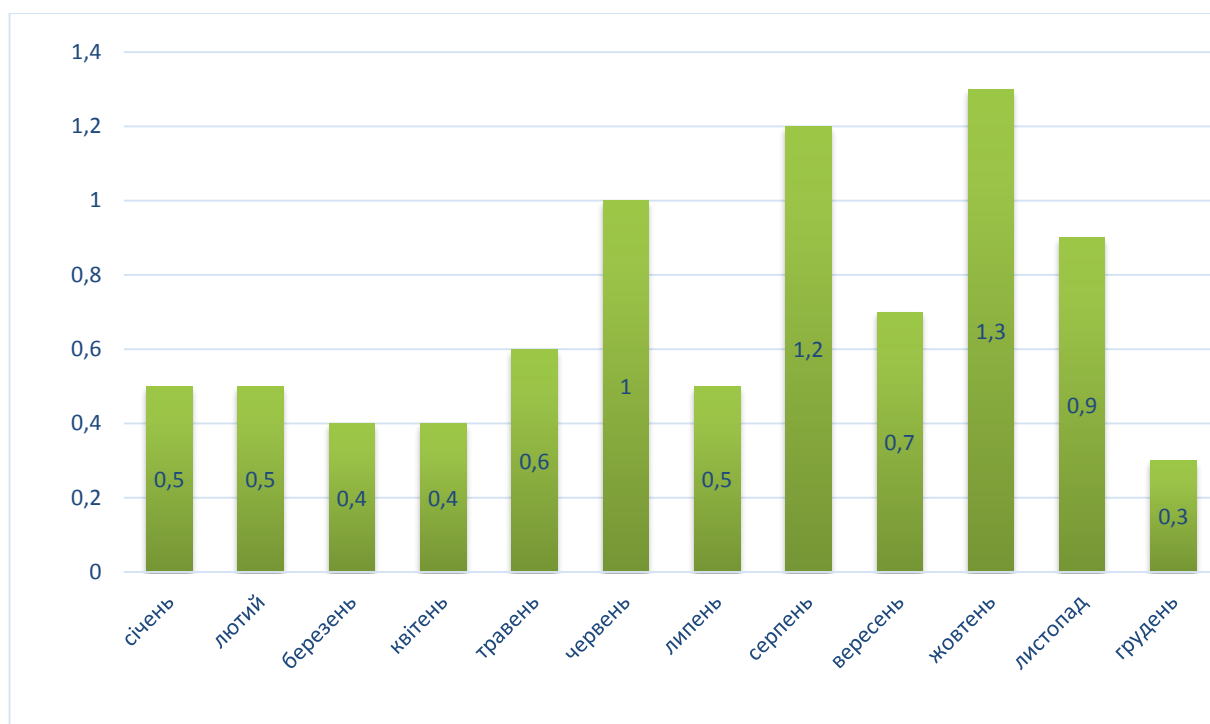


Рис. 3.5 – Значення МПЗА м. Миколаїв у 2008 р.

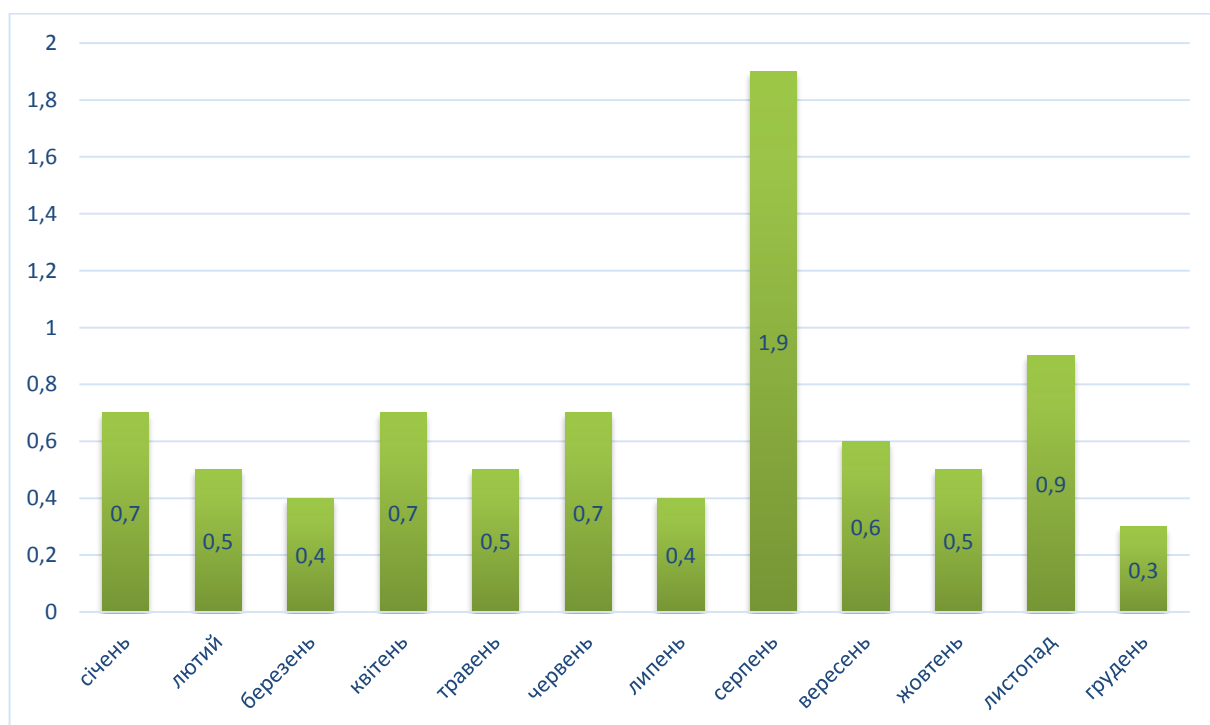


Рис. 3.6 – Значення МПЗА м. Миколаїв у 2009 р.

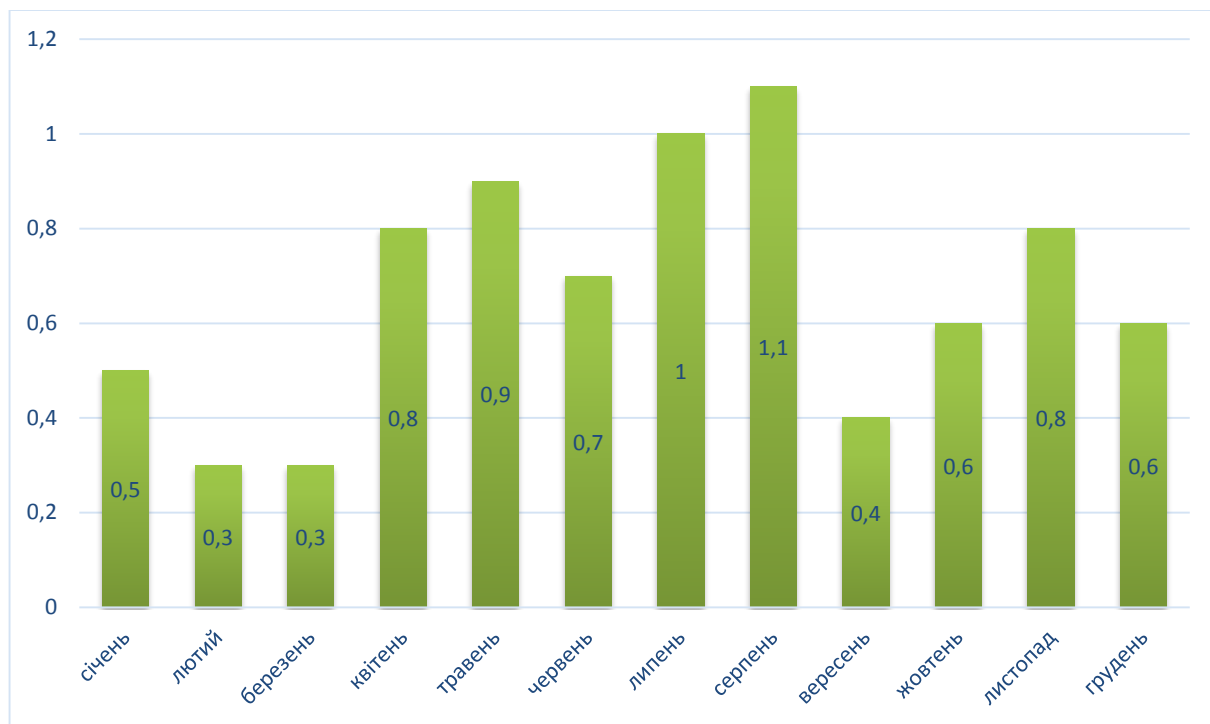


Рис. 3.7 – Значення МІЗА м. Миколаїв у 2010 р.

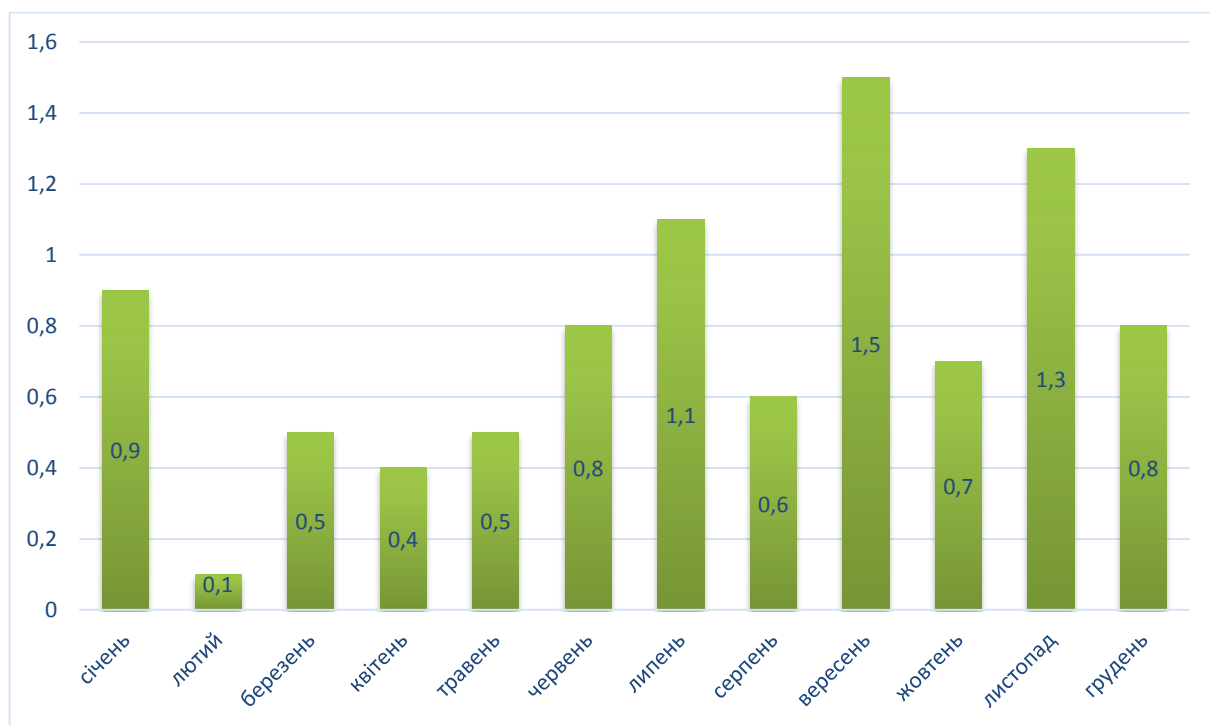


Рис. 3.8 – Значення МІЗА м. Миколаїв у 2011 р.

Результати проведених розрахунків значень МІЗА для м. Миколаїв виявили таку ситуацію. Найбільш несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері й відповідно підвищення її забруднення не спостерігалися в

жодному із досліджуваних років. Періоди, які характеризувалися несприятливими умовами щодо самоочищення атмосфери, були зафіксовані:

- 2008 рік – у жовтні;
- 2009 рік – у серпні;
- 2011 рік – у вересні та листопаді.

Аналіз розрахованих середньорічних значень *МПЗА* м. Миколаїв (рис. 3.9) показав, що практично весь досліджуваний період характеризується переважно метеорологічними умовами, що сприяють самоочищенню атмосфери, завдяки передусім достатньої кількості днів із опадами.

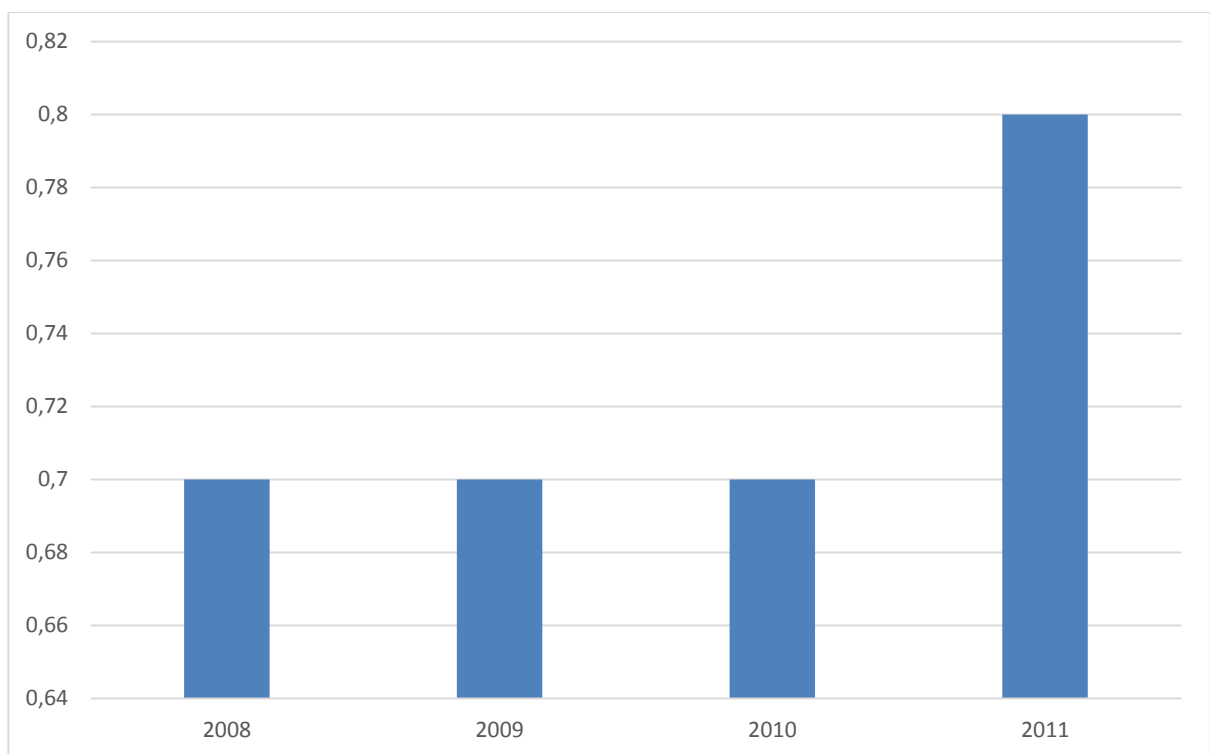


Рис. 3.9 – Середньорічні значення *МПЗА* м. Миколаїв у 2008 – 2011 рр.

Результати проведених розрахунків значень *МПЗА* для м. Миколаїв показали, що несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері й, відповідно, підвищення рівня її забруднення спостерігалися у літньо-осінній період. Це зумовлено такими факторами як відсутність опадів або їх невелика кількість та практична відсутність днів із вітрами понад 6 м/с.

Основні результати досліджень за даним розділом наведено у [13, 14].

3.2 Метеорологічний потенціал забруднення м. Херсон

При оцінці *МПЗА* м. Херсон на жаль були відсутні дані про середньомісячні концентрації основних ЗР. Тому для аналізу були використані дані про середньорічні концентрації пилу, діоксида сірки, діоксида азоту та оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Херсон за 2012 – 2016рр. та відповідні за цей же період значення окремих метеовеличин (температура та вологість повітря, швидкість вітру, кількість опадів)[15]. Також буда сформована база кліматичних параметрів (додаток Д).

На рис. 3.10 – 3.13 наведено графіки зв'язку значень концентрацій окремих домішок з метеопараметрами. Оскільки ряди досліджень досить малі, то розрахунок коефіцієнтів кореляції виконувати було некоректно.

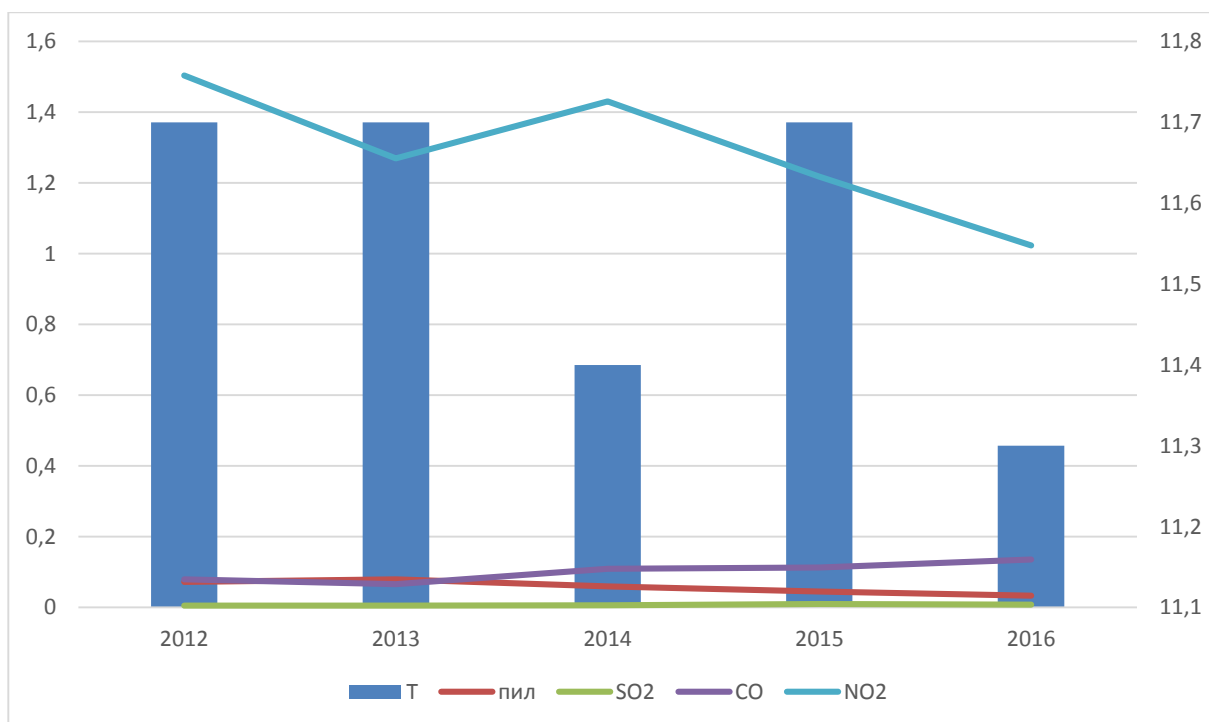


Рис. 3.10 – Зв'язок зміни температури повітря з концентраціями забруднюючих речовин.

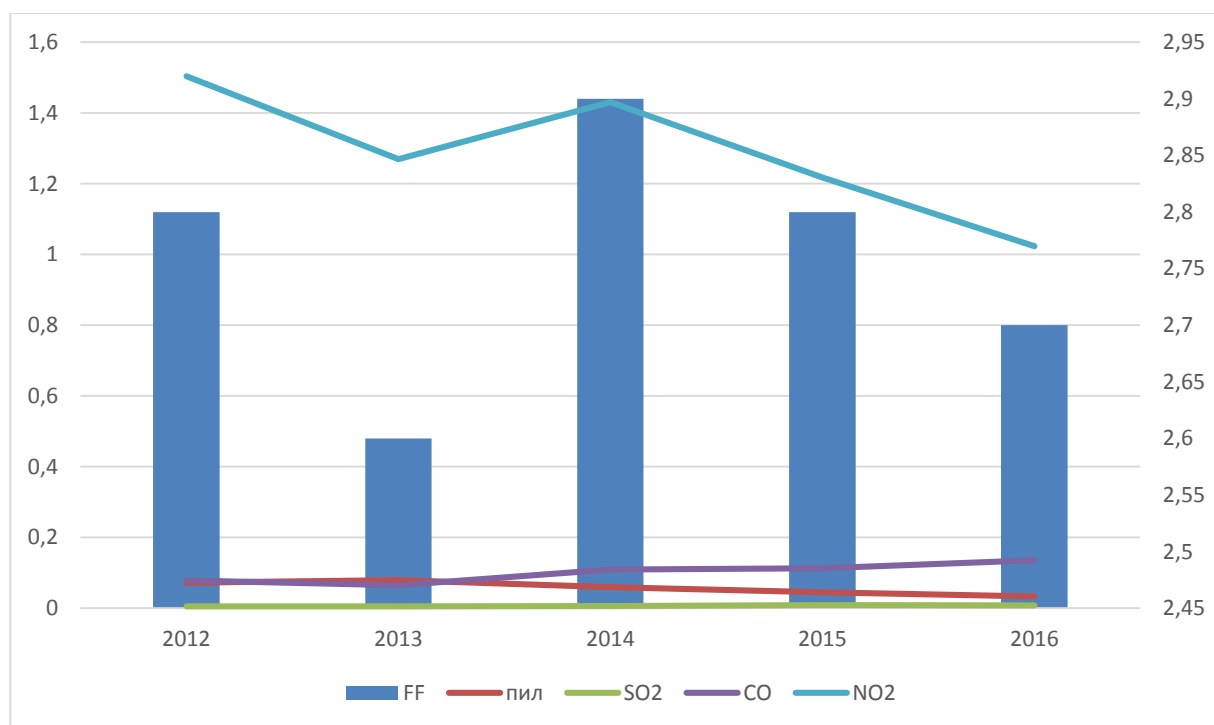


Рис. 3.11 – Зв'язок зміни вологості повітря з концентраціями забруднюючих речовин.

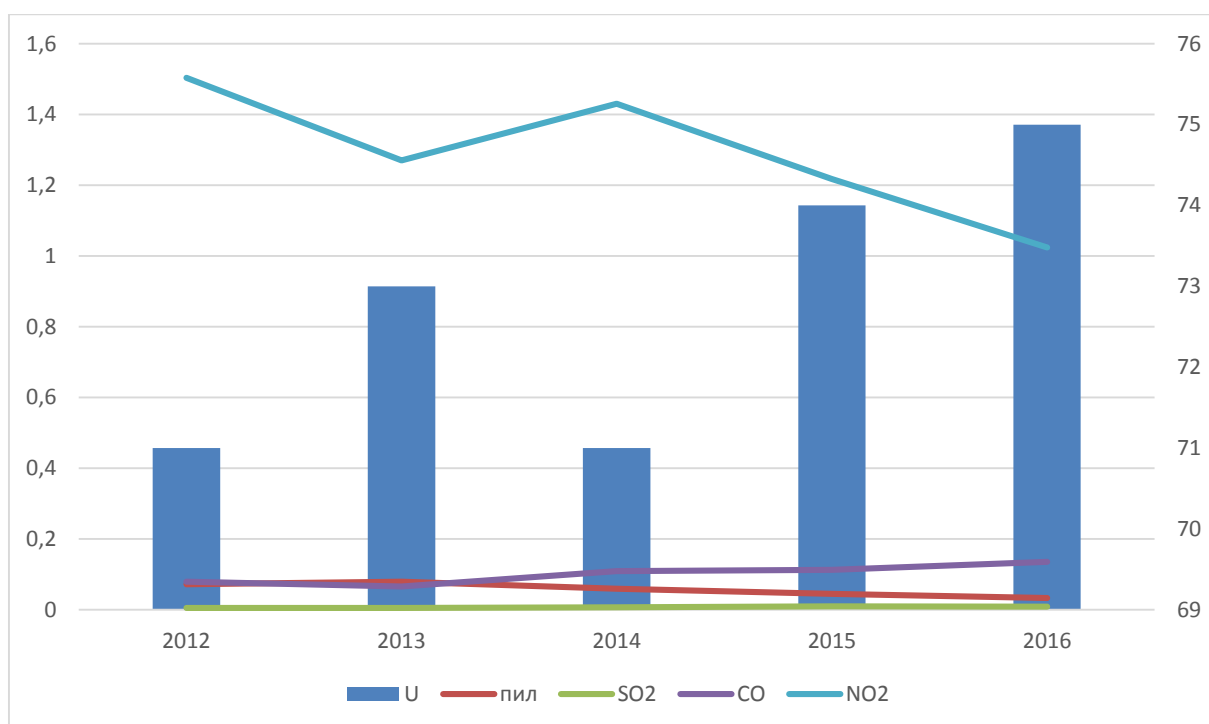


Рис. 3.12 – Зв'язок зміни швидкості вітру з концентраціями забруднюючих речовин.

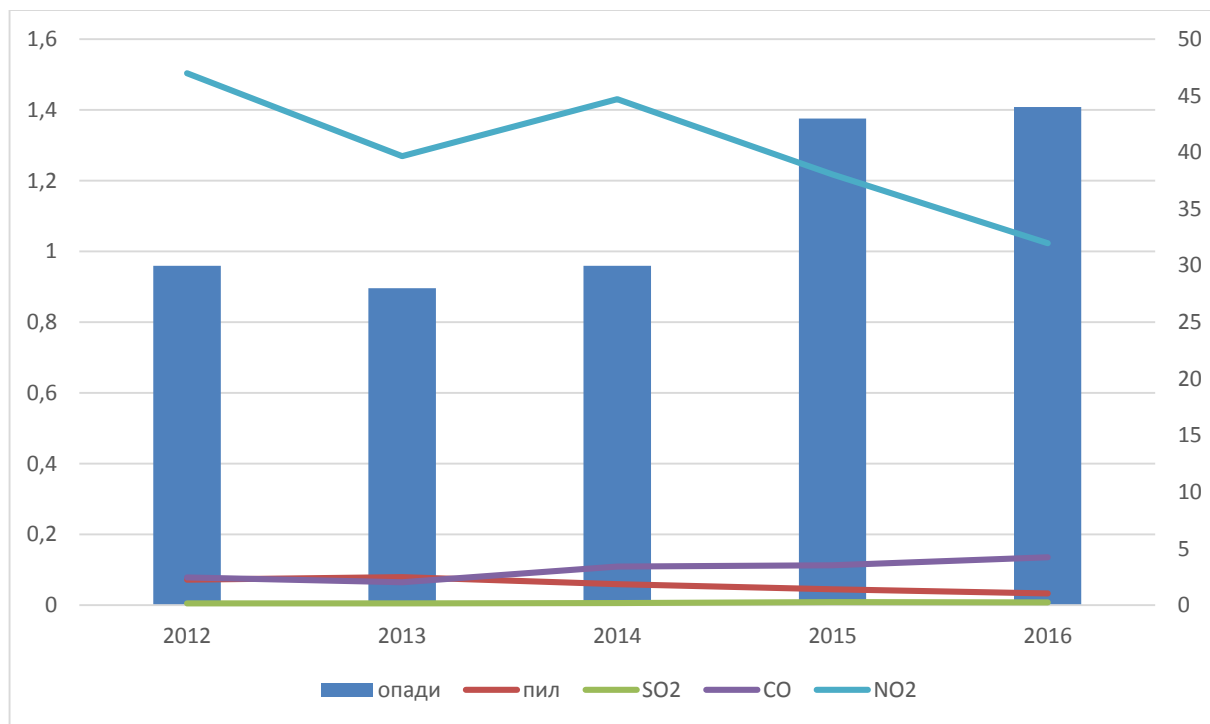


Рис. 3.13 – Зв'язок зміни кількості опадів з концентраціями забруднюючих речовин.

Аналіз показав, що для всіх домішок відзначається тісний зв'язок зі значеннями метеопараметрів.

На наступному етапі було проаналізовано *МПЗА* м. Херсон за 2012 – 2016рр. Результати відповідних значень *МПЗА* наведено у табл.3.6.

Таблиця 3.6 – Середньорічні значення *МПЗА* м. Херсон у 2012 – 2016 рр.

Роки	Значення МПЗА	Метеорологічні умови
2012	2,7	дуже несприятливі
2013	1,6	несприятливі
2014	1,4	несприятливі
2015	1,5	несприятливі
2016	2,3	несприятливі

Графічне відображення динаміки зміни розрахованих значень *МПЗА* за роками наведено на рис. 3.14.



Рис.3.14 –Значення *МПЗА* м. Херсон у 2012 – 2016рр.

Результати проведених розрахунків значень *МПЗА* для м. Херсон показали, що метеорологічні умови характеризуються несприятливими та дуже несприятливими умовами розсіювання домішок. Це зумовлено такими факторами, як відсутність опадів або їх невелика кількість, відсутність днів із вітрами високих швидкостей.

Основні результати дослідження за даним розділом наведені у роботі [16].

4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МПЗА ОКРЕМИХ МІСТ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

Однією із задач дослідження було виконати порівняльний аналіз МПЗА окремих міст Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП). Такий аналіз є доцільним виконувати по сезонах року. Виходячи з раніше виконаних розрахунків, даний аналіз був зроблений для м. Одеса і м. Миколаїв. Оскільки розрахунки для м. Херсон по місяцях не виконувався, то дане місто було виключено з розрахунків.

У табл. 4.1 наведено значення МПЗА по місяцях року для м. Одеса.

Таблиця 4.1 – МПЗА м. Одеса по сезонах року (за даними 2012 – 2016 рр.)

Місяць	МПЗА	Умови розсіювання
Січень	0,4	Сприятливі
Лютий	0,47	Сприятливі
Березень	0,38	Сприятливі
Квітень	0,4	Сприятливі
Травень	0,6	Сприятливі
Червень	0,52	Сприятливі
Липень	0,84	Буферна зона
Серпень	0,38	Сприятливі
Вересень	0,58	Сприятливі
Жовтень	0,48	Сприятливі
Листопад	0,36	Сприятливі
Грудень	0,48	Сприятливі

Аналіз табл. 4.1 показує, що згідно методики на протязі року відзначаються в цілому сприятливі умови для розсіювання домішок.

Значення *МПЗА* приймають більш високі значення з травня по вересень, що може бути пов'язано з підвищенням температури.

У табл. 4.2 наведено аналогічні розрахунки для м. Миколаїв.

Таблиця 4.1 – *МПЗА* м. Миколаїв по сезонах року
(за даними 2008 – 2011 рр.)

Місяць	МПЗА	Умови розсіювання
Січень	0,65	Сприятливі
Лютий	0,35	Сприятливі
Березень	0,4	Сприятливі
Квітень	0,575	Сприятливі
Травень	0,625	Сприятливі
Червень	0,8	Буферна зона
Липень	0,75	Сприятливі
Серпень	1,2	Буферна зона
Вересень	0,8	Буферна зона
Жовтень	0,775	Сприятливі
Листопад	0,975	Буферна зона
Грудень	0,5	Сприятливі

З табл. 4.2 видно, що атмосферне повітря м. Миколаїв також характеризується на протязі року в цілому сприятливими умовами. Проте літньо-осінній сезон відповідає умовам буферної зони, коли погіршується розсіювальна здатність атмосфери.

На рис. 4.1 наведено порівняльний графік *МПЗА* для міст Одеса і Миколаїв. Як видно, в цілому метеорологічні умови розсіювання домішок в атмосферному повітрі м. Миколаїв характеризуються більш несприятливими умовами, ніж умови для м. Одеса.

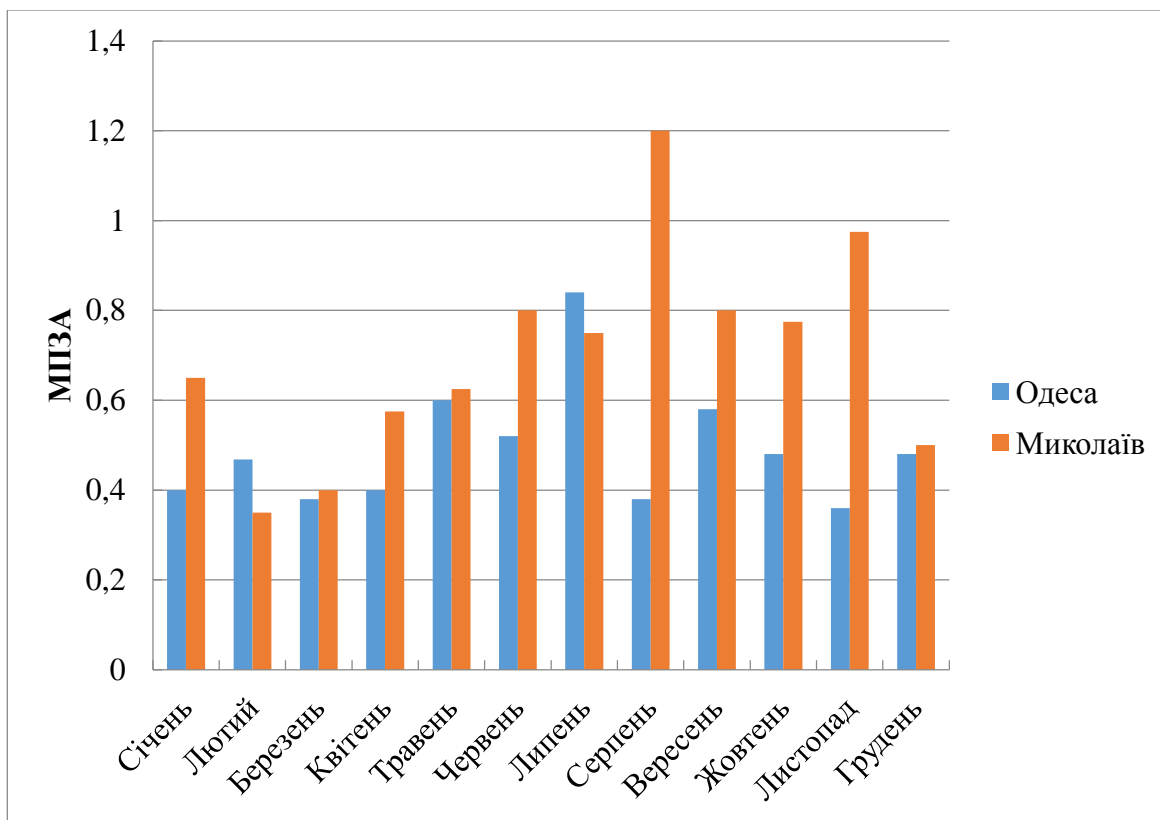


Рис. 4.1 – Порівняльний графік МПЗАміст Одеса і Миколаїв.

Якщо враховувати результати вище викладених досліджень з урахуванням м. Херсон, то слід відзначити, що:

- у мм. Одеса і Миколаїв відзначаються умови розсіювання, які характеризуються категоріями від «сприятливі» до «несприятливі»;
- найгірші умови для розсіювання домішок серед міст ПЗП відзначаються для м. Херсон, оскільки середньорічні значення МПЗА характеризуються категоріями «несприятливі» - «дуже несприятливі».

ВИСНОВКИ

У виконаній магістерській роботі було розглянуто основні методи прогнозування забруднення атмосфери з урахуванням метеорологічних параметрів. Розглянуто методіку оцінки метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери. Проаналізовано зв'язок метеорологічних параметрів з концентраціями основних ЗР і виконано оцінку *МПЗА* для окремих міст ПЗП.

Виконані розрахунки та аналіз дозволяють зробити такі висновки по роботі:

1. Аналіз зв'язку зміни метеопараметрів зі змінами концентрацій окремих ЗРм. Одеса показав, що всі ЗР, що розглядаються, характеризуються позитивним зв'язком з температурою повітря. Найбільш тісний зв'язок відзначається для діоксиду сірки. Вологість повітря і швидкість вітру по відношенню до ЗР мають від'ємний зв'язок. Загальних залежностей виявлено не було. Фактично відсутній зв'язок між кількістю опадів та концентраціями ЗР. В більшості випадків він є позитивним.
2. Розрахунок значень *МПЗА* для м. Одеса виявив, що найбільш несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері не спостерігалися. Практично весь досліджуваний період (2012 – 2016 рр.) характеризується переважно метеорологічними умовами, що сприяють самоочищенню атмосфери.
3. Несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері м. Одеса й, відповідно, підвищення її забруднення спостерігалися в цілому у період травня – вересня. Це відбувається за рахунок значної кількості днів з туманами, у періоди відсутності необхідної кількості опадів для виведення ЗР з атмосфери і відсутності днів із вітрами понад 6 м/с.
4. Аналіз зв'язку метеопараметрів з концентраціями ЗР для м. Миколаїв показав, що отримані залежності є досить неоднозначними.

Температура повітря характеризується від'ємним зв'язком із концентраціями діоксиду сірки. Зв'язок показника вологості повітря і швидкості вітру з цією ж домішкою є позитивним і достатньо тісним. Фактично відсутній зв'язок між кількістю опадів та концентраціями ЗР. В 2009 і 2011 рр. для діоксиду азоту відзначається тісний кореляційний зв'язок з температурою та вологістю повітря. Причому для вологості повітря він є від'ємним, що є закономірним. Між вмістом пилу та оксиду вуглецю у повітрі та метеопараметрами наявного тісного лінійного зв'язку не відзначається.

5. Розрахунок *МІЗА* для м. Миколаїв показав, що найбільш несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері й відповідно підвищення її забруднення не спостерігалися. Весь досліджуваний період характеризується переважно метеорологічними умовами, що сприяють самоочищенню атмосфери.
6. Несприятливі умови щодо розсіювання ЗР в атмосфері м. Миколаїв спостерігалися у літньо-осінній період. Це зумовлено такими факторами як відсутність опадів або їх невелика кількість та практична відсутність днів із вітрами понад 6 м/с.
7. Аналіз зв'язку метеопараметрів з концентраціями ЗР в атмосферному повітрі м. Херсон показав, що для всіх домішок відзначається тісний зв'язок зі значеннями метеопараметрів. Такі результати можуть бути наслідком незначної кількості даних, що були використані для аналізу.
8. Результати проведених розрахунків значень *МІЗА* для м. Херсон показали, що метеорологічні умови характеризуються несприятливими та дуже несприятливими умовами розсіювання домішок. Це зумовлено такими факторами, як відсутність опадів або їх невелика кількість, відсутність днів із вітрами високих швидкостей.
9. Також виконано порівняльний аналіз *МІЗА* окремих міст ПЗП. Такий аналіз є доцільним виконувати по сезонах року. Розглядалися м. Одеса і м. Миколаїв. Отримано, що у м. Одеса на протязі року відзначаються

в цілому сприятливі умови для розсіювання домішок. Значення *МПЗА* приймають більш високі значення з травня по вересень, що може бути пов'язано з підвищенням температури. Атмосферне повітря м. Миколаїв також характеризується на протязі року в цілому сприятливими умовами. Проте літньо-осінній сезон відповідає умовам буферної зони, коли погіршується розсіювальна здатність атмосфери.

10. В цілому метеорологічні умови розсіювання домішок в атмосферному повітрі м. Миколаїв характеризуються більш несприятливими умовами, ніж умови для м. Одеса.

Так, враховуючи результати вище викладених досліджень, можна відзначити, що:

- у мм. Одеса і Миколаїв відзначаються умови розсіювання, які характеризуються категоріями від «сприятливі» до «несприятливі»;
- найгірші умови для розсіювання домішок серед міст ПЗП відзначаються для м. Херсон, оскільки середньорічні значення *МПЗА* характеризуються категоріями «несприятливі» - «дуже несприятливі».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. 272 с.
2. Miller M., Holzworth G. An atmospheric diffusion model for metropolitan areas // J. Air Poll. 1967. Contr. Ass., № 1. P. 46 – 50.
3. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. 223 с.
4. Безуглая Э.М. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Ленинград: Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
5. Селегей Т.С., Юрченко И.П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 1990. № 2. С.132–137.
6. Рекомендации по определению метеорологического потенциала атмосферы Сибирского экономического района // Ответст. исполнитель Селегей Т.С. Новосибирск, 1987.
7. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработать усовершенствованный комплексный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы (на примере территории Западной Сибири). Новосибирск, 2014. 132 с.
8. Электронний ресурс: URL: http://rp5.ua/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B5 (дата звернення: 15.04.2017 р.).
9. Сердега І.Л., Чугай А.В. Аналіз зв'язку забруднення атмосферного повітря з метеопараметрами (на прикладі м. Одеса) // Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія,

- неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. С. 93 – 94.
10. Сердега І.Л., Чугай А.В. Метеорологічні умови забруднення атмосферного повітря м. Одеса // Харків: ФОП Панов А.М., 2017. С. 108 – 109.
11. Чугай А.В., Сердега І.Л. Вплив метеорологічних умов на забруднення повітряного басейну м. Одеса // VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology – 2017). Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 122.
12. Електронний ресурс:
 URL:[http://rp5.ua/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%B5_\(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82\)](http://rp5.ua/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%B5_(%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82)) (дата звернення: 15.09.2017 р.).
13. Сердега І.Л., Чугай А.В. Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м. Миколаїв // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки». Харків: ХНАДУ, 2017. С. 187 – 190.
14. Чугай А.В., Сердега І.Л. Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери міст Одеса та Миколаїв // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. 2018. № 1(21). С. 76 – 82.
15. Електронний ресурс:
 URL:http://rp5.ua/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%A5%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B5 (дата звернення: 23.03.2018 р.).

16. Сердега І.Л., Чугай А.В. Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м. Херсон // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ, 2018.

ДОДАТКИ

**ДОВІДКА КАФЕДРИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ПРО
УЧАСТЬ У НДР**

Магістрант Сердега І.Л. є співавтором розділу 1.1 «Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфериміст Одеса та Миколаїв» звіту (остаточного) НДР кафедри екології та охорони довкілля «Розробка складових геоінформаційної системи оцінки рівня техногенного навантаження на довкілля» (№ ДР 0115U006533).

Зав. каф. екології та охорони довкілля

Т.А. Сафранов

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Сердега І.Л., Чугай А.В. Аналіз зв'язку забруднення атмосферного повітря з метеопараметрами (на прикладі м. Одеса) // Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. С. 93 – 94.
2. Сердега І.Л., Чугай А.В. Метеорологічні умови забруднення атмосферного повітря м. Одеса // Харків: ФОП Панов А.М., 2017. С. 108 – 109.
3. Чугай А.В., Сердега І.Л. Вплив метеорологічних умов на забруднення повітряного басейну м. Одеса // VI-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія / Ecology – 2017). Збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 122.
4. Сердега І.Л., Чугай А.В. Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери м. Миколаїв // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки». Харків: ХНАДУ, 2017. С. 187 – 190.
5. Чугай А.В., Сердега І.Л. Оцінка метеорологічного потенціалу забруднення атмосфери міст Одеса та Миколаїв // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. 2018. № 1(21). С. 76 – 82.
6. Сердега І.Л., Чугай А.В. Метеорологічний потенціал забруднення атмосфери м. Херсон // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ, 2018. (у друку).

Додаток В

**ТАБЛИЦІ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ М. ОДЕСА
(2012 – 2016 РР.)**

Місяць	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опад	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
<i>2012 рік</i>				
січень	22	3	4	11
лютий	17	0	1	7
березень	17	0	1	0
квітень	16	5	6	0
травень	10	0	5	1
червень	9	1	3	0
липень	11	1	3	0
серпень	12	0	2	1
вересень	4	1	7	1
жовтень	11	4	9	5
листопад	10	5	7	4
грудень	19	5	6	14
<i>2013 рік</i>				
січень	20	6	8	4
лютий	18	6	5	7
березень	17	8	6	8
квітень	12	1	1	1
травень	3	0	4	0
червень	16	0	10	0
липень	11	0	2	4
серпень	6	0	2	0
вересень	19	0	0	2
жовтень	11	5	5	4
листопад	10	5	0	6
грудень	12	9	5	4

Продовження додатку В

Місяць	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опади	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
<i>2014 рік</i>				
січень	21	6	3	9
лютий	15	12	5	5
березень	19	9	1	6
квітень	5	4	2	5
травень	16	1	7	3
червень	17	0	6	2
липень	7	0	8	2
серпень	5	0	3	1
вересень	4	0	3	8
жовтень	8	3	5	12
листопад	13	5	0	12
грудень	14	9	0	9
<i>2015 рік</i>				
січень	21	9	4	3
лютий	17	7	0	8
березень	17	5	1	6
квітень	18	2	1	5
травень	10	3	1	0
червень	13	0	5	0
липень	8	0	4	0
серпень	7	0	7	3
вересень	7	0	7	3
жовтень	8	0	6	9
листопад	17	3	5	7
грудень	6	2	4	3

Продовження додатку В

Місяць	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опади	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
<i>2016 рік</i>				
січень	22	5	9	12
лютий	14	4	10	7
березень	14	5	4	4
квітень	12	3	3	2
травень	20	3	6	4
червень	13	1	12	1
липень	2	0	7	1
серпень	14	0	6	0
вересень	6	0	3	4
жовтень	15	1	2	13
листопад	17	1	1	7
грудень	20	1	1	7

Додаток Г

**ТАБЛИЦІ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ М. МИКОЛАЇВ
(2008 – 2011 РР.)**

Місяць	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опади	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
<i>2008 рік</i>				
січень	10	5	6	13
лютий	12	7	6	16
березень	17	7	7	23
квітень	17	8	3	13
травень	12	1	12	11
червень	8	0	15	7
липень	11	0	11	12
серпень	3	1	15	10
вересень	12	1	16	11
жовтень	5	5	11	7
листопад	11	5	12	7
грудень	17	3	7	13
<i>2009 рік</i>				
січень	14	11	7	13
лютий	17	5	11	14
березень	21	3	11	11
квітень	4	0	11	12
травень	15	1	10	7
червень	10	1	15	13
липень	10	0	9	14
серпень	2	0	13	5
вересень	7	1	11	12
жовтень	14	6	8	15
листопад	16	10	11	8
грудень	23	6	6	18

Продовження додатку Г

Місяць	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опад	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
<i>2010 рік</i>				
січень	21	9	9	15
лютий	18	9	4	21
березень	12	3	7	17
квітень	11	4	12	8
травень	20	1	21	8
червень	11	0	13	7
липень	12	1	16	5
серпень	4	0	12	7
вересень	8	2	6	11
жовтень	15	4	9	8
листопад	12	11	8	12
грудень	19	10	8	11
<i>2011 рік</i>				
січень	19	8	12	3
лютий	13	0	3	19
березень	8	5	7	17
квітень	12	0	10	14
травень	14	0	12	11
червень	12	0	13	5
липень	11	1	15	4
серпень	4	0	8	9
вересень	8	1	16	3
жовтень	10	5	8	9
листопад	5	1	13	6
грудень	17	11	10	10

ТАБЛИЦІ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ М. ХЕРСОН
(2012 – 2016 РР.)

Рік	Кліматичні параметри, кількість днів			
	опади	тумани	вітер зі швидкістю < 1 м/с	вітер зі швидкістю > 6 м/с
2012	12	2	117	55
2013	11	3	89	46
2014	12	3	101	65
2015	11	3	100	60
2016	13	3	143	50