

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки  
Кафедра екології та охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: Просторово-часовий аналіз рівня забруднення основними забруднюючими речовинами повітряного басейну м. Одеса

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-19з/ф  
спеціальності 101–Екологія  
Ничипорук Олександр Іванович

Керівник к.геогр.н., доц.  
Колісник Алла Вікторівна

Рецензент к.геогр.н., доц.  
Прокоф'єв Олег Милославович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 – Екологія

Освітньо-професійна програма Екологічна безпека

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Т.А. Сафранов

“ 26 ” жовтня 2020 року

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

Ничипоруку Олександр Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Просторово-часовий аналіз рівня забруднення основними забруднюючими речовинами повітряного басейну м. Одеса

керівник роботи Колісник Алла Вікторівна, к.геогр.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” жовтня 2020р.№ 194 “С”

2. Строк подання студентом роботи 08 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали моніторингових спостережень за вмістом в атмосферному повітря м. Одеса основних забруднюючих речовин

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

1) Загальна фізико-географічна, кліматична характеристика м. Одеса

2) Просторово-часовий аналіз розподілу основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Одеса за багаторічний період

3) Оцінка забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- 1) Динаміка викидів ЗР в атмосферне повітря Одеської області (1 рис.).
  - 2) Обсяги викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Одеської області (1 рис.).
  - 3) Значення ІЗА в найбільш забруднених містах України у 2016 – 2019 рр. (1 рис.).
  - 4) Обсяги викидів основних ЗР від стаціонарних джерел у м. Одеса (1 рис.).
  - 5) Карта-схема розташування ПСЗ по території м. Одеса (1 рис.).
  - 6) Річний хід зміни концентрацій основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Одеса (5 рис.).
  - 7) Поле концентрацій основних забруднюючих речовин по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр. (5 рис.).
  - 8) Сезонний хід концентрацій основних забруднюючих речовин по ПСЗ м. Одеса у 2007 – 2017 рр. (15 рис.).
  - 9) Значення  $I_5$  м. Одеса у 2007 – 2017 рр. (1 рис.).

#### 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Загальна фізико-географічна і кліматична характеристика м. Одеса	26.10.20-30.10.20	78	4 (добре)
2.	Стан забруднення повітряного басейну м. Одеса	31.10.20-08.11.20	82	4 (добре)
3.	Просторово-часовий аналіз забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами	09.11.20-15.11.20	86	4 (добре)
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	16.11.20-21.11.20	82	4 (добре)
4.	Методи оцінки і ранжування якості атмосферного повітря	22.11.20-24.11.20	90	5 (відм.)
5.	Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса основними забруднюючими речовинами	25.11.20-29.11.20	90	5 (відм.)
6.	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	30.11.20-05.12.20	90	5 (відм.)
7.	Підготовка остаточної версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту.	06.12.20-08.12.20	90	5 (відм.)
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		88,4	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ничипорук О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Колісник А.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Ничипорук О.І. Просторово-часовий аналіз рівня забруднення основними забруднюючими речовинами повітряного басейну м. Одеса.**

Стан і якість повітряного басейну окремих міст України в останні роки значно погіршується через вплив стаціонарних і пересувних джерел забруднення. В окремих містах, до яких відноситься і м. Одеса, переважними джерелами викидів є пересувні. Слід також зазначити, що в останні роки Одеса входить до 10 найбільш забруднених міст України. Тому тема дослідження є актуальною і необхідною в сучасних умовах.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка і аналіз рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами.

Об'єктом дослідження є повітряний басейн м. Одеса, предметом дослідження – стан забруднення атмосферного повітря основними забруднюючими речовинами.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали моніторингових спостережень на мережі стаціонарних пунктів спостережень за якістю атмосферного повітря у 2007 – 2017 рр., надані Гідрометцентром Чорного та Азовського морів.

Отримані результати свідчать, що за вмістом пилу відзначено суттєве збільшення концентрацій за 10-річний період спостережень, за вмістом діоксиду сірки – зниження з 2007 по 2017 р. Максимальні концентрації діоксиду азоту відзначались у 2007 р., мінімальні – у 2012 р. Вміст оксиду вуглецю не зазнав змін і збільшувався у весняно-літній період з інтенсифікацією руху автомобільного транспорту. Вміст формальдегіду суттєво зменшився.

За значенням індексу забруднення атмосфери майже про всіх основних забруднюючих речовинах він перевищує 1. Виключення складає лише вміст

діоксиду сірки. У 2007 р. стан повітряного басейну м. Одеса характеризувався категорією «сильно забруднена», у 2012 р. – категоріями «забруднена» – «сильно забруднена», у 2017 р. – категорією «забруднена». За результатами ранжування рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за вмістом діоксиду сірки у всі роки стан повітряного басейну характеризується як допустимий; за вмістом пилу, діоксиду азоту і оксиду вуглецю як підвищений; за вмістом формальдегіду як екстремально високий.

Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань і 2 додатків. Обсяг роботи складає 71 с., в т.ч. 31 рис., 8 табл. і 23 літературні джерела.

**Ключові слова:** основні забруднюючі речовини, індекс забруднення атмосфери, повітряний басейн.

## SUMMARY

### **Nychyporuk O. Spatial-Temporal Analysis of the Level of Pollution of the Air Basin in Odessa with the Main Pollutants.**

The condition and quality of the air basin of some cities of Ukraine in recent years has deteriorated significantly due to the impact of stationary and mobile sources of pollution. In some cities, including the city of Odessa, the predominant sources of emissions are mobile. It should also be noted that in recent years Odessa is one of the 10 most polluted cities in Ukraine. Therefore, the research topic is relevant and necessary in modern conditions.

The purpose of the master's qualification work is to assess and analyze the level of pollution of the air basin of Odessa by the main pollutants.

The object of the study is the air basin of Odessa, the subject of the study – the state of air pollution by major pollutants.

Data from literature sources, as well as materials of monitoring observations on the network of stationary observation points for atmospheric air quality in 2007 – 2017, provided by the Hydrometeorological Center of the Black and Azov Seas, were used as initial data.

The results show that the dust content showed a significant increase in concentrations over a 10-year observation period, the sulfur dioxide content – a decrease from 2007 to 2017. The maximum concentrations of nitrogen dioxide were observed in 2007, the minimum – in 2012. The content of carbon monoxide did not change and increased in the spring and summer with the intensification of road transport. The formaldehyde content decreased significantly.

By the value of the index of air pollution for almost all major pollutants, it exceeds 1. The only exception is the content of sulfur dioxide. In 2007, the condition of the air basin of Odessa was characterized by the category of "heavily polluted", in 2012 – by the categories of "polluted" – "heavily polluted", in 2017 – by the category of "polluted". According to the results of ranking the level of air

pollution in Odessa by the content of sulfur dioxide in all years, the state of the air basin is characterized as acceptable; the content of dust, nitrogen dioxide and carbon monoxide as increased; formaldehyde content as extremely high.

The work consists of an introduction, 3 main sections, a conclusion, a list of references and 2 appendices. The volume of work is 71 pages, including Fig. 31, 8 tables. and 23 literary sources.

***Key words:*** main pollutants, air pollution index, air basin.



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП	11
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
1.1 Фізико-географічне положення і кліматичні особливості	13
1.2 Стан забруднення повітряного басейну	19
2 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ОДЕСА	23
2.1 Коротка характеристика мережі спостережень за забрудненням атмосфери	23
2.2 Аналіз динаміки забруднення атмосфери пилом	26
2.3 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом сірки	29
2.4 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом азоту	39
2.5 Аналіз динаміки забруднення атмосфери оксидом вуглецю	40
2.6 Аналіз динаміки забруднення атмосфери формальдегідом	51
3 ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	57
ВИСНОВКИ	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДОДАТКИ	69

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

ГДК – гранично допустима концентрація

ЗР – забруднююча речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери

ПЗФ – природно-заповідний фонд

ПСЗ – пункт спостережень за забрудненням атмосфери

## ВСТУП

Стан і якість повітряного басейну окремих міст України в останні роки значно погіршується через вплив стаціонарних і пересувних джерел забруднення. В окремих містах, до яких відноситься і м. Одеса, переважними джерелами викидів є пересувні. Слід також зазначити, що в останні роки Одеса входить до 10 найбільш забруднених міст України. Тому тема дослідження є актуальною і необхідною в сучасних умовах.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка і аналіз рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали моніторингових спостережень на мережі стаціонарних пунктів спостережень за якістю атмосферного повітря у 2007 – 2017 рр., надані Гідрометцентром Чорного та Азовського морів.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- дати загальну характеристику фізико-географічних і кліматичних особливостей м. Одеса;
- проаналізувати сучасний стан забруднення повітряного басейну м. Одеса;
- виконати просторо-часовий аналіз рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами;
- виконати оцінку рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса основними забруднюючими речовинами і ранжування за рівнем перевищення нормативів якості.

Об'єктом дослідження є повітряний басейн м. Одеса, предметом дослідження – стан забруднення атмосферного повітря основними забруднюючими речовинами.

Новизна отриманих результатів полягає в тому, що для території

м. Одеса виконано просторово-часовий аналіз рівня забруднення атмосферного повітря за багаторічний період на основі постійних даних спостережень.

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

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

- Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (Житомир, ДУ «Житомирська політехніка», листопад 2019 р.);
- ХІХ наукова конференція молодих вчених ОДЕКУ (Одеса, ОДЕКУ, травень 2020 р.);
- VI Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (Харків, ХНАДУ, жовтень 2020 р.).

За темою роботи опубліковано 3 тези доповідей на конференціях.

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Фізико-географічне положення і кліматичні особливості

Одеська область – приморський і прикордонний регіон України, розташований на крайньому південно-заході країни. Територія області складає 33,4 тис. км<sup>2</sup>, населення – 2,4 млн. чол. [1].

Обласним центром Одеської області є м. Одеса.

Одеська область була утворена 27 лютого 1932 р. Постановою IV позачергової сесії Всеукраїнського центрального виконавчого комітету. На той час Одеська область включала частини територій нинішніх Кіровоградської, Херсонської та Миколаївської областей. До її складу входили 4 міста (Одеса, Кіровоград, Миколаїв, Херсон) і 46 районів. На даний час до складу області входять 26 районів, 9 міст обласного і 10 міст районного значення, 33 селища міського типу [2].

По території області проходять державні кордони України з Румунією і Молдовою. На півдні область своєю окраїною виходить до Чорного моря. Довжина морського і лиманного узбережжя від гирла р. Дунай до Тилігульського лиману досягає 300 км [1].

Тепле море, лікувальні грязі, мінеральні води, морські пляжі створюють винятково високий рекреаційний потенціал Одещини. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні розташовані високоцінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне значення [1].

Одеська область відрізняється багатством видового різноманіття диких тварин, що обумовлено різноманітністю кліматичних, геоморфологічних і екологічних умов. Завдяки багатству водних об'єктів область займає друге місце в Україні за обсягами вилову риби та морепродуктів і є

найперспективнішим та найважливішим рибогосподарським регіоном держави [1].

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) Одеської області станом на 01.01.2019 р. має в своєму складі 123 об'єкта, з них 16 об'єктів загальнодержавного значення, та 107 об'єктів – місцевого значення. Загальна площа об'єктів ПЗФ становить 159974,1992 га. З урахуванням того, що 12 об'єктів загальною площею 9133,25 га знаходяться у складі природно-заповідних територій, фактично займана ПЗФ площа в області становить 150840,9492 га. Відношення площі ПЗФ до площі Одеської області («показник заповідності») становить 4,5 % [1].

Одеська область є частиною морського фасаду України. Вона розташована на перетинанні найважливіших міжнародних водних шляхів: Дунайський водний шлях після завершення будівництва в 1992 р. каналу Дунай-Майн-Рейн є найкоротшим виходом із країн Європи в Чорне море, далі – у Закавказзя, Середню Азію, на Близький Схід; р. Дністер зв'язує регіон з Молдовою, р. Дніпро – з Центральною Україною і Білоруссю, а після завершення реконструкції Дніпровсько-Бузького і Дніпровсько-Неманського каналів – з Польщею і країнами Балтії. Волго-Донська система зв'язує Азово-Чорноморський басейн із Росією (аж до Санкт-Петербурга і Мурманська), Казахстаном, Туркменістаном, Азербайджаном, Іраном, забезпечуючи виходи до Каспійського, Балтійського і Білого морів [1].

Одеса – місто обласного підпорядкування на чорноморському узбережжі України; культурний, освітньо-науковий, туристичний і торговий осередок країни; найбільший морський торговий порт держави; великий автомобільний і залізничний вузол. За чисельністю населення м. Одеса є третім в Україні містом після Києва і Харкова [3].

Одеса розташована на північно-західному узбережжі Чорного моря, на перетині шляхів з Північної та Центральної Європи на Близький Схід та в Азію, у центрі Одеської області між Біляївським, Овідіопольським і

Лиманським районами. Площа міста – 162,42 км<sup>2</sup>. Поблизу міста наявні три великих лимани: Куяльницький, Хаджибейський і Сухий [3].

Місто Одеса розташоване на відстані близько 39 км від кордону з Молдовою. Одеса розташована у Причорноморській низовині. Середня висота міста над рівнем моря – 50 м [3].

Клімат Одеси відноситься до клімату степів, який характеризується перевагою літніх опадів, достатньо теплою зимою і спекотним літом. Це обумовлюється впливом Чорного моря і специфічними циркуляційними умовами [4].

Режим вітру визначається особливостями циркуляційних процесів. Саме вони визначають кліматичні характеристики вітру [4]. У табл. 1.1 – 1.2 наведені характеристики вітрового режиму в Одесі.

Таблиця 1.1 – Повторюваність (%) напрямків вітру й штилів [4]

Сезон	Пн	ПнС	С	Пдс	Пд	ПдЗ	З	Пнз	Штиль
<i>Одеса, обсерваторія</i>									
Зима	18	15	12	6	9	11	13	16	1
Весна	17	12	9	9	19	12	9	13	1
Літо	20	9	5	7	15	12	12	20	2
Осінь	16	13	13	9	12	11	11	15	1
Рік	18	12	10	8	14	11	11	16	1
<i>Одеса, порт</i>									
Зима	15	15	11	11	10	8	11	19	4
Весна	11	12	8	21	16	6	8	18	6
Літо	13	6	4	16	14	8	11	28	6
Осінь	13	14	10	14	13	8	9	19	4
Рік	13	12	10	15	13	8	10	21	5

Таблиця 1.2 – Характеристики швидкості вітру (м/с) [4]

Станція	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Одеса, обсерв.	6,2	6,1	6,2	5,2	4,7	4,4	4,2	4,2	4,6	5,6	6,3	5,5	5,4
Одеса, порт	6,4	6,2	6,4	5,4	5,2	4,9	4,7	4,7	5,1	6,0	6,7	6,7	5,6

Штилі в Одесі протягом року спостерігаються відносно рідко, що пояснюється впливом моря, яке підтримує постійний контраст температури і градієнт тиску [4].

В Одесі широко розвинутою є бризова циркуляція. Дослідження властивостей бризів свідчить про те, що вони є фактором, який формує місцевий клімат прибережної зони. Бризова циркуляція в значній мірі обумовлює стан забруднення атмосферного повітря міста. Дані, наведені в табл. 1.3, дозволяють виділити бризові (квітень – вересень) та безбризові (жовтень – березень) періоди [4].

Таблиця 1.3 – Річний хід повторюваності (%) й число днів із бризами [4]

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Повторюваність, %	6	8	14	28	36	35	40	41	39	17	8	4	
Число днів із бризами			2	5	7	10,5	14	10,5	7	2			58
Число днів із бризами (макс.)			4	8	13	16	19	15	9	6			78
Число днів із бризами (мін.)				1	2	3	7	7	5				50

Повторюваність морських вітрів у бризовий і безбризовий періоди майже однакова. У жовтні – березні повторюваність східних, південно-східних й південних вітрів складає 34 %, а в квітні – вересні – 42 %. Інтенсивність бризу суттєво залежить від відстані до берега. Бризи суттєво впливають на погоду. Періодичні зміни напрямку вітру при



бризах супроводжується добовим ходом температури і вологості повітря. Це пояснюється тим, що бризи супроводжуються адвекцією тепла і вологи, обумовленої переносом з моря чи з берега [4].

Середньомісячна температура 0 °С і нижче в Одесі може спостерігатися з листопада по березень. Найбільш холодними місяцями є січень і лютий. Середньомісячна температура 20 °С і вище можлива з червня по вересень (її забезпеченість у червні складає 45 %, у вересні – 6 %). Температура 25 °С і вище може спостерігатися протягом всіх літніх місяців [4].

Велику роль у формуванні рівня забруднення атмосфери протягом року відіграють приземні та піднесені інверсії температури. Повторюваність приземних інверсій максимальна влітку в нічні часи (87 %). Взимку підвищена повторюваність піднесених інверсій (до 68 %). Під ними накопичується забруднене повітря, і місто опиняється як під «шапкою», зачинене для надходження чистого повітря [4].

Парціальний тиск водяної пари (табл. 1.4) у середньому відповідає температурі повітря. Чим більшою є температура повітря, тим більше водяної пари може в ньому знаходитися. Річна амплітуда середнього місячного парціального тиску водяної пари складає 12,2 гПа, змінюючись від 4,9 гПа взимку до 17,1 гПа влітку.

Таблиця 1.4 – Середній місячний парціальний тиск (гПа) водяної пари на різних відстанях від моря [4]

<b>Метеорологічна станція</b>	<b>Відстань</b>	<b>I</b>	<b>VII</b>	<b>Рік</b>
Одеса, порт		5,1	18,0	10,9
Одеса, обсерваторія	50 м	4,9	17,1	10,3
Одеса, агро	7 км	4,8	16,2	9,9
Роздільна	80 км	4,6	15,4	9,4

У середньому за рік у районі м. Одеса спостерігається 50 – 60 днів з туманами, а максимум їх не перебільшує 90 днів [4].

Загальна закономірність просторового розподілення річних і місячних сум опадів (за теплий період) полягає у поступовому збільшенні їх від прибережних районів міста до більш континентальних [4]. У табл. 1.5 наведено характеристики розподілу сум опадів у м. Одеса.

Таблиця 1.5 – Суми опадів (мм) на метеорологічних станціях м. Одеса [4]

Станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI-III	IV-X	Рік
Хол. балка	30	27	22	27	36	50	37	33	29	37	35	33	147	249	396
Куяльник	27	24	20	25	33	46	34	30	27	34	32	30	133	229	362
Усатове	27	24	22	30	38	60	48	44	30	40	37	35	145	290	435
Одеса-порт	28	26	20	26	33	43	31	34	26	33	33	34	141	226	367
Одеса обсерв.	28	25	21	26	3	47	35	31	28	35	33	31	138	236	374
Сух. лиман	28	25	21	25	33	46	35	31	27	35	32	31	137	232	369
Чорноморка	28	25	21	26	34	48	35	31	28	35	33	31	138	237	375

Опади бувають тверді, рідинні та змішані. Суми цих видів опадів (у % від їхньої загальної кількості) наведено у табл. 1.6 [4].

Таблиця 1.6 – Види опадів і їх річні суми [4]

Види опадів	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Тверді	38	23	14	1							1	21	8
Рідинні	44	37	56	90	100	100	100	100	100	100	94	60	84
Змішанні	18	40	30	9							5	19	8

На території м. Одеса рідинні опади випадають протягом року й складають 84 %. З листопада по квітень можливе випадіння змішаних та твердих опадів. Максимальна частина твердих опадів приходить на січень [4].

## 1.2 Стан забруднення повітряного басейну

Станом на 1.01.2019 р., загальна кількість підприємств, що у процесі діяльності впливають на стан атмосферного повітря складає понад 3000 суб'єктів господарювання. Найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря мають підприємства, які виробляють та розподіляють, електроенергію, газ та воду (54 %), підприємства, які займаються наземним і трубопровідним транспортом (8 %), підприємства по виробництву харчових продуктів (8 %) [1]. Проте переважними джерелами викидів ЗР в атмосферне повітря в регіоні і в м. Одеса є пересувні джерела. На рис. 1.1 наведено відомості щодо обсягів викидів ЗР від стаціонарних і пересувних джерел. Як видно, обсяги викидів від пересувних джерел по області складають 75 % і більше. Така ж ситуація відзначається і для м. Одеса.

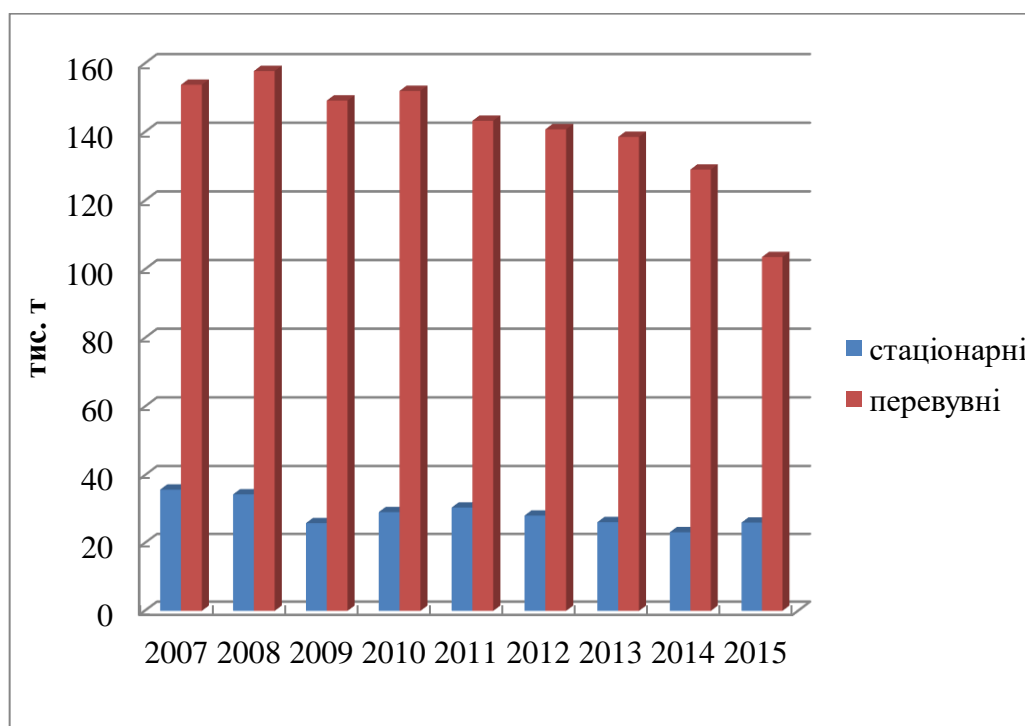


Рис. 1.1 – Динаміка викидів ЗР в атмосферне повітря Одеської області [5, 6]

Якщо розглядати викиди від стаціонарних джерел по області в цілому (рис. 1.2), то м. Одеса за обсягами посідає перше місце серед інших міст регіону (більше 40 % від загальних викидів по області). Причому загальні обсяги викидів ЗР щорічно збільшуються, в першу чергу, за рахунок збільшення викидів у м. Одеса.

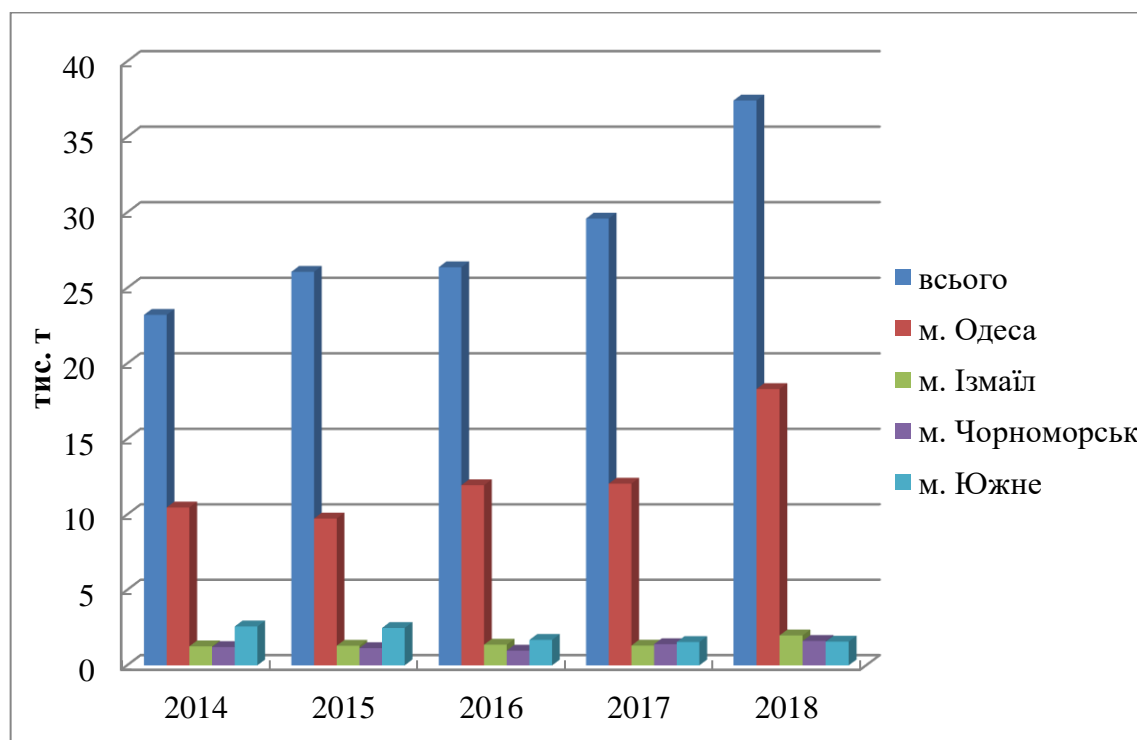


Рис. 1.2 – Обсяги викидів ЗР від стаціонарних джерел по містах Одеської області [1]

Також слід відзначити, що в останні роки за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського м. Одеса за значенням індексу забруднення атмосфери (*ІЗА*) входить до переліку найбільш забруднених міст України: 2016 р. – 3 місце, 2017 р. – 4 місце, 2018 – 2019 рр. – 3 місце (рис. 1.3).

Цікавим також є аналіз динаміки викидів основних ЗР. На рис. 1.4 наведено відомості щодо обсягів викидів основних ЗР від стаціонарних джерел за багаторічний період.

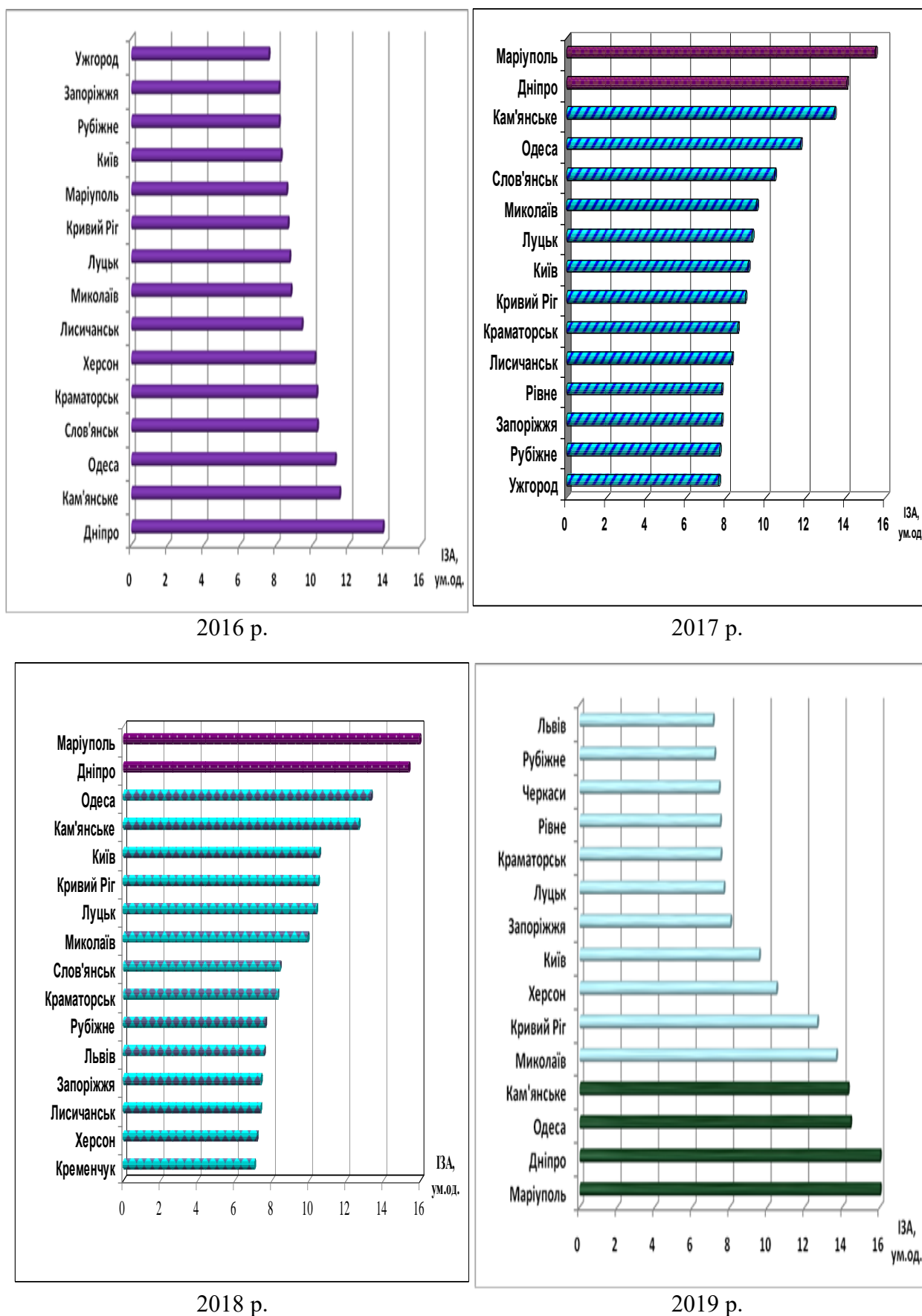


Рис. 1.3 – Значення ІЗА в найбільш забруднених містах України у 2016 – 2019 рр. [7 – 10]

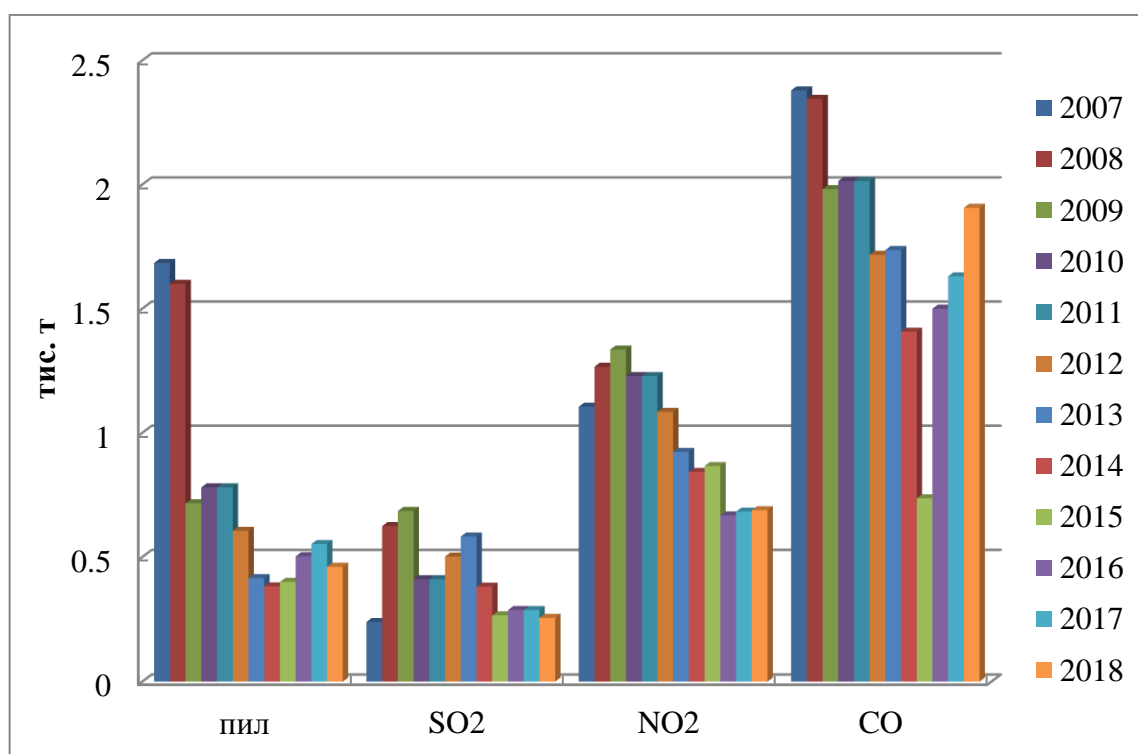


Рис. 1.4 – Обсяги викидів основних ЗР від стаціонарних джерел у м. Одеса  
[1, 11, 12]

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.

## 2 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ОДЕСА

### 2.1 Коротка характеристика мережі спостережень за забрудненням атмосфери

В м. Одеса організація мережі спостережень за забрудненням атмосфери почалася в 1974 р., а в 1975 р. уже були встановлені і введені в дію 7 стаціонарних пунктів спостережень за забрудненням атмосфери (ПСЗ) типу «ПОСТ-1». На рис. 2.1 наведено карту-схему розташування пунктів спостереження за рівнем забруднення атмосфери м. Одеса. Як видно з наведеного рисунка, найбільша кількість ПСЗ розташована в центральній частині міста, і зовсім відсутні виміри в таких районах як житлові масиви Таїрово і Котовський. Слід зазначити, що основний промисловий майданчик м. Одеса розташований на північ і північно-західніше від центра міста (район Пересипу і Слободки). Навпаки, у південному і південно-східному районах міста джерела промислового забруднення атмосфери практично відсутні. Тут переважають неорганізовані викиди, пов'язані, в першу чергу, з функціонуванням автотранспорту [13].

ПСЗ № 8 розташований на Французькому бульварі, на території Гідрометеорологічного центру Чорного й Азовського морів. Це прибережна курортна зона міста, де крім окремих невеликих котельнь і незначної кількості автотранспорту практично відсутні джерела забруднення атмосфери [13].

У листопаді 1981 р. в промисловій зоні міста (вул. Чорноморського козацтва) відкритий ПСЗ № 10, який знаходиться поруч з великою транспортною артерією. З північної та південної сторони від нього розташовані різноманітні промислові підприємства [13].

ПСЗ № 15 знаходиться також у північній частині від центра міста

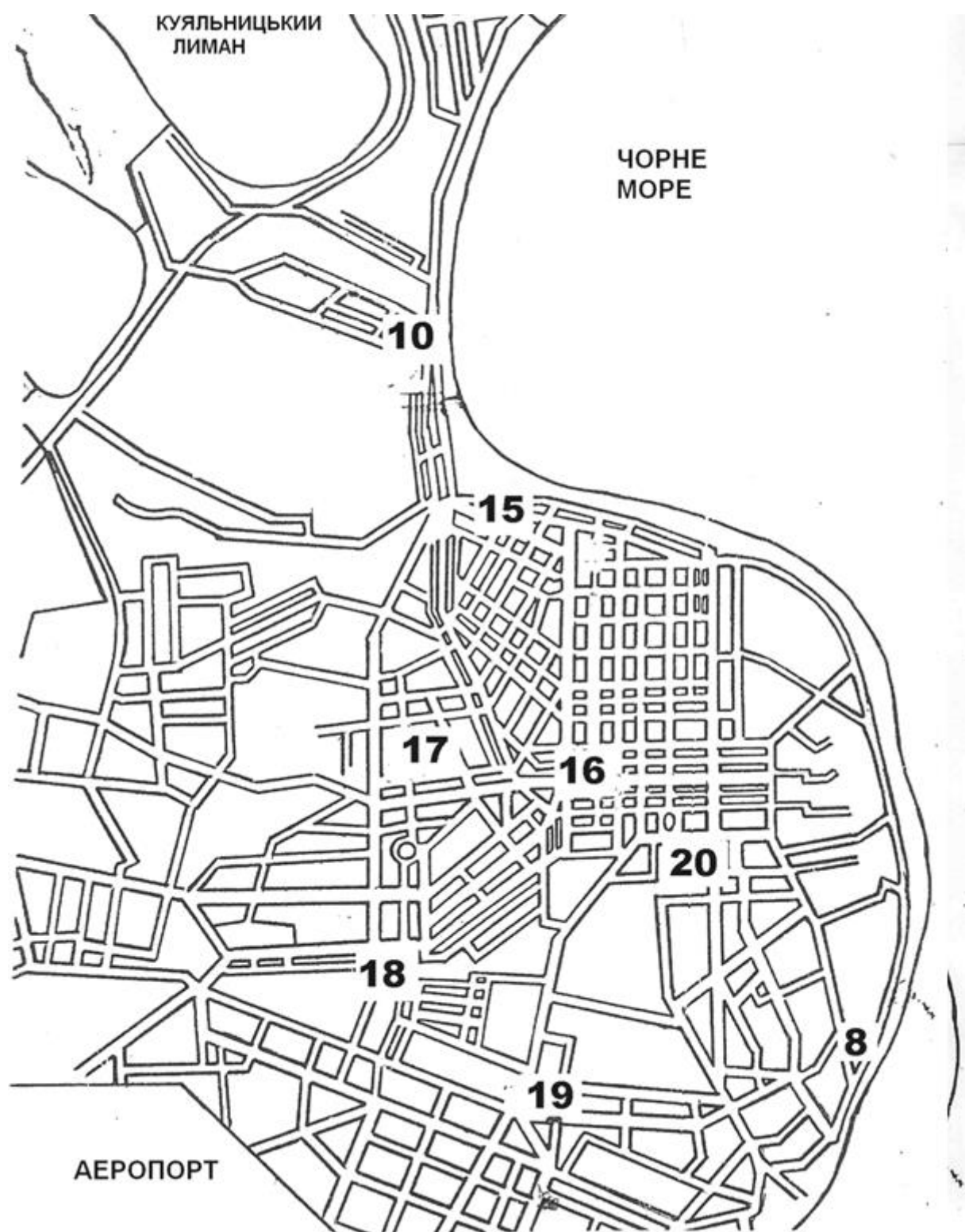


Рис. 2.1 – Карта-схема розташування ПСЗ по території м. Одеса [13]

(Херсонський сквер), але ближче до промислової зони. На північ і північний схід від нього розташовані також крупні промислові підприємства [13].

У центрі міста був установлений ПСЗ № 16. У жовтні 1981 р. він був перенесений на Олександрівський проспект – кут вул. Велика Арнаутська,



що на даний час є великою транспортною артерією міста [13].

ПСЗ № 17 розташували на правому крутому схилі водяної балки. З вересня 1981 р. він був перенесений і встановлений безпосередньо на території автовокзалу. У цьому районі знаходяться житлові квартали, на південь і захід від нього знаходиться велика кількість промислових підприємств. Поблизу розташовані вул. Балківська, Разумовська, Бугайовська, що характеризуються інтенсивним рухом вантажного автотранспорту [13].

ПСЗ № 18 був розміщений на захід від центральної частини міста у його промисловій зоні у безпосередній близькості від залізничної станції Одеса-Товарна. У грудні 1981 р. він перенесений на вул. Балківську – одну з головних транспортних магістралей міста [13].

На перехресті вул. Люстдорфська дорога й Адміральського проспекту встановлений ПСЗ № 19, що у грудні 1981 р. був перенесений на іншу сторону вул. Люстдорфська дорога на кілька десятків метрів далі від проїжджої частини. Автомагістралі, поблизу яких розташований цей пункт спостережень, з'єднують місто з його південною і південно-західною частиною, а також з м. Чорноморськ, і відрізняються великою інтенсивністю вантажного потоку. На північний захід від ПСЗ знаходиться декілька промислових підприємств.

Місце розташування ПСЗ № 20 знаходиться на перетині Італійського бульвару і вул. Канатної. Це район житлових кварталів і транспортної розв'язки з інтенсивним рухом, особливо в «годину пік». Пункт встановлений в січні 1982 р. У південно-західному напрямку від нього знаходяться залізнична станція Одеса-Головна, ряд крупних промислових підприємств.

Таким чином, у даний час на території м. Одеса функціонують 8 стаціонарних ПСЗ. На кожному пункті спостережень щодня, крім недільних і святкових днів, проводиться відбір проб повітря і визначення концентрацій широкого переліку інгредієнтів. Одночасно проводяться спостереження за

метеорологічними параметрами, а саме температура повітря, напрямок і швидкість вітру, відносна вологість і атмосферні явища.

Також, спостереження за якістю атмосферного повітря м. Одеса періодично виконуються муніципальною екологічною пересувною лабораторією комунального підприємства «Муніципальний центр екологічної безпеки», яка підпорядковується Департаменту екології та розвитку рекреаційних зон Одеської міської ради. Спостереження здійснюються у затверджених точках контролю за восьма інгредієнтами: діоксид азоту, оксид вуглецю, озон, аміак, пил, сірководень, діоксид сірки і сума вуглеводнів [14].

Слід відзначити, що з травня 2019 р. в ОДЕКУ за адресою вул. Львівська, 15 проводяться безперервні спостереження за окремими показниками якості атмосферного повітря і метеопараметрами з використанням перетворювача якості повітря (Air Quality Transmitter) AQT420 фірми Vaisala Oyj (Фінляндська Республіка), який придбано ОДЕКУ в 2018 р. за міжнародним проектом Erasmus+ 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SVNE-JP (ECOIMPACT) (<http://e-impact.net/uk/>).

## **2.2 Аналіз динаміки забруднення атмосфери пилом**

На даний час до основних ЗР атмосферного повітря відносяться пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю. Також до цього переліку рекомендовано відносити і формальдегід.

Нами для аналізу просторово-часової динаміки зміни концентрацій основних ЗР по місту були використані дані щоденних спостережень на мережі стаціонарних ПСЗ за 2007, 2012 і 2017 рр.

На рис. 2.2 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій пилу. Спостереження за вмістом пилу в атмосферному повітрі м. Одеса

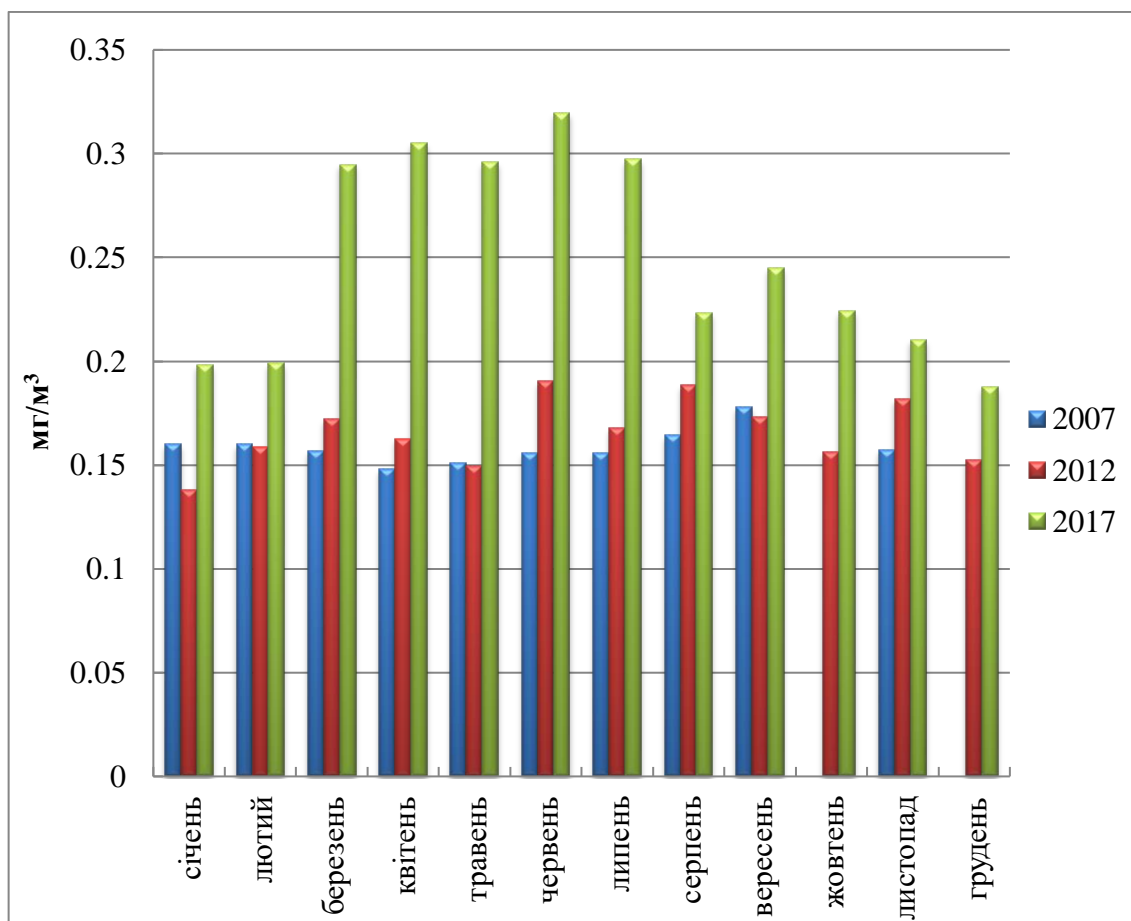


Рис. 2.2 – Річний хід зміни концентрацій пилу в атмосферному повітрі м. Одеса

проводяться на усіх ПСЗ.

З наведеного рисунку видно, що відзначається тенденція збільшення вмісту пилу в атмосферному повітрі у весняно-літній період. Слід відзначити суттєве збільшення концентрацій у 2017 р. порівняно з попередніми роками.

Було проаналізовано просторовий розподіл пилу по території міста в окремі роки (рис. 2.3). Аналіз представлених полів концентрацій показує, що у 2007 і 2012 р. розподіл вмісту пилу по території міста характеризувався схожими тенденціями. Найбільш чистою є прибережна зона міста (район розташування ПСЗ № 8). Збільшення концентрацій пилу відзначалось у північно-західному напрямку. Найбільш забрудненими були промислова і центральна частина міста. При цьому середньорічний вміст пилу по територій міста змінювався незначно. У 2017 р. ситуація змінилась. Так,

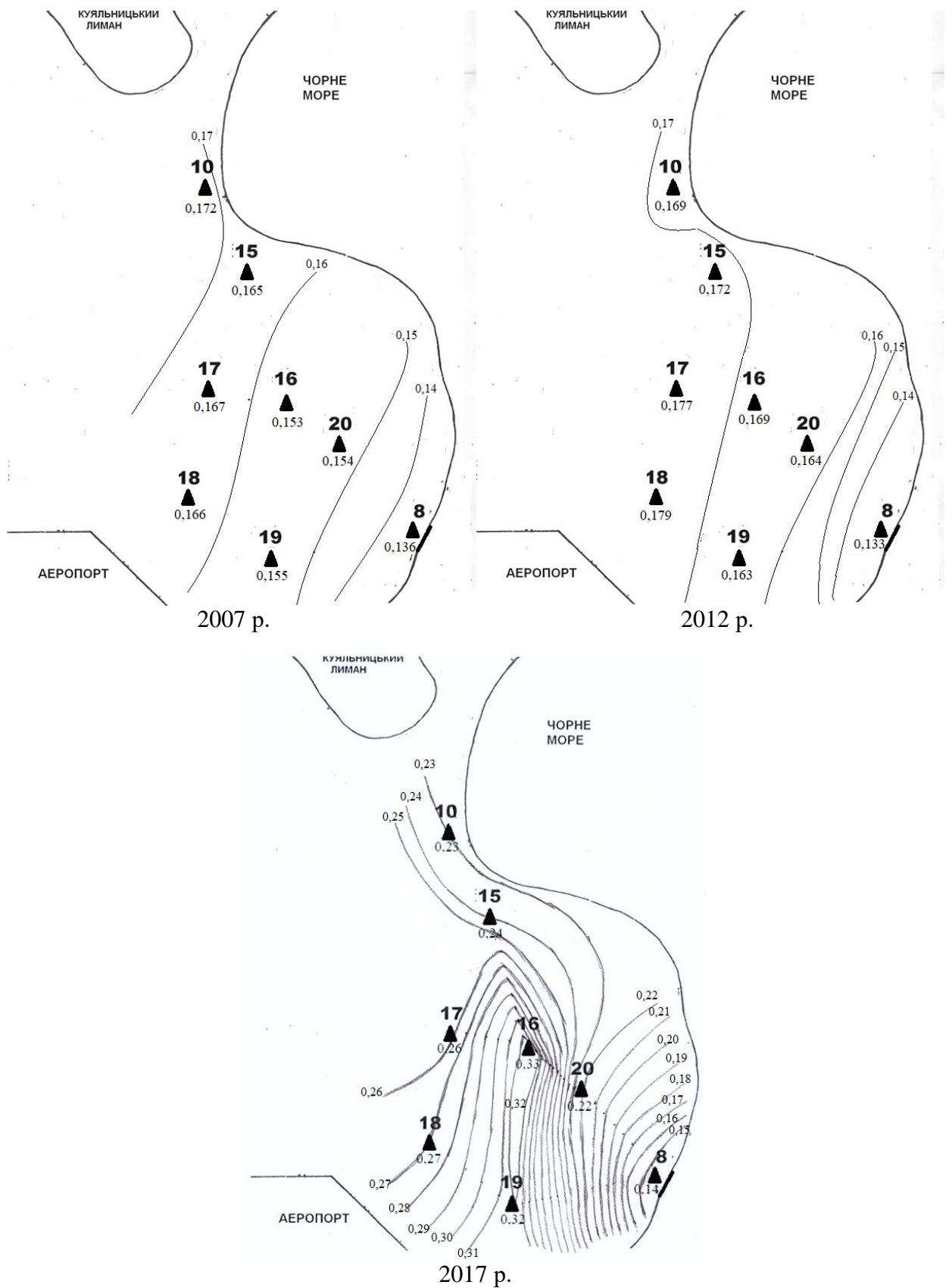


Рис. 2.3 – Поле концентрацій пилу по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

найбільш чистою залишилась прибережна зона міста. Проте максимальні концентрації пилу відзначались саме у центральній частині міста (район розташування ПСЗ № 16 та ін.). Значення концентрацій пилу по місту суттєво коливались, що знайшло відображення при побудові ізоліній. Середньорічний вміст у прибережній зоні в 2 рази менше рівня забруднення в центральній частині міста.

Цікавим також є аналіз сезонного ходу концентрацій по окремих постах міста (рис. 2.4 – 2.6).

У 2007 р. (рис. 2.4) відзначалось поступове зменшення концентрацій пилу на ПСЗ № 8 на протязі року. На більшості пунктів спостережень (№№ 10, 15, 19, 20) відзначалось незначне підвищення концентрацій у літньо-осінній період.

У 2012 р. в окремі місяці року на окремих ПСЗ були відсутні спостереження (рис. 2.5). За наявними даними відзначалось збільшення концентрацій пилу у весняно-літній період на ПСЗ № 8 і в літньо-осінній період на ПСЗ №№ 10, 15, 17, 18, 19.

У 2017 р. (рис. 2.6) відзначено збільшення концентрацій пилу у весняно-літній період майже на всіх пунктах спостережень міста.

В цілому аналіз показав, що збільшення вмісту пилу в атмосферному повітрі м. Одеса відзначається на протязі весни – осені, особливо в літній період року. Відзначено суттєве збільшення концентрацій за 10-річний період спостережень.

### **2.3 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом сірки**

Як і за вмістом пилу, спостереження за вмістом діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Одеса проводяться на усіх ПСЗ.

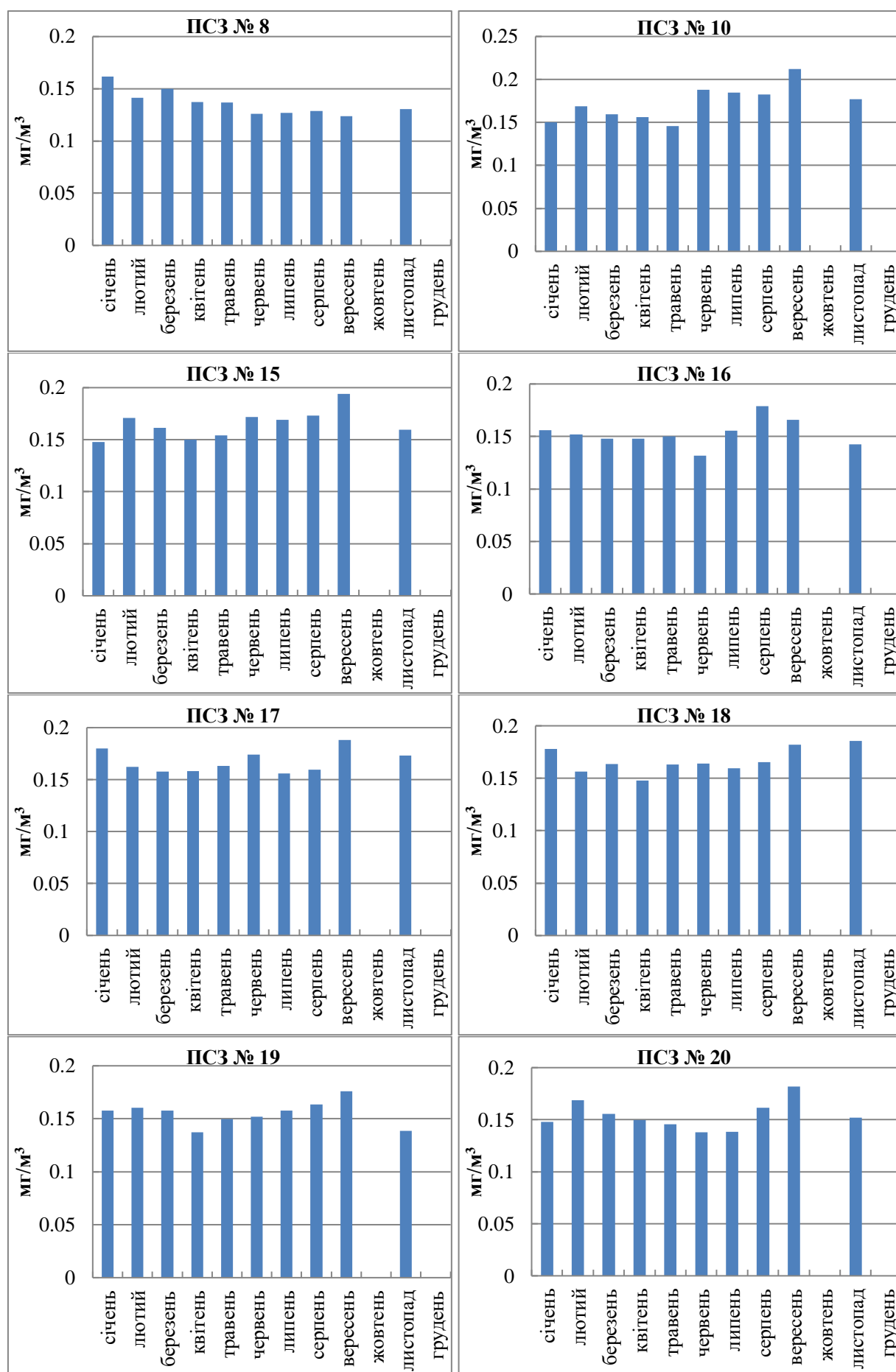


Рис. 2.4 – Сезонний хід концентрацій пилу по ПСЗ м. Одеса у 2007 р.

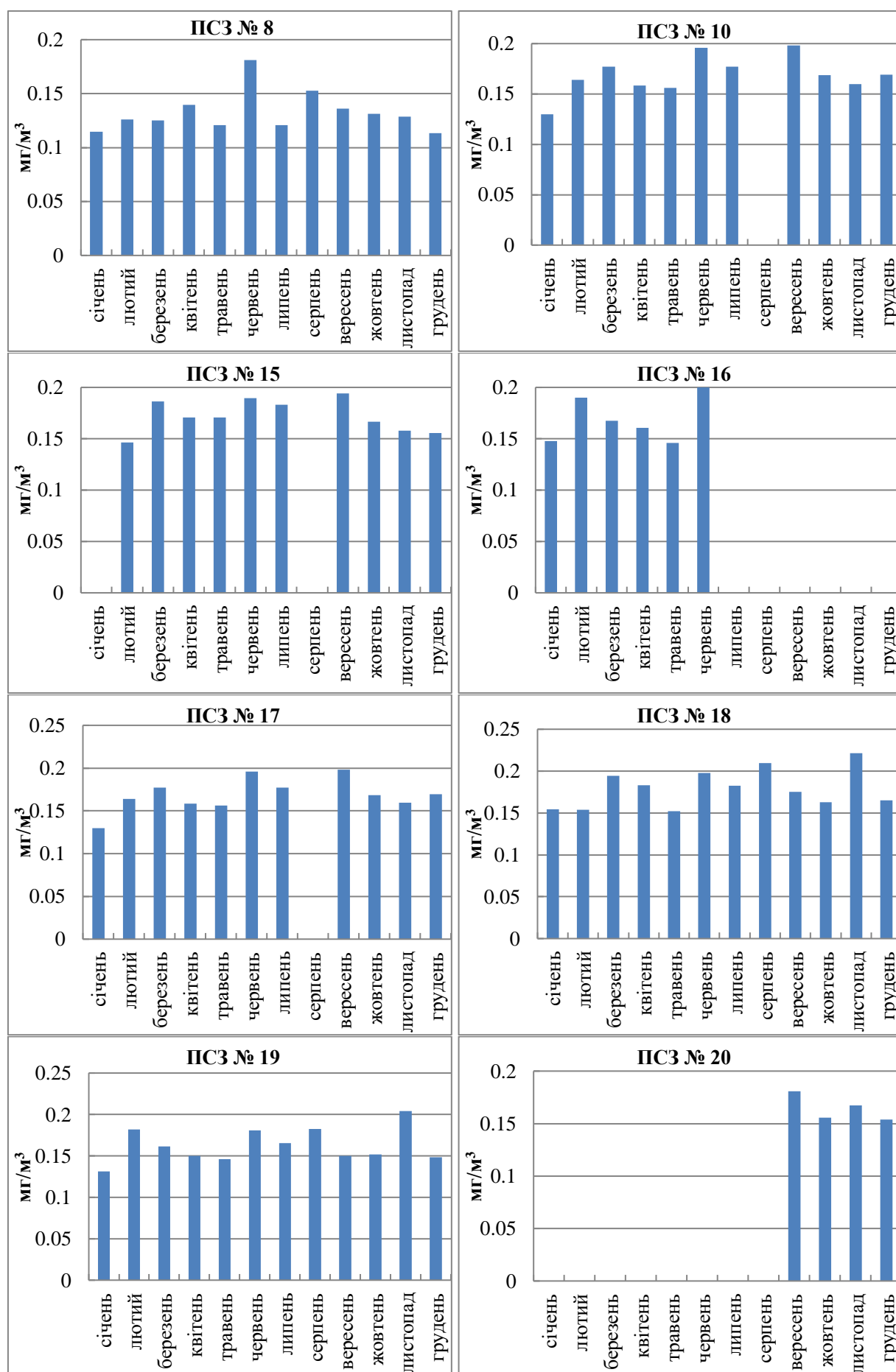


Рис. 2.5 – Сезонний хід концентрацій пилу по ПСЗ м. Одеса у 2012 р.

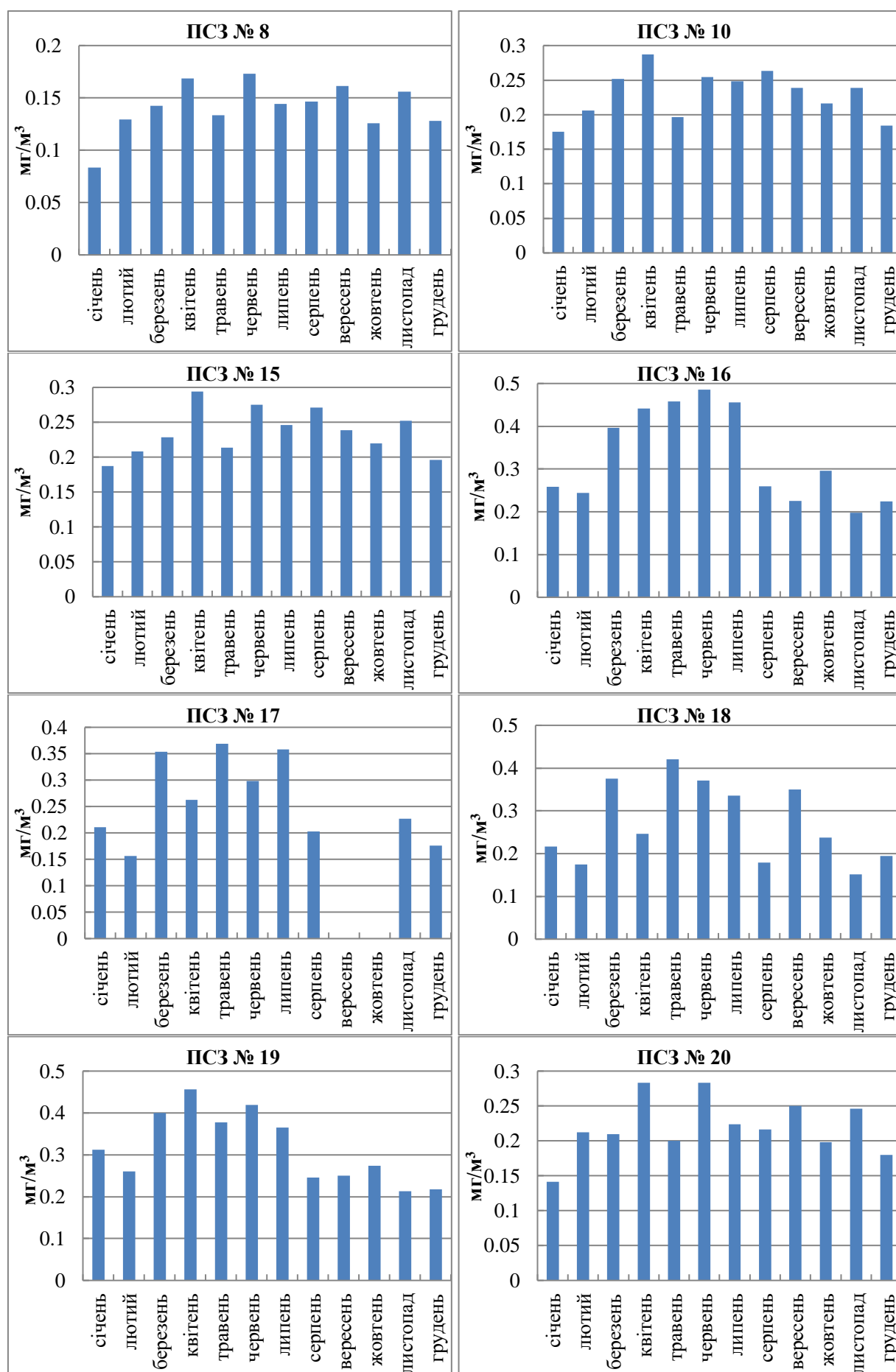


Рис. 2.6 – Сезонний хід концентрацій пилу по ПСЗ м. Одеса у 2017 р.



На рис. 2.7 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій діоксиду сірки. З рисунку видно, що у 2007 р. в цілому максимальні концентрації домішки відзначались у осінньо-зимовий період і опалювальний сезон. Хоча абсолютний максимум відзначено липні 2007 р. У 2012 і 2017 рр. підвищені концентрації діоксиду сірки відзначались у весняно-літній період, що може бут обумовлено більш інтенсивною роботою малих підприємств, і відповідно, малих котельнь. Слід відзначити суттєве зниження вмісту даної речовини в атмосферному повітрі м. Одеса з 2007 по 2017 р.

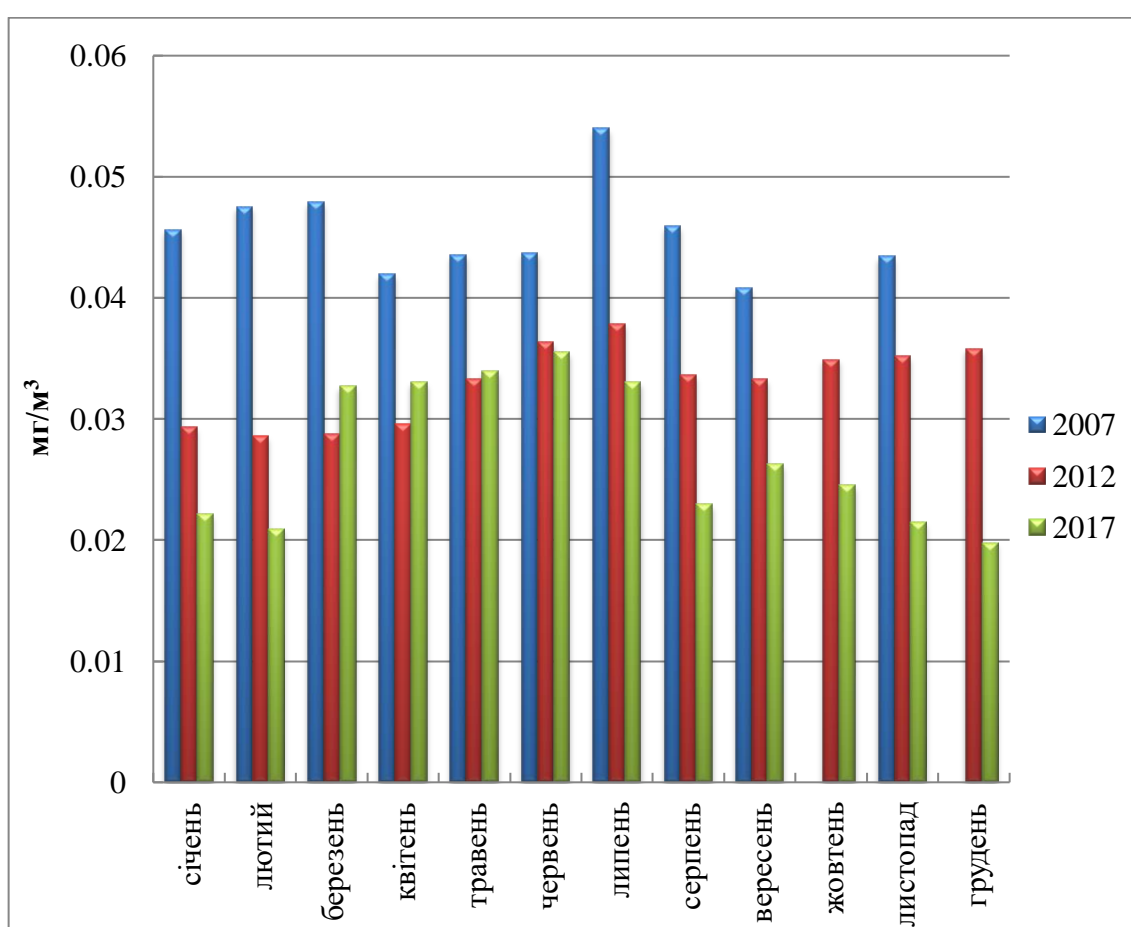


Рис. 2.7 – Річний хід зміни концентрацій діоксиду сірки в атмосферному повітрі м. Одеса

Просторовий розподіл концентрацій діоксиду сірки по території міста в окремі роки наведено на рис. 2.8. З даного рисунку видно, що у 2007 і 2012 рр. найбільш забрудненими територіями були промислова зона і західна

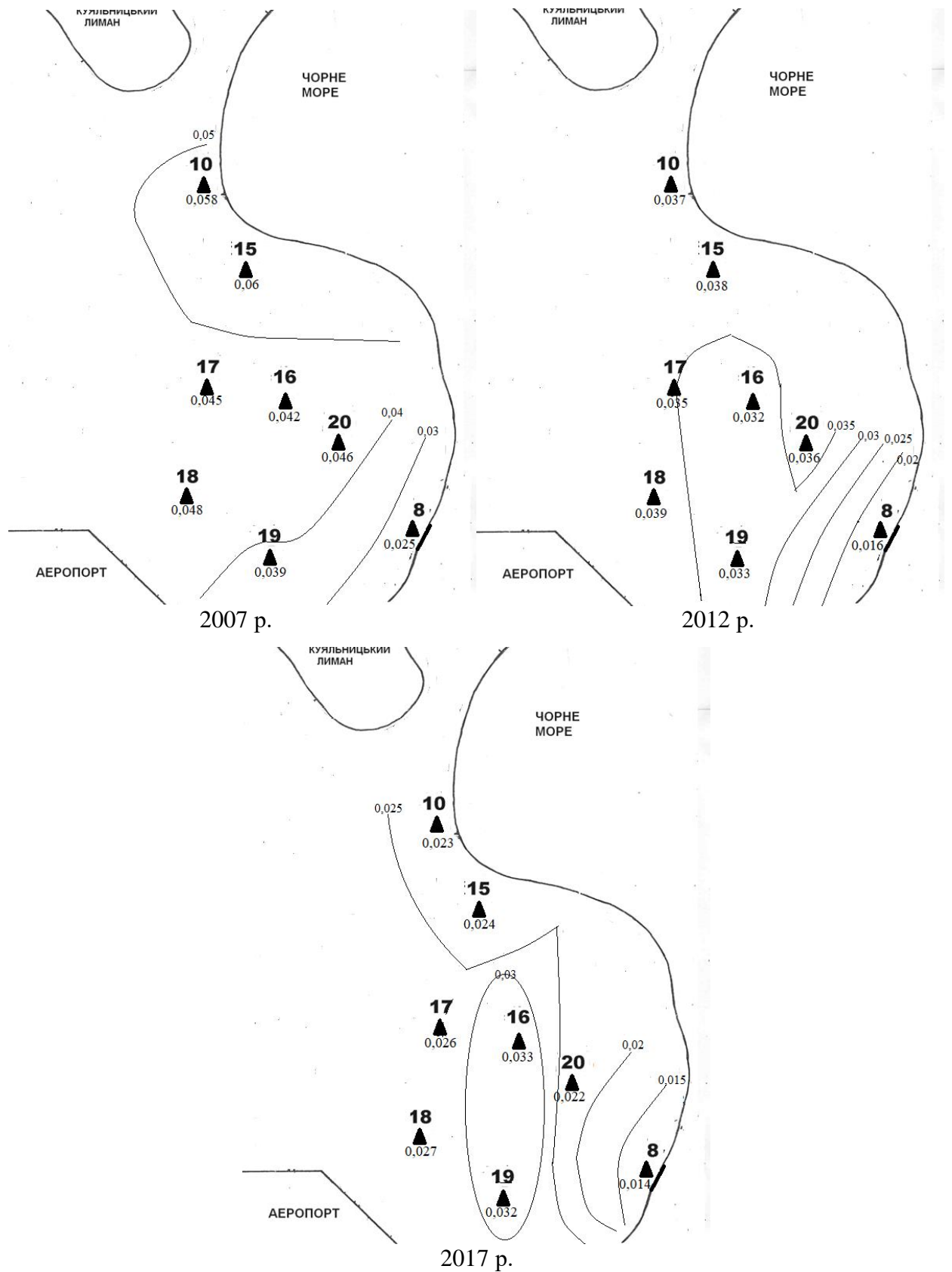


Рис. 2.8 – Поле концентрацій діоксиду сірки по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

частина міста (район інтенсивного руху автотранспорту). У 2017 р. найбільш забрудненою виявилась центральна частина міста. В цілому концентрації діоксиду сірки по території міста не зазнавали суттєвих змін за виключенням 2007 р., коли значення середньорічної концентрації коливались від 0,025 до 0,06 мг/м<sup>3</sup>.

Виконано також аналіз сезонного ходу концентрацій діоксиду сірки по окремих постах міста (рис. 2.9 – 2.11).

З рис. 2.9 видно, що у 2007 р. майже на всіх ПСЗ міста максимальні концентрації діоксиду сірки відзначались у осінньо-зимовий період (опалювальний) і в окремі місяці літнього сезону.

У 2012 р. (рис. 2.10) на окремих ПСЗ були відсутні спостереження. Підвищені концентрації діоксиду сірки переважно відзначались у літній період. Лише в районі розташування ПСЗ № 8 і № 19 відзначені більш високі концентрації даної домішки в осінньо-зимовий період. Це може бути спричинено наявністю в районах розташування вказаних ПСЗ значної кількості малих котельнь.

У 2017 р. (рис. 2.11) майже на всіх ПСЗ міста підвищений вміст діоксиду сірки відзначався у весняно-літній період (березень – липень). Більш високий вміст даної ЗР в атмосферному повітрі у березні можна пояснити різким похолоданням у 2017 р. порівняно з січнем – лютим, що призвело до інтенсифікації процесу опалювання, в т.ч. і приватних помешканнях.

Також, аналіз літературних джерел [15] показав, що одним з природних джерел діоксиду сірки в атмосферному повітрі є морські бризи і піна, що є характерним природним явищем для м. Одеса.

В цілому аналіз показав, що відзначено суттєве зменшення концентрацій діоксиду сірки у повітряному басейні м. Одеса за 10-річний період спостережень.

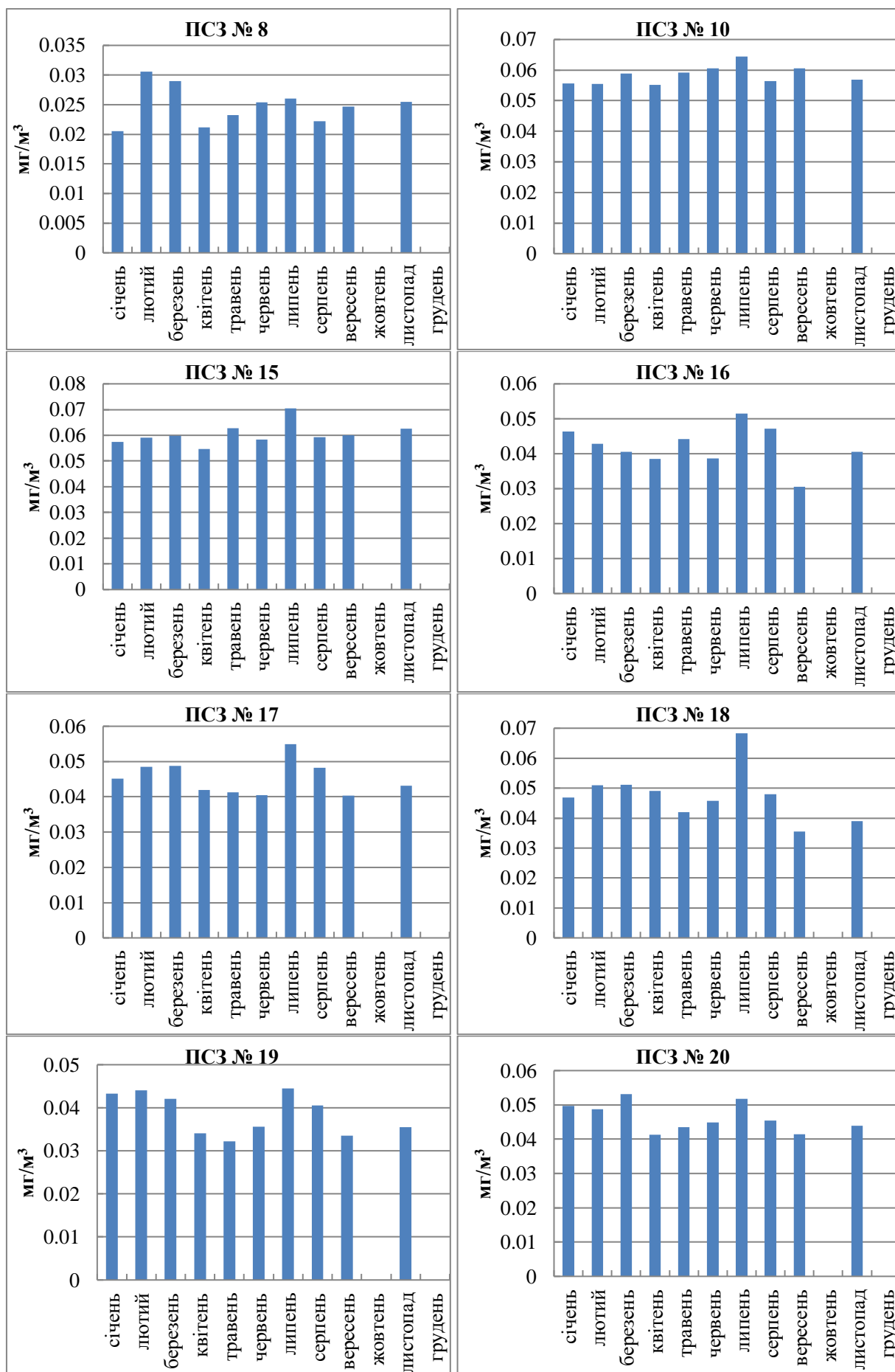


Рис. 2.9 – Сезонний хід концентрацій  $SO_2$  по ПСЗ м. Одеса у 2007 р.

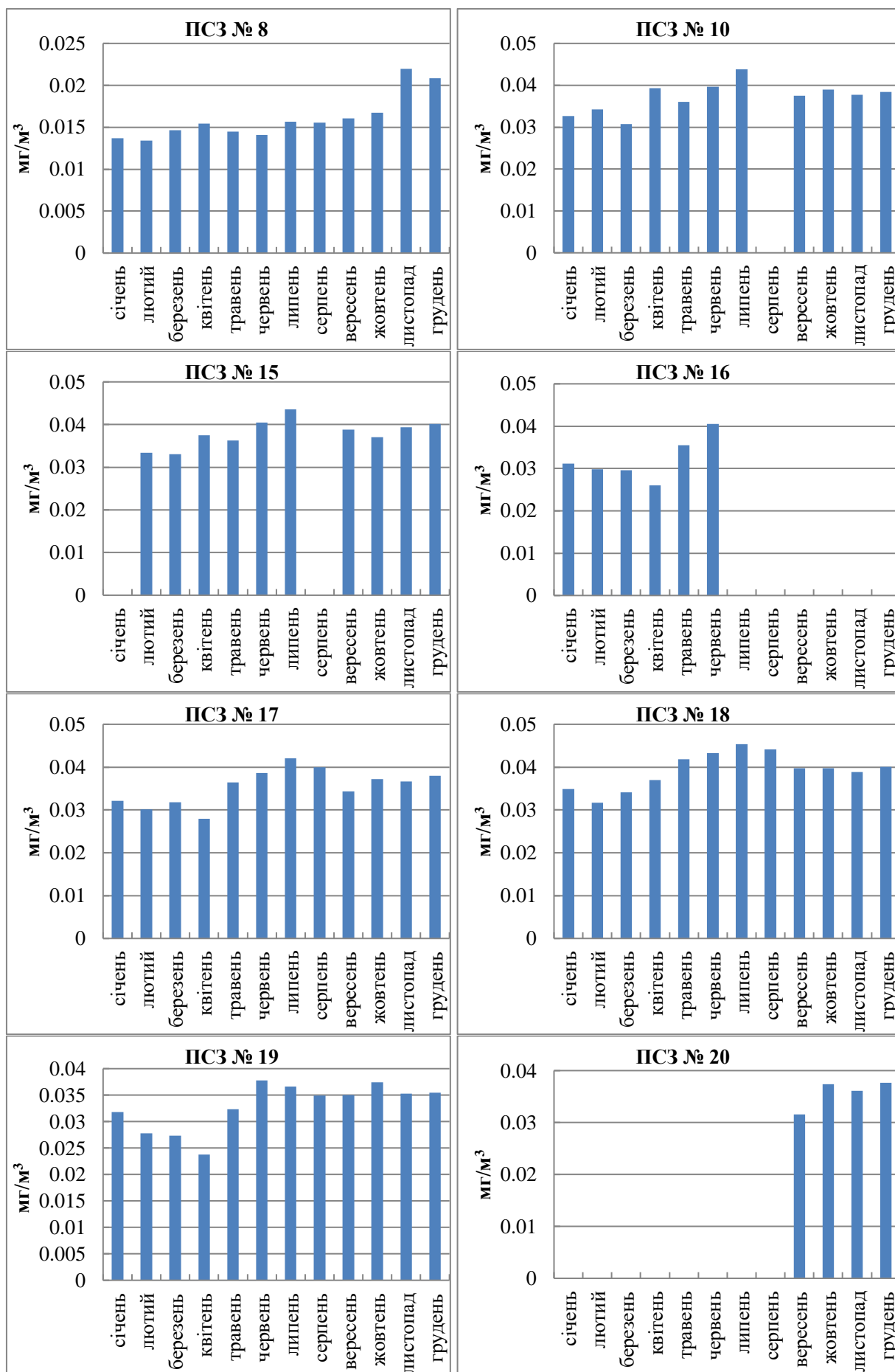


Рис. 2.10 – Сезонний хід концентрацій  $SO_2$  по ПСЗ м. Одеса у 2012 р.

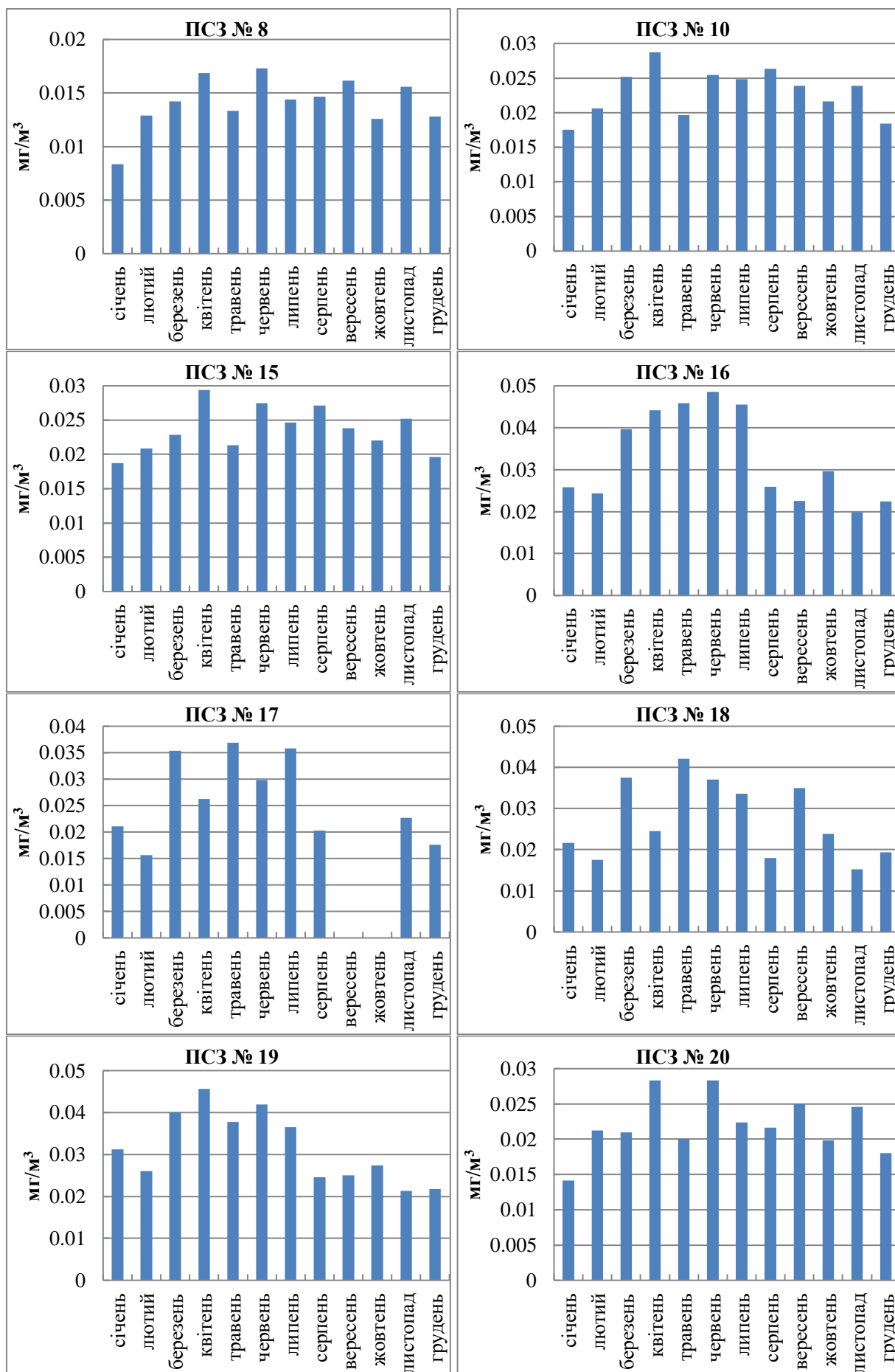


Рис. 2.11 – Сезонний хід концентрацій  $SO_2$  по ПС3 м. Одеса у 2017 р.

## 2.4 Аналіз динаміки забруднення атмосфери діоксидом азоту

Спостереження за вмістом діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Одеса проводяться на усіх ПСЗ.

На рис. 2.12 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій діоксиду азоту.

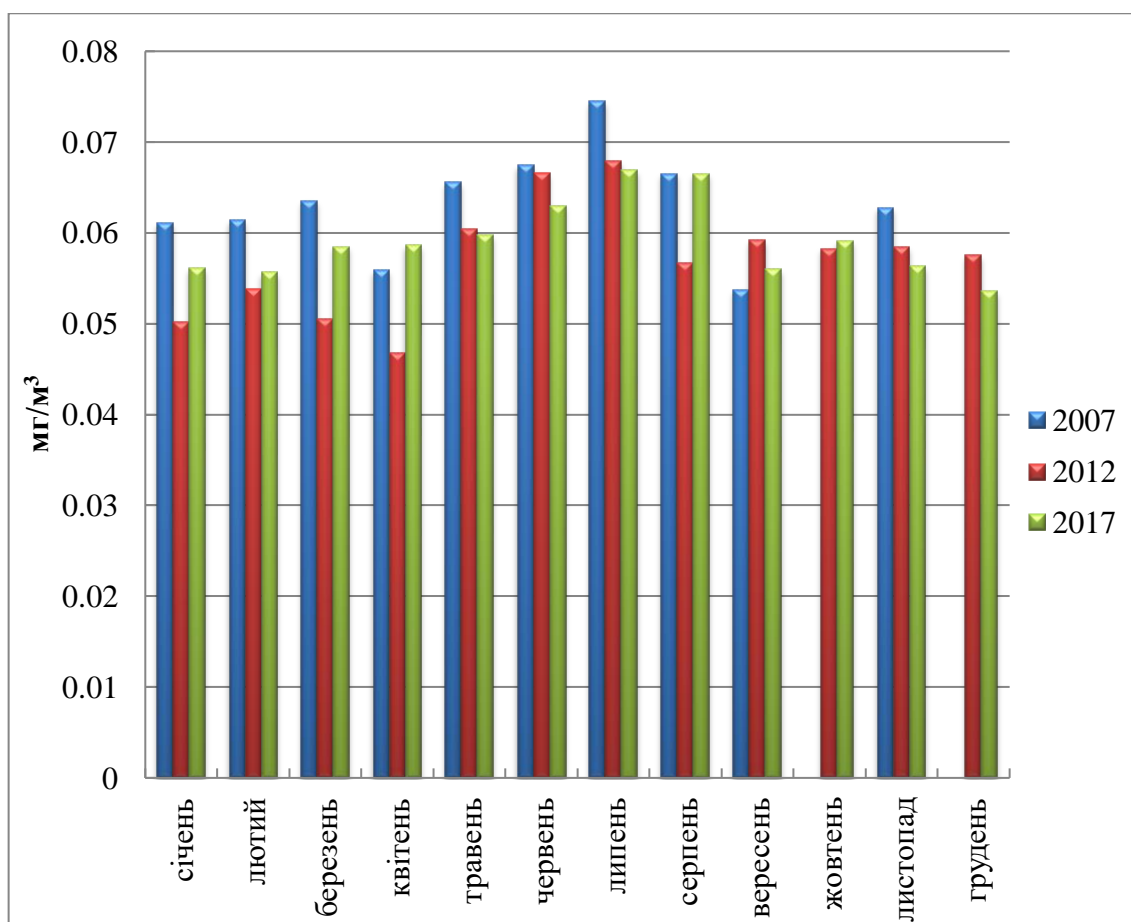


Рис. 2.12 – Річний хід зміни концентрацій діоксиду азоту в атмосферному повітрі м. Одеса

З наведеного рисунку видно, що у переважній більшості за період дослідження максимальні концентрації діоксиду азоту відзначались у 2007 р., мінімальні – у 2012 р. Підвищення вмісту вказаної ЗР відзначається у літній період року, що пов'язано з інтенсифікацією руду автотранспорту.

Відзначається незначне зменшення концентрацій діоксиду азоту з 2007 по 2017 рр.

На рис. 2.13 наведено просторовий розподіл вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі по території міста у 2007 – 2017 рр. Як видно з рисунку, у всі роки спостереження найбільш чистим районом міста є прибережна зона – район розташування ПСЗ № 8. У північно-східному напрямку відзначається різке суттєве збільшення вмісту діоксиду азоту в атмосферному повітрі (в 2 рази і більше). Зміни концентрацій по іншій території міста є несуттєвими і складають в різні роки 0,01 – 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації діоксиду азоту відзначаються переважно в районах інтенсивного руху автотранспорту.

Проаналізовано сезонний хід концентрацій діоксиду азоту по окремих ПСЗ м. Одеса (рис. 2.14 – 2.16). З представлених рисунків видно, що у всі роки майже по всіх ПСЗ міста відзначається стійка тенденція підвищення концентрацій діоксиду азоту у весняно-літній період в період інтенсифікації руху автомобільного транспорту (за виключенням ПСЗ № 8 у 2007 і 2012 рр.). Середньомісячні концентрації на протязі року не зазнавали суттєвих змін.

В цілому вміст діоксиду азоту у повітряному басейні м. Одеса можна вважати підвищеним порівняно з нормативами. Слід відзначити, що забрудненою є майже все місто за виключенням прибережної зони.

Окремі результати оцінки динаміки зміни вмісту діоксиду азоту у повітряному басейні м. Одеса за багаторічний період наведено у роботі [16].

## **2.5 Аналіз динаміки забруднення атмосфери оксидом вуглецю**

Спостереження за вмістом оксиду вуглецю, як і за домішками, проаналізованим вище, проводяться у м. Одеса на всіх ПСЗ.



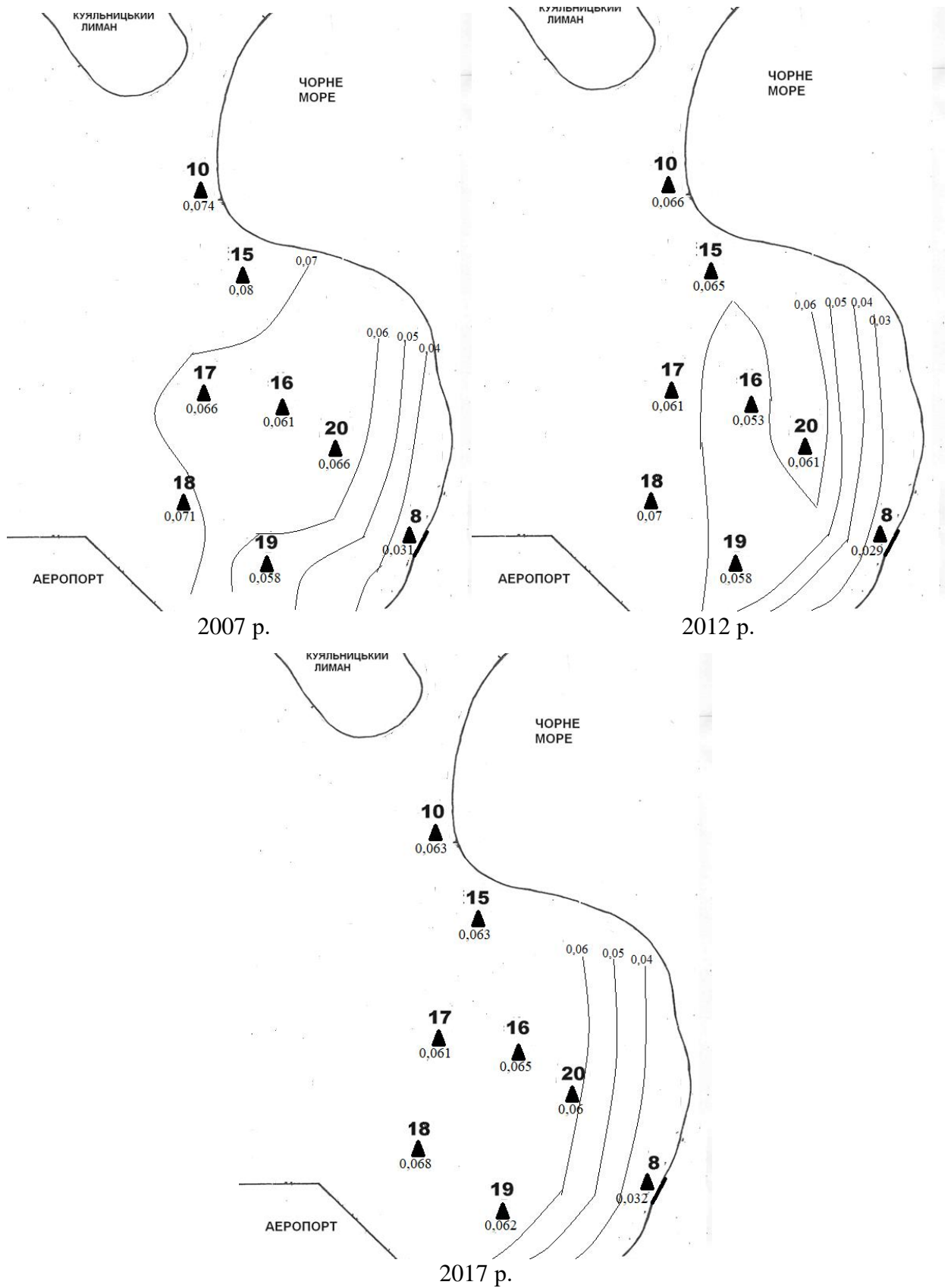


Рис. 2.13 – Поле концентрацій діоксиду азоту по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

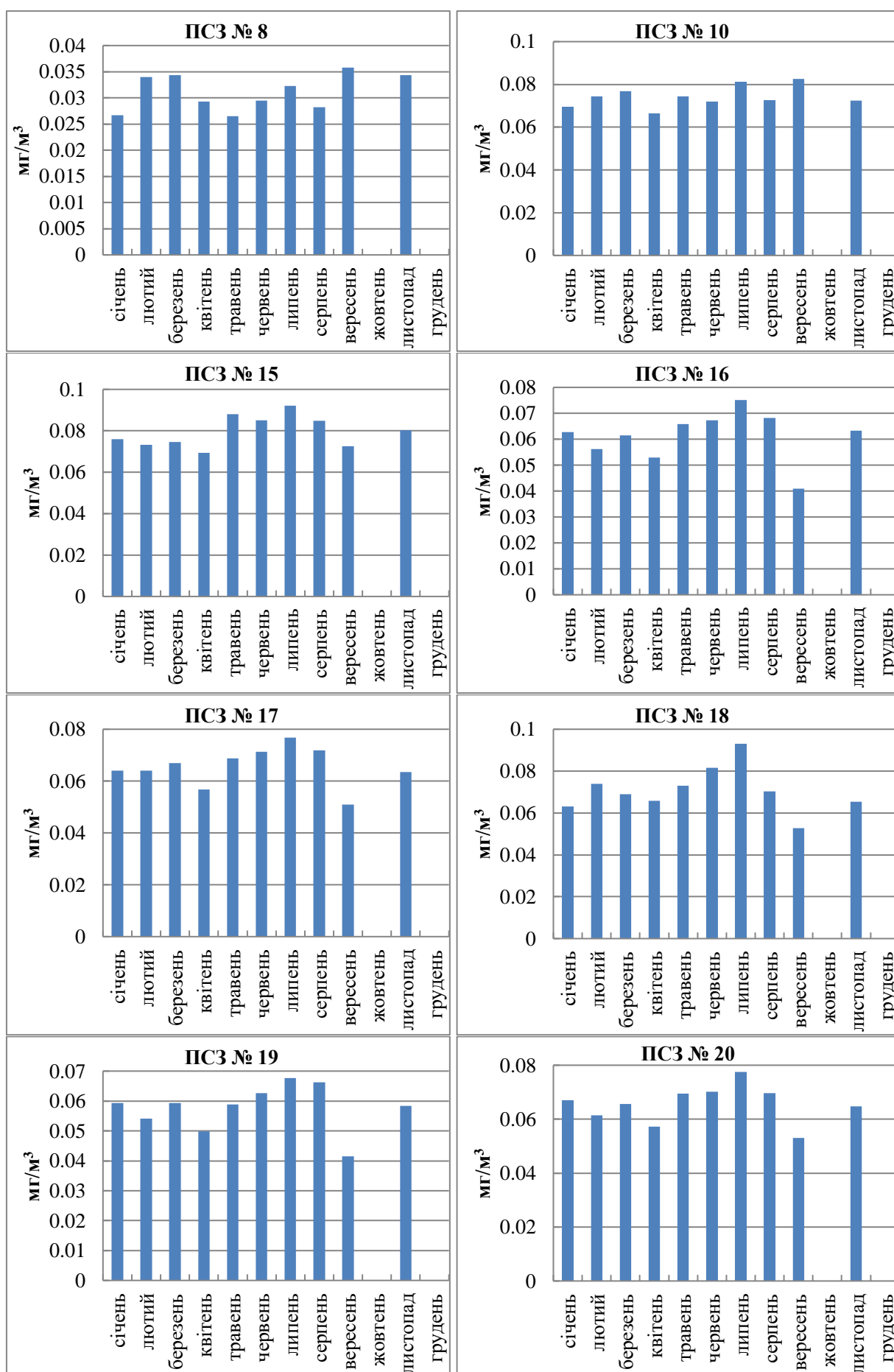


Рис. 2.14 – Сезонний хід концентрацій  $NO_2$  по ПС3 м. Одеса у 2007 р.

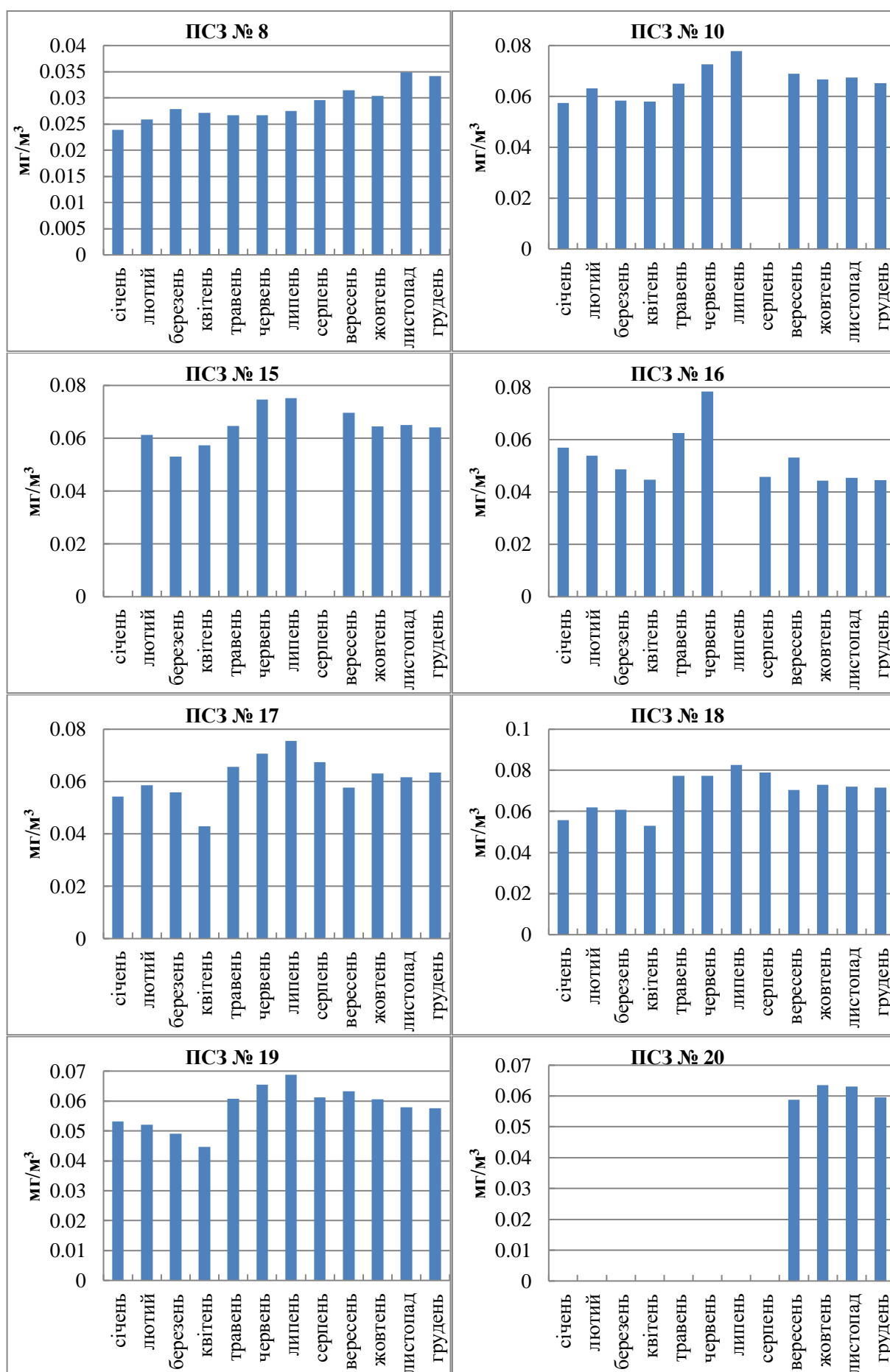


Рис. 2.15 – Сезонний хід концентрацій  $NO_2$  по ПСЗ м. Одеса у 2012 р.

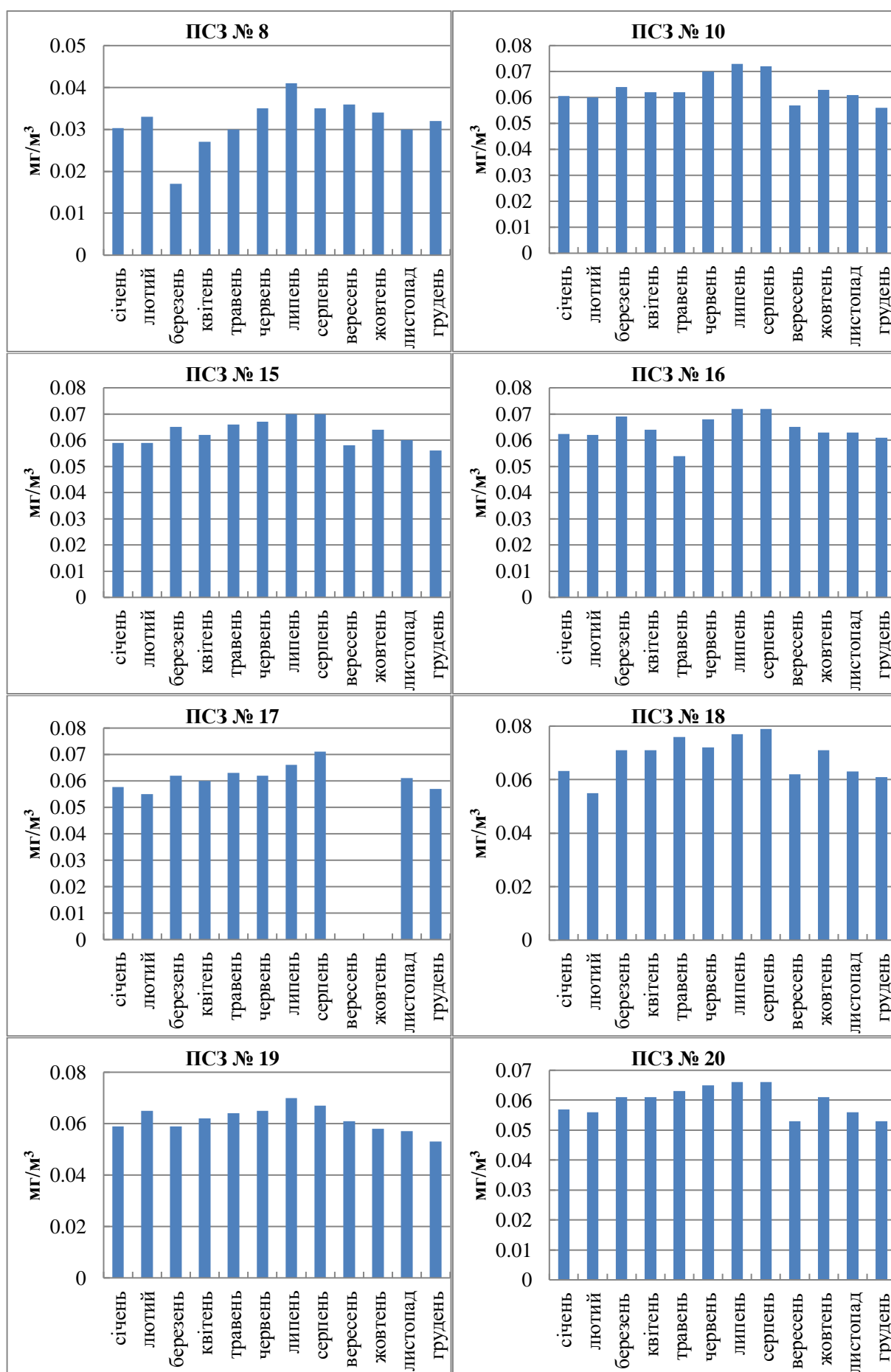


Рис. 2.16 – Сезонний хід концентрацій  $NO_2$  по ПСЗ м. Одеса у 2017 р.

На рис. 2.17 наведено сезонну динаміку зміни концентрацій оксиду вуглецю.

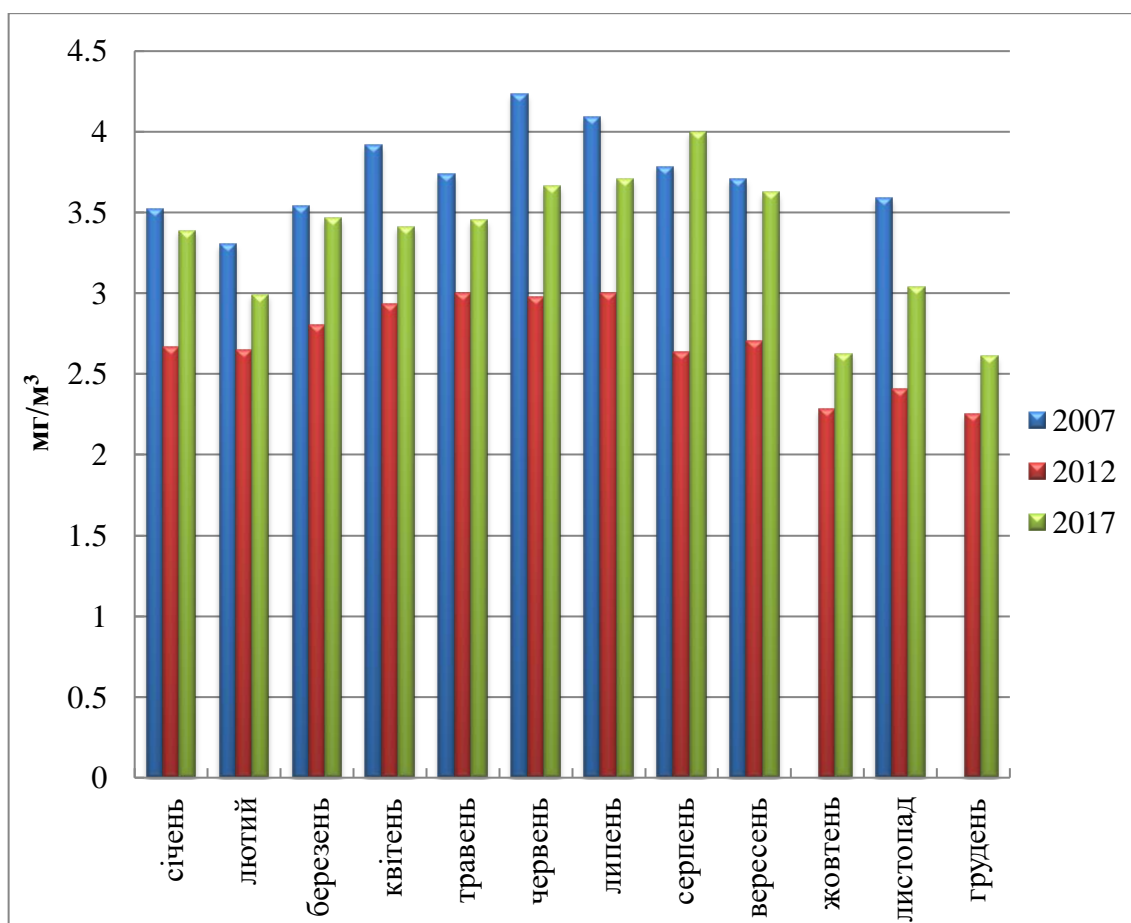


Рис. 2.17 – Річний хід зміни концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Одеса

З представленою рисунком видно, що мінімальні концентрації оксиду вуглецю у повітряному басейні м. Одеса відзначались у 2012 р. У 2007 і 2017 рр. рівень забруднення цієї домішкою був майже порівняний. Відзначається збільшення середнього вмісту оксиду вуглецю у весняно-літній період з інтенсифікацією руху автомобільного транспорту.

Розподіл середньорічних концентрацій оксиду вуглецю по території міста наведено на рис. 2.18. Як видно, просторовий розподіл оксиду вуглецю по території міста у 2007 і 2012 рр. характеризувався однаковими тенденціями. Хоча у 2012 р. поле концентрацій було малоградієнтним, тобто

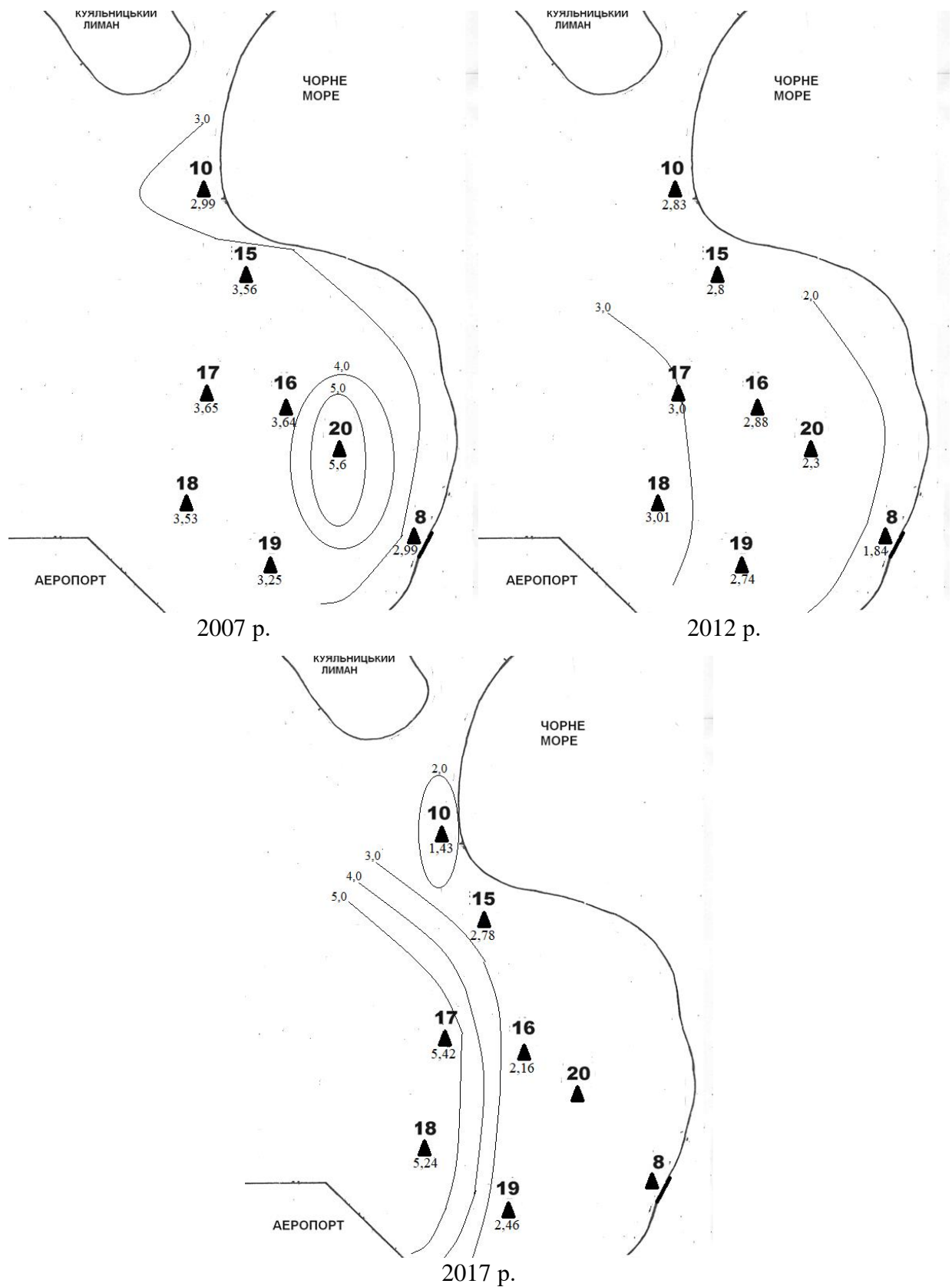


Рис. 2.18 – Поле концентрацій оксиду вуглецю по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

середньорічні концентрації змінювались несуттєво (від 1,84 до 3,0 мг/м<sup>3</sup>). У всі роки спостережень прибережна зона міста характеризується мінімальним рівнем забруднення. Максимальні концентрації у 2007 р. відзначаються у східній частині міста в районі розташування ПСЗ № 20 (поблизу залізничного вокзалу). По іншій території міста у 2007 р. концентрації змінюються в незначних межах (від 2,99 до 3,64 мг/м<sup>3</sup>). У 2017 р. були відсутні спостереження на ПСЗ № 8 і ПСЗ № 20, що на нашу думку суттєво змінило розподіл концентрацій оксиду вуглецю по місту. Хоча на відміну від попередніх років найбільш забрудненими виявилися райони розташування ПСЗ № 17 і ПСЗ № 18 (автовокзал і вул. Балківська), а саме райони інтенсивного руху автотранспорту.

Також було проаналізовано сезонний хід концентрацій оксиду вуглецю по окремих ПСЗ м. Одеса (рис. 2.19 – 2.21).

Аналіз рис. 2.19 показує, що у 2007 р. майже на всіх ПСЗ міста незначне підвищення концентрацій оксиду вуглецю відзначалось у весняно-літній період, тобто при збільшенні руху автотранспорту. Найбільші сезонні коливання відзначались на ПСЗ № 17 і 18.

У 2012 р. (рис. 2.20) подібні закономірності відзначались лише на двох пунктах – ПСЗ № 10 і 15. Слід відзначити відсутність спостережень на окремих пунктах у більшу частину року (ПСЗ № 16 і 20). Вміст оксиду вуглецю на протязі року аналогічно з 2007 р. не зазнавав суттєвих коливань.

У 2017 р. (рис. 2.21), як зазначалось вже вище, були відсутні спостереження на двох пунктах. На ПСЗ № 16 і 19 спостереження проводились на протязі січня – липня. Якщо аналізувати загальну картину, то також відзначається незначне підвищення вмісту оксиду вуглецю у весняно-літній період.

Загальний аналіз динаміки зміни концентрацій оксиду вуглецю в атмосферному повітрі м. Одеса показав, що максимальні концентрації даної домішки відзначаються у весняно-літній період і в районах інтенсивного руху автомобільного транспорту. За виключенням окремих районів,

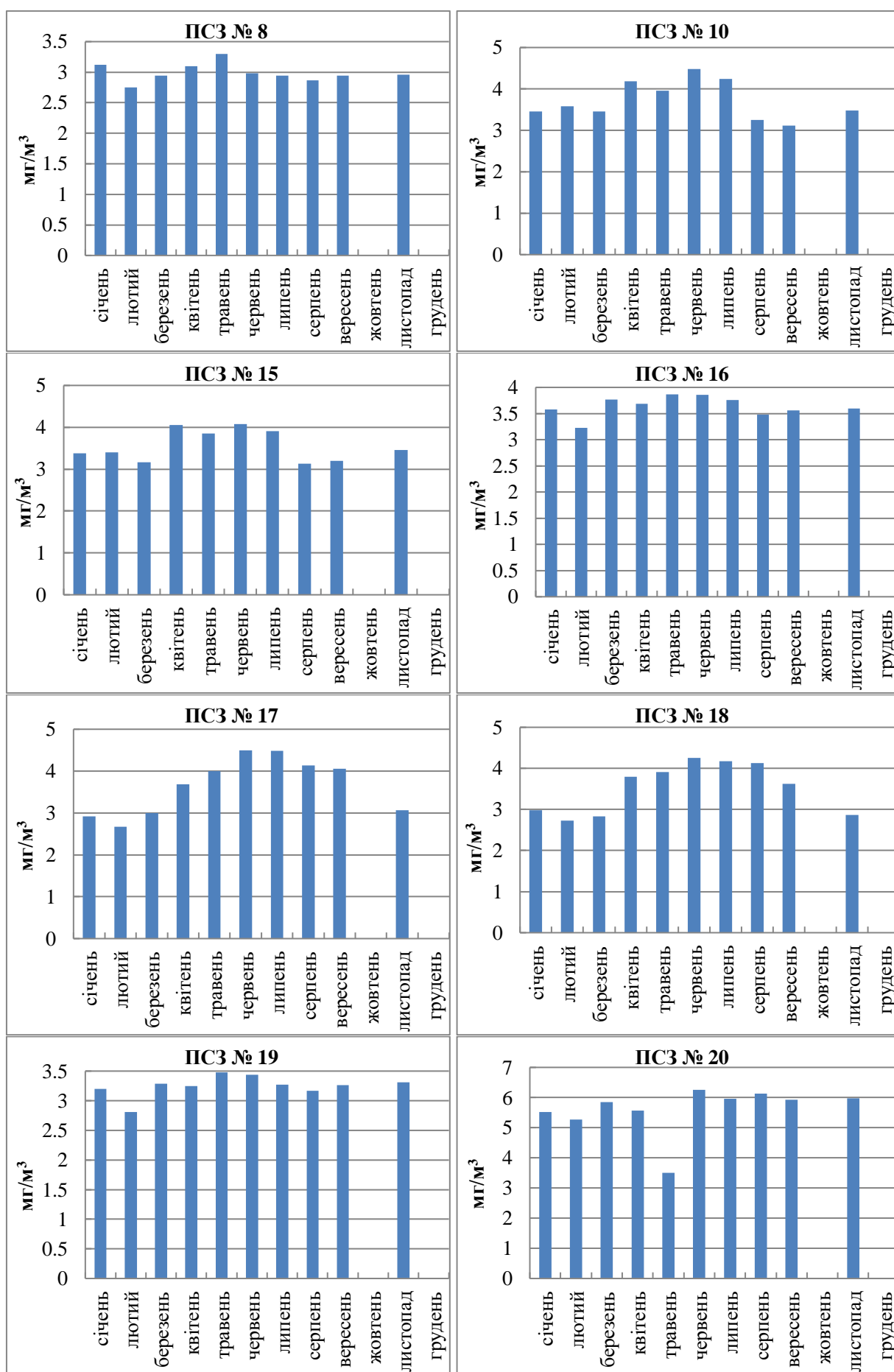


Рис. 2.19 – Сезонний хід концентрацій CO по ПСЗ м. Одеса у 2007 р.



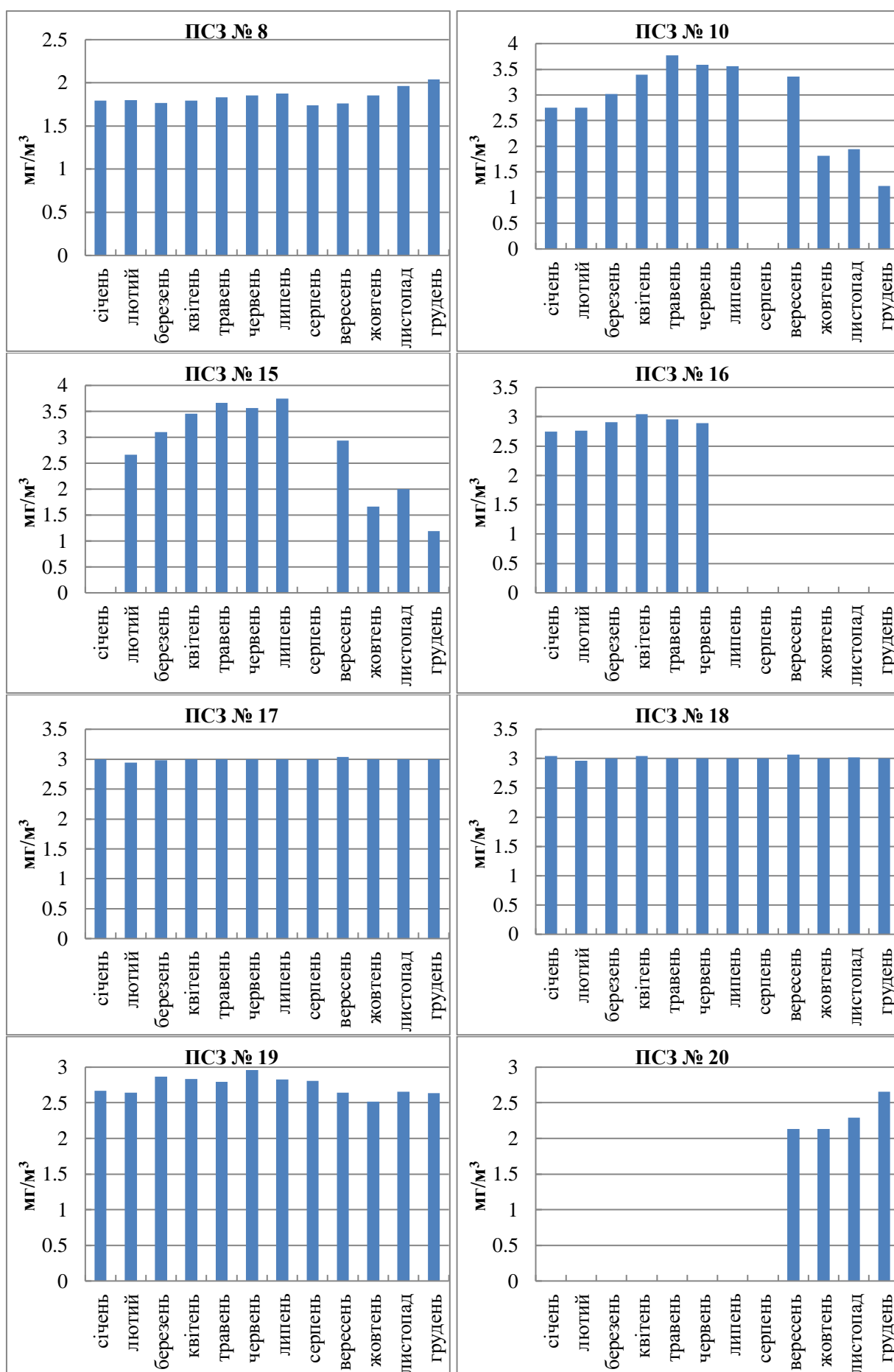


Рис. 2.20 – Сезонний хід концентрацій CO по ПСЗ м. Одеса у 2012 р.

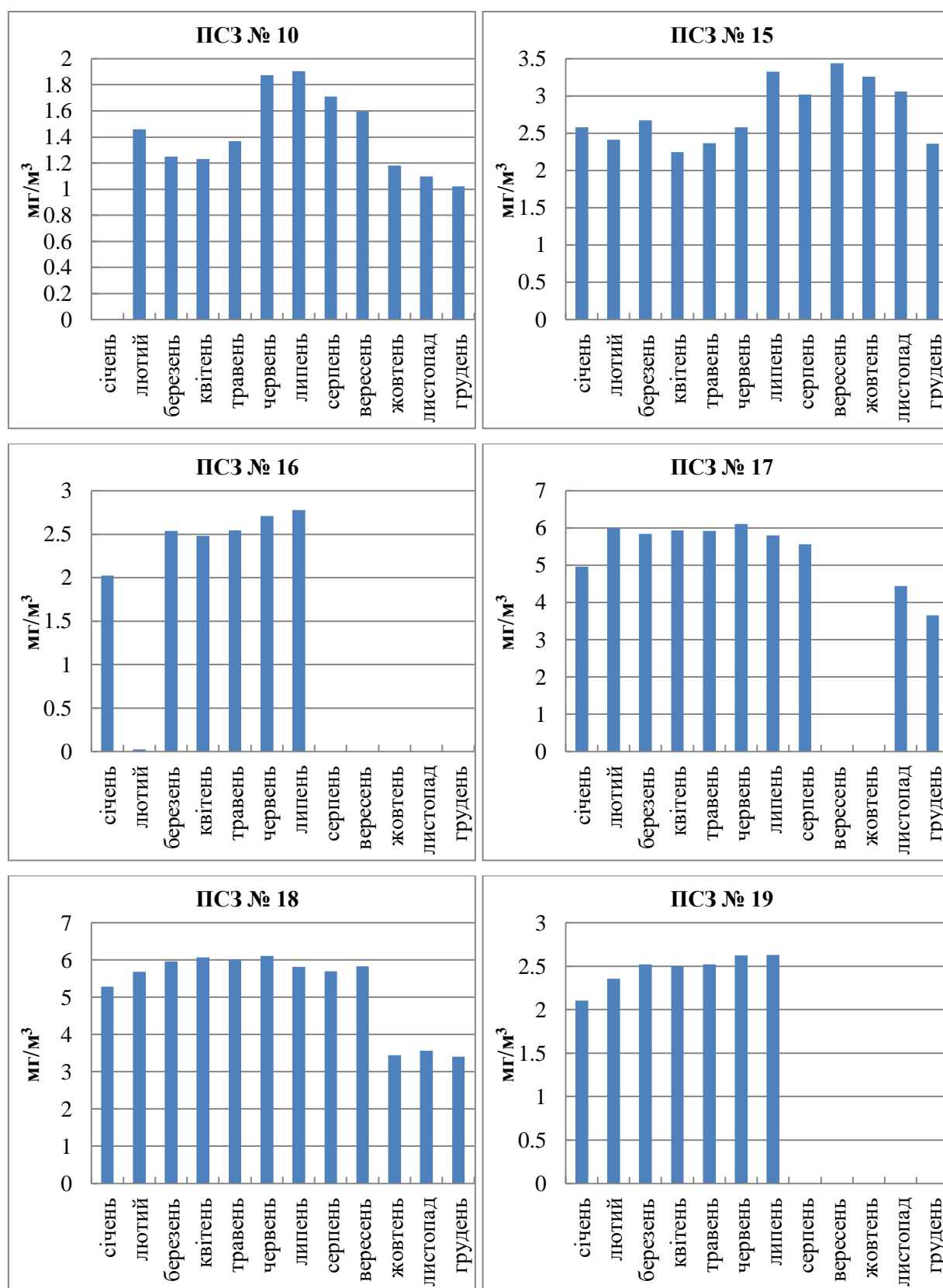


Рис. 2.21 – Сезонний хід концентрацій  $CO$  по ПСЗ м. Одеса у 2017 р.

концентрації оксиду вуглецю не зазнають суттєвих змін по території міста і на протязі року.

## **2.6 Аналіз динаміки забруднення атмосфери формальдегідом**

Спостереження за вмістом формальдегіду в атмосферному повітря м. Одеса ведуться не на всіх ПСЗ. У 2007 і 2012 рр. вони проводились на чотирьох пунктах (ПСЗ № 10, 17, 18, 19), у 2017 р. додалися ще два пункти (ПСЗ № 8 і 16).

На рис. 2.22 представлено сезонну динаміку зміни концентрацій формальдегіду. Аналіз наведено рисунку показує, що за період дослідження вміст формальдегіду суттєво зменшився (в середньому в 2 рази). Максимальні концентрації відзначались переважно у 2007 р., мінімальні – у 2017 р. Загальні тенденції розподілу вмісту даної ЗР на протязі року не визначені. Проте чітко відстежується мінімум концентрацій у весняно-літній період 2017 р. З урахуванням того, що переважними джерелами забруднення в м. Одеса є пересувні, цікавою є робота [17]. Автори зазначають, що джерелом викидів формальдегіду від автотранспорту є вихлопні гази, у складі яких міститься більше даної ЗР порівняно з викидами стаціонарних установок, що спалюють паливо. Також, на їх думку, обсяги надходження формальдегіду в атмосферне повітря від різних автомобілів значною мірою визначаються типом пального. Найбільша кількість цієї ЗР надходить у повітря від автомобілів, що працюють на природному газі. Тому саме зі зростанням частки автомобільного транспорту, який працює на природному газі, можуть бути пов'язані високі концентрації у повітрі. Проте залишається незрозумілим весняно-літній мінімум у 2017 р. Хоча, як довели автори роботи [18], навпаки у повітрі міст України у весняно-літній період відзначається підвищений вміст формальдегіду.

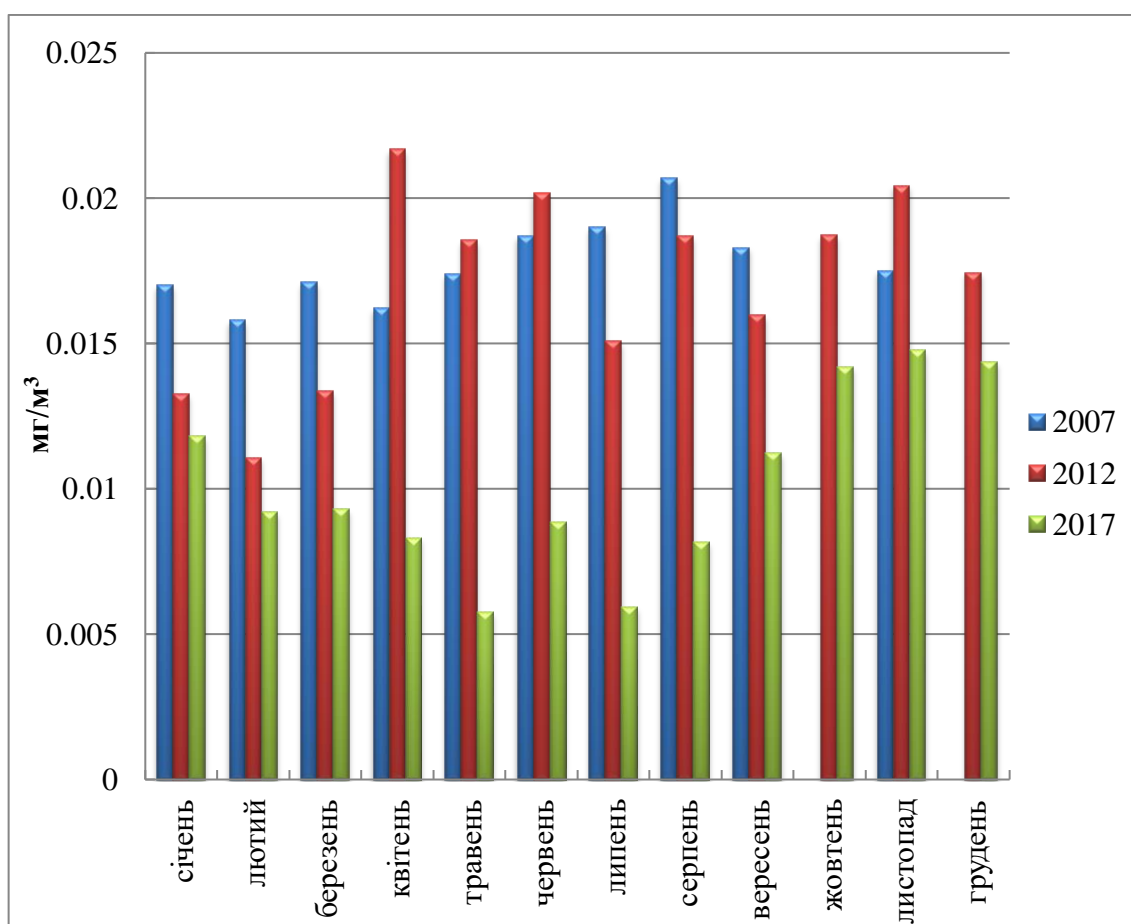


Рис. 2.22 – Річний хід зміни концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі м. Одеса

Просторовий розподіл середньорічних концентрацій формальдегіду по території міста наведено на рис. 2.23. Як видно, з роками просторовий розподіл і, відповідно, інтенсивність поля концентрацій, з роками змінювались. Найбільші відмінності у просторовому розподілі відзначались у 2007 і 2012 рр. Також слід відзначити, що в ці роки дослідженнями були охоплені південно-західна і північна частини міста. При цьому найбільш забрудненими виявилися промислова зона і райони інтенсивного руху автотранспорту. У 2017 р. з появою додаткових даних спостережень по окремих ПСЗ просторовий розподіл суттєво не змінився. Найбільш забрудненою виявилася центральна частина міста.

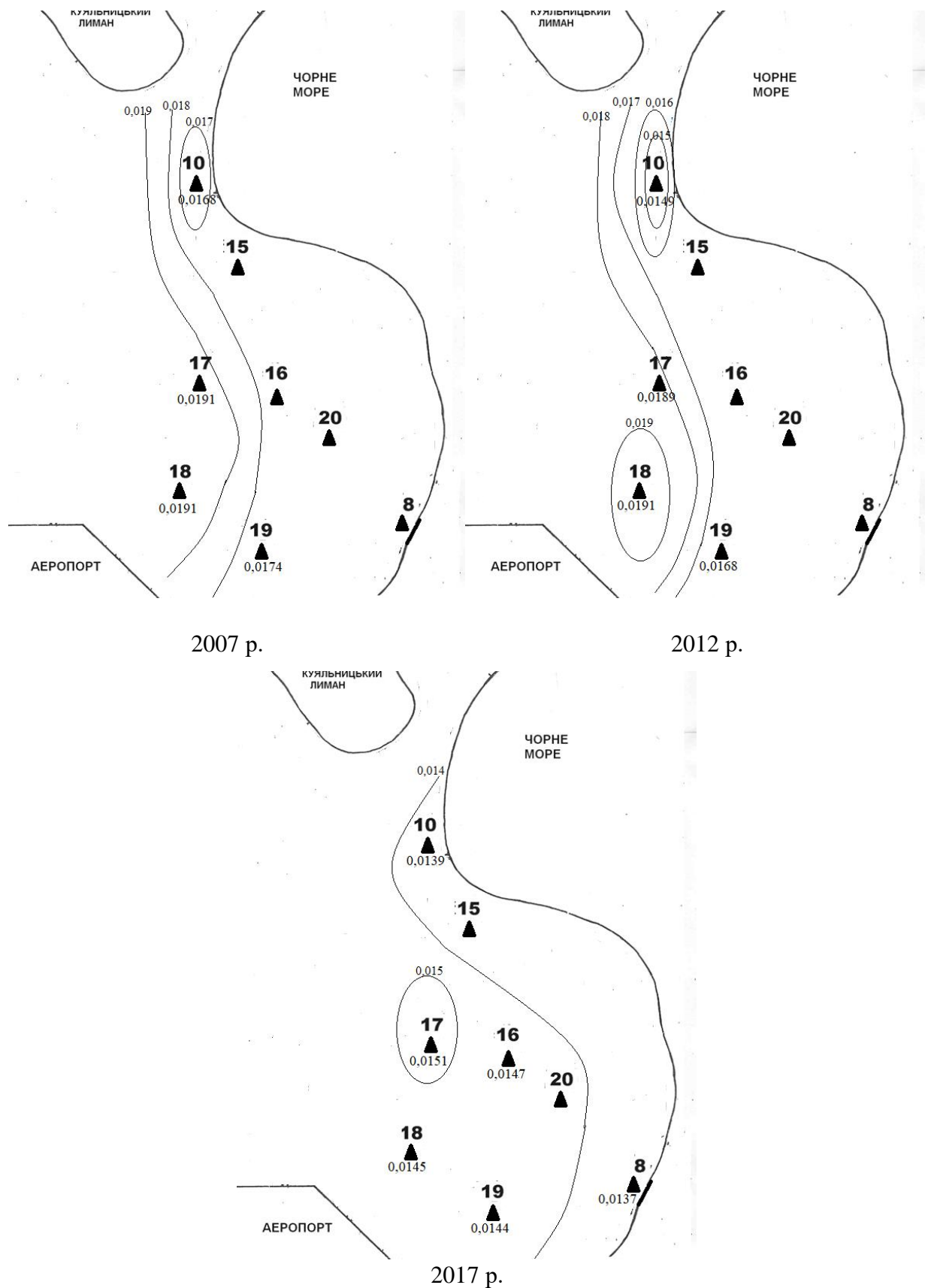


Рис. 2.23 – Поле концентрацій формальдегіду по території м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

Аналіз сезонного ходу концентрацій формальдегіду по окремих ПСЗ м. Одеса наведено на рис. 2.24 – 2.26.

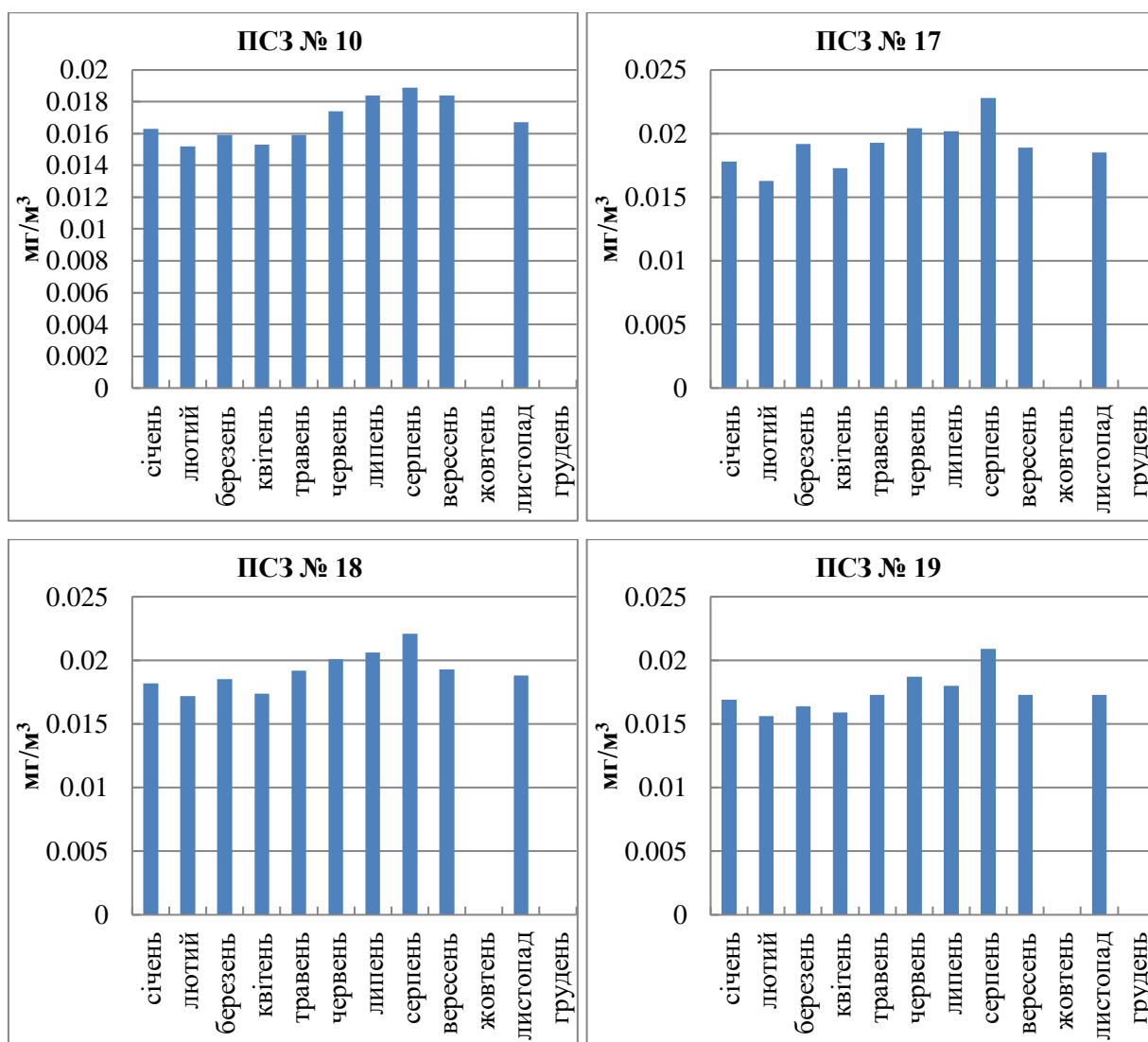


Рис. 2.24 – Сезонний хід концентрацій формальдегіду по ПСЗ м. Одеса у 2007 р.

З рис. 2.24 видно, що у 2007 р. на всіх ПСЗ відзначалась єдина тенденція – незначне підвищення концентрацій формальдегіду у травні – серпні.

У 2012 р. (рис. 2.25) внутрішньорічний розподіл вмісту формальдегіду змінився, і максимальні концентрації на протязі року переважно відзначались у квітні – червні і листопаді.

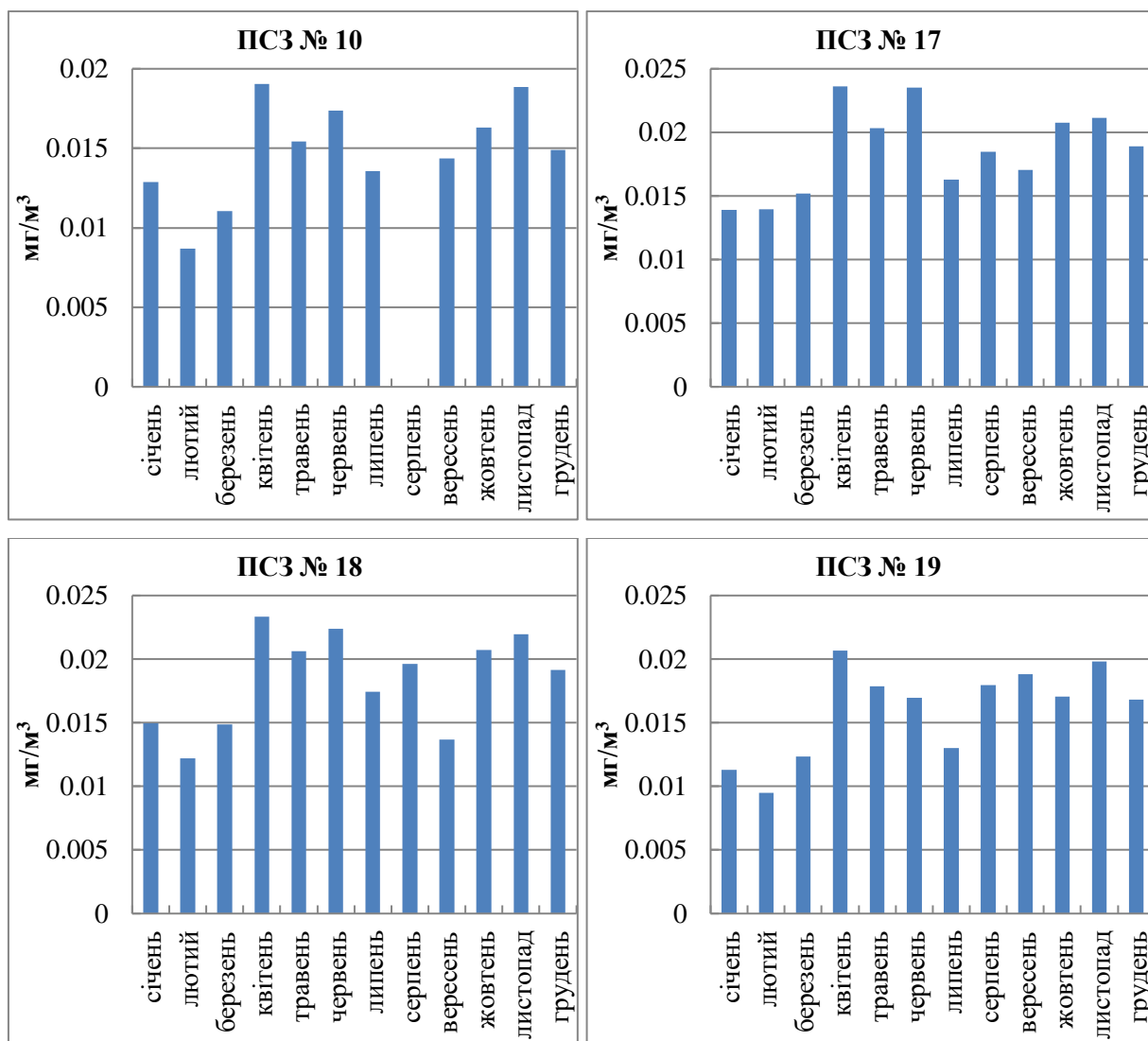


Рис. 2.25 – Сезонний хід концентрацій формальдегіду по ПСЗ м. Одеса у 2012 р.

У 2017 р. (рис. 2.26), як зазначалось вище, відзначався мінімум концентрацій формальдегіду у весняно-літній період. При цьому слід відзначити на всіх ПСЗ суттєве підвищення вмісту у вересні – грудні, що можливо можна пояснити загальним підвищенням рівня забруднення атмосферного повітря формальдегідом у 2018 р. Але на жаль ми не мали змоги проаналізувати цей факт через відсутність даних.

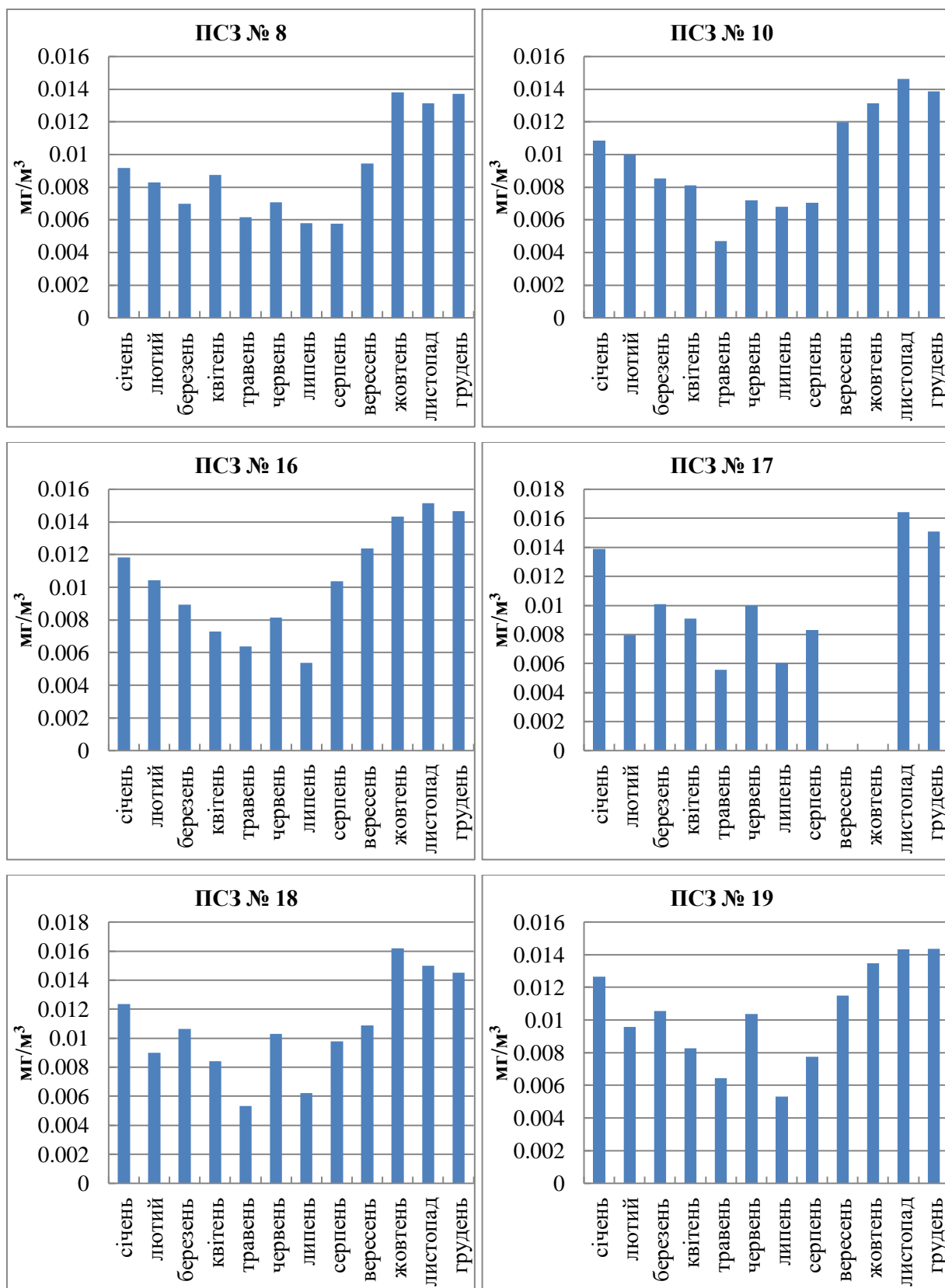


Рис. 2.26 – Сезонний хід концентрацій формальдегіду по ПСЗ м. Одеса у 2017 р.



### 3 ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Однією із задач дослідження було оцінити рівень забруднення атмосферного повітря м. Одеса основними ЗР за багаторічний період.

На даний час оцінки якості атмосферного повітря в регіонах України виконують із застосуванням різноманітних методик. Нами був використаний принцип оцінки на основі розрахунку *ІЗА*. Згідно з методикою *ІЗА* окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left( \frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right) C_i \quad \text{або}$$

$$I = \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right) C_i, \quad (3.1)$$

де  $C_i$  – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості  $i$ -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Вважається, що при  $ІЗА \leq 1$  якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Для порівняльної оцінки застосовуються комплексні *ІЗА* (*КІЗА*) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного  $n$  речовинами, що присутні в атмосфері міста. *КІЗА* розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right) C_i, \quad (3.2)$$

де  $\bar{q}$  – осереднена за часом (місяць або рік), розрахована для поста, міста або

групи міст концентрація  $i$ -ої домішки;

$i$  – домішка.

В якості  $KІЗА$  можна використовувати індекс  $I_5$ , який враховує значення одиничних індексів  $I_A$  тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (3.3)$$

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 [19].

Результати розрахунків одиничних  $I_A$  наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення  $I_A$  м. Одеса у 2007 – 2017 рр. основними ЗР

Місяць	Пил	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Формальдегід
<b>2007 р.</b>					
Січень	1,07	0,91	1,73	1,15	9,75
Лютий	1,07	0,95	1,75	1,09	8,87
Березень	1,04	0,96	1,82	1,16	9,90
Квітень	0,99	0,84	1,55	1,27	9,15
Травень	1,01	0,87	1,90	1,22	10,22
Червень	1,04	0,87	1,97	1,36	11,13
Липень	1,04	1,08	2,24	1,32	11,25
Серпень	1,09	0,92	1,94	1,23	12,69
Вересень	1,19	0,82	1,47	1,21	10,62
Жовтень	–	–	–	–	–
Листопад	1,05	0,87	1,80	1,18	10,14
Грудень	–	–	–	–	–

Продовження табл. 3.1

Місяць	Пил	Діоксид сірки	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Формальдегід
<i>2012 р.</i>					
Січень	0,92	0,59	1,26	0,90	6,90
Лютий	1,06	0,57	1,35	0,89	5,46
Березень	1,15	0,57	1,26	0,94	6,98
Квітень	1,09	0,59	1,17	0,98	13,08
Травень	1,00	0,67	1,51	1,00	10,68
Червень	1,27	0,73	1,66	0,99	11,82
Липень	1,12	0,76	1,70	1,00	8,16
Серпень	1,26	0,67	1,42	0,89	10,79
Вересень	1,15	0,67	1,48	0,91	8,80
Жовтень	1,04	0,70	1,46	0,78	10,80
Листопад	1,21	0,70	1,46	0,82	12,12
Грудень	1,01	0,72	1,44	0,77	9,86
<i>2017 р.</i>					
Січень	1,32	0,44	1,40	1,12	5,92
Лютий	1,33	0,42	1,39	1,00	4,30
Березень	1,96	0,65	1,46	1,14	4,35
Квітень	2,03	0,66	1,47	1,12	3,76
Травень	1,97	0,68	1,49	1,13	2,34
Червень	2,13	0,71	1,58	1,20	4,08
Липень	1,98	0,66	1,67	1,21	2,42
Серпень	1,49	0,46	1,66	1,29	3,68
Вересень	1,63	0,53	1,40	1,19	5,56
Жовтень	1,49	0,49	1,48	0,89	7,54
Листопад	1,40	0,43	1,41	1,01	7,94
Грудень	1,25	0,40	1,34	0,88	7,66

Аналіз представленої таблиці показує, що майже про всіх основних ЗР ІЗА перевищує 1 (дані позначені червоним кольором), що свідчить про

недотримання санітарно-гігієнічних вимог якості атмосферного повітря у м. Одеса. Виключення складає лише вміст діоксиду сірки.

За даними раніше виконаних досліджень [20], досліджувані ЗР входять до переліку речовин з максимальними значеннями  $I_{ЗА}$ , тобто ті, які формують значення індексу  $I_5$ . Нами було розраховано значення  $I_5$  для м. Одеса за наявними даними про одиничні  $I_{ЗА}$ . Результати розрахунку наведено на рис. 3.1.

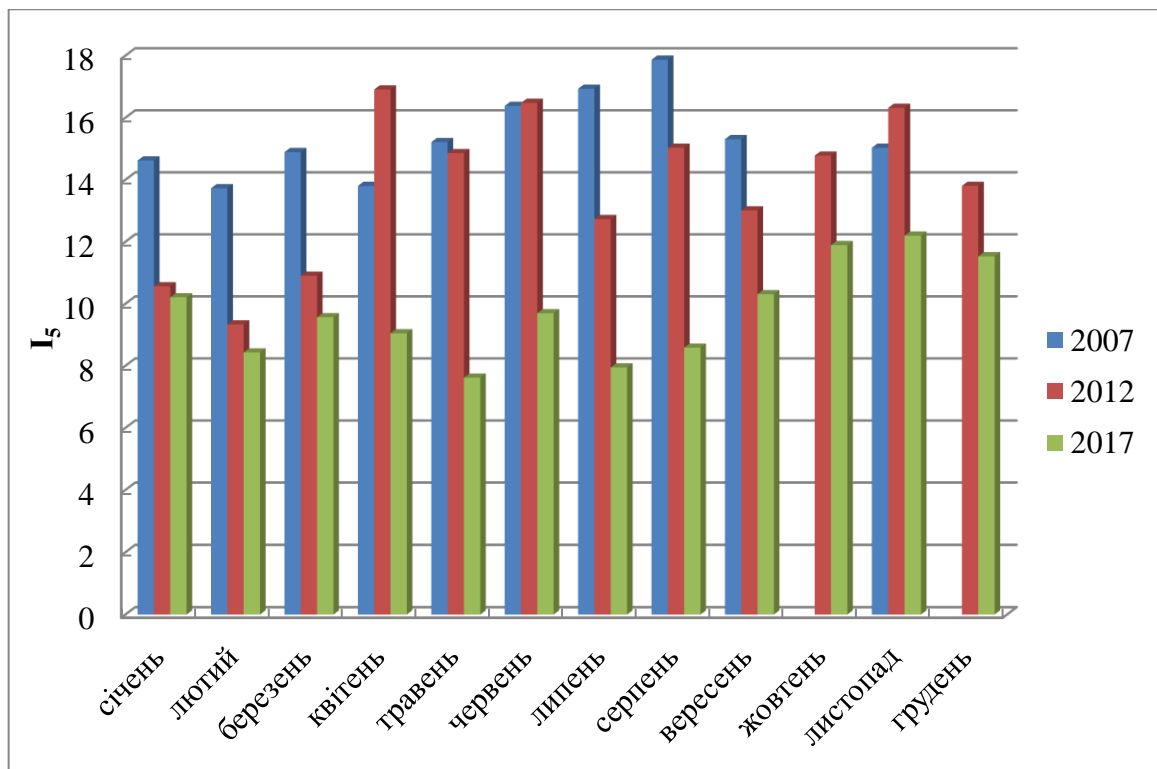


Рис. 3.1 – Значення  $I_5$  м. Одеса у 2007 – 2017 рр.

Як видно з представленого рисунку, рівень забруднення атмосферного повітря м. Одеса з 2007 по 2017 рр. суттєво знизився (в окремі періоди року в 2 і більше разів). В цілому максимальні значення  $I_5$  відзначаються у 2007 р. Суттєве зниження рівня забруднення повітряного басейну Одеси відбулося, в першу чергу, за рахунок зменшення вмісту формальдегіду. Згідно з отриманими даними, у 2007 р. стан повітряного басейну м. Одеса характеризувався категорією «сильно забруднена», у 2012 р. – категоріями «забруднена» – «сильно забруднена», у 2017 р. – категорією «забруднена».

У роботі [21] 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 вмістом основних ЗР за багаторічний період (табл. 3.2). Як видно, рівень забруднення повітряного басейну міста:

- за вмістом діоксиду сірки у всі роки характеризується як допустимий;
- за вмістом пилу, діоксиду азоту і оксиду вуглецю (переважно) як підвищений;
- за вмістом формальдегіду як екстремально високий.

Таблиця 3.2 – Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеса за рівнем перевищення *ГДК<sub>сд</sub>* окремими ЗР (2007 – 2017 рр.)

Допустимий рівень ( $< 1$ <i>ГДК</i> )	Підвищений рівень (1 – 2 <i>ГДК</i> )	Високий рівень (2 – 3 <i>ГДК</i> )	Екстремально високий рівень (3 – 6 <i>ГДК</i> )
<b><i>пил</i></b>			
–	2007, 2012, 2017 рр.	–	–
<b><i>діоксид сірки</i></b>			
2007, 2012, 2017 рр.	–	–	–
<b><i>оксид вуглецю</i></b>			
2012 р.	2007, 2017 рр.	–	–
<b><i>діоксид азоту</i></b>			
–	2007, 2012, 2017 рр.	–	–
<b><i>формальдегід</i></b>			
–	–	–	2007, 2012, 2017 рр.

Окремі результати дослідження щодо оцінки рівня забруднення атмосферного повітря за багаторічний період основними ЗР наведено у роботі [22].

## ВИСНОВКИ

У виконаній магістерській кваліфікаційній роботі проведено оцінку і аналіз рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса основними забруднюючими речовинами (пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю, формальдегід). В якості вихідних даних в роботі були використані дані літературних джерел інформації, а також матеріали моніторингових спостережень на мережі стаціонарних пунктів спостережень за якістю атмосферного повітря у 2007 – 2017 рр.

В результаті виконаних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Переважними джерелами викидів ЗР в атмосферне повітря в регіоні і в м. Одеса є пересувні джерела. Обсяги викидів від пересувних джерел по області складають 75 % і більше. Така ж ситуація відзначається і для міста. В останні роки м. Одеса за значенням *ІЗА* входить до п'ятірки найбільш забруднених міст України.
2. За вмістом пилу відзначається тенденція збільшення вмісту у весняно-літній період. Слід відзначити суттєве збільшення концентрацій у 2017 р. У 2007 і 2012 р. розподіл вмісту пилу по території міста характеризувався схожими тенденціями. Найбільш чистою є прибережна зона міста. Найбільш забрудненими були промислова і центральна частина міста. У 2017 р. максимальні концентрації пилу відзначались у центральній частині міста. В цілому збільшення вмісту пилу відзначалось на протязі весни – осені, особливо в літній період. Відзначено суттєве збільшення концентрацій за 10-річний період спостережень.
3. Максимальні концентрації діоксиду сірки відзначались у осінньо-зимовий період і опалювальний сезон. Абсолютний максимум відзначено липні 2007 р. У 2012 і 2017 рр. підвищені концентрації діоксиду сірки відзначались у весняно-літній період, що може бути

- обумовлено більш інтенсивною роботою малих котельнь. Відзначено суттєве зниження вмісту даної речовини з 2007 по 2017 р. У 2007 і 2012 рр. найбільш забрудненими територіями були промислова зона і західна частина міста (район інтенсивного руху автотранспорту). У 2017 р. найбільш забрудненою виявилась центральна частина міста.
4. Максимальні концентрації діоксиду азоту відзначались у 2007 р., мінімальні – у 2012 р. Підвищення вмісту вказаної ЗР відзначається у літній період року, що пов'язано з інтенсифікацією руху автотранспорту. Відзначено незначне зменшення концентрацій з 2007 по 2017 рр. Найбільш чистим районом міста є прибережна зона. Максимальні концентрації діоксиду азоту відзначаються переважно в районах інтенсивного руху автотранспорту. У всі роки відзначається стійка тенденція підвищення концентрацій діоксиду азоту у весняно-літній період в період інтенсифікації руху автомобільного транспорту.
  5. Середній вміст оксиду вуглецю збільшувався у весняно-літній період з інтенсифікацією руху автомобільного транспорту. Прибережна зона міста характеризується мінімальним рівнем забруднення. Максимальні концентрації у 2007 р. відзначались у східній частині. У 2017 р. найбільш забрудненими виявилися райони інтенсивного руху автотранспорту. Майже на всіх ПСЗ міста незначне підвищення концентрацій оксиду вуглецю відзначалось у весняно-літній період.
  6. За період дослідження вміст формальдегіду суттєво зменшився (в середньому в 2 рази). Чітко відстежується мінімум концентрацій у весняно-літній період 2017 р. Найбільш забрудненими виявилися промислова зона і райони інтенсивного руху автотранспорту.
  7. Результати розрахунку  $I_{3A}$  показали, що майже про всіх основних ЗР він перевищує 1. Виключення складає лише вміст діоксиду сірки. За значенням  $I_5$  рівень забруднення атмосферного повітря м. Одеса з 2007 по 2017 рр. суттєво знизився, що відбулося, в першу чергу, за рахунок зменшення вмісту формальдегіду. У 2007 р. стан повітряного басейну



м. Одеса характеризувався категорією «сильно забруднена», у 2012 р. – категоріями «забруднена» – «сильно забруднена», у 2017 р. – категорією «забруднена».

8. За результатами ранжування рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса за вмістом основних ЗР за багаторічний період отримано, що за вмістом діоксиду сірки у всі роки стан повітряного басейну характеризується як допустимий; за вмістом пилу, діоксиду азоту і оксиду вуглецю (переважно) як підвищений; за вмістом формальдегіду як екстремально високий.

Отримані результати дослідження є основою для розробки регіональних природоохоронних програм з метою зниження рівня забруднення атмосферного повітря міста, а також пропозицій щодо оптимізації мережі моніторингу атмосферного повітря.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2018 році. Одеса, 2019. 241 с.
2. Паспорт Одеської області. 2019 рік. Електронний ресурс: URL: <https://oda.odessa.gov.ua/statics/pages/files/5e4b8e0ddb6ec2.pdf> (дата звернення: 19.07.2020).
3. Електронний ресурс: URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%B5%D1%81%D0%B0> (дата звернення: 19.07.2020).
4. Електронний ресурс: URL: <https://omr.gov.ua/ua/acts/council/3872/> (дата звернення: 19.07.2020).
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2011 році. Одеса, 2012. 249 с.
6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2015 році. Одеса, 2016. 180 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища

- в Одеській області у 2008 році. Одеса, 2009. 240 с.
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2013 році. Одеса, 2014. 262 с.
  13. Комплексна оцінка якості довкілля урбанізованих територій Одеської області та прилеглих регіонів. Звіт про НДР (№ ДР 0109U003245). Одеса: ОДЕКУ, 2011. 254 с.
  14. Електронний ресурс: URL: <https://omr.gov.ua/ua/city/departments/eco/> (дата звернення: 25.11.2019).
  15. Електронний ресурс: URL: <https://ecologyknu.wixsite.com/ecologymanual/12-5> (дата звернення: 02.08.2020).
  16. 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.
  17. Гомонай В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України // Екологічний вісник. 2007. № 1 (41). С. 10 – 12.
  18. Шевченко О., Яценко Ю., Данілова Н. Особливості часових змін концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі міст України // Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. 2016. № 2 (35). С. 24 – 29.
  19. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
  20. Чугай А.В. Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів Північно-Західного Причорномор'я: монографія. Одеса: Букаєв Вадим Вікторович, 2020. 154 с.
  21. 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.

22. Ничипорук О.І., Колісник А.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса формальдегідом // Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 142.
23. 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.

# ДОДАТКИ

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. 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.
2. Ничипорук О.І., Колісник А.В. Аналіз забруднення атмосферного повітря м. Одеса формальдегідом. *Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ*. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 142.
3. Колісник А.В., Ничипорук О.І. Оцінка забруднення атмосферного повітря м. Одеса оксидом вуглецю. *Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки»*. Харків: ХНАДУ, 2020. С. 173 – 175.

**ДОВІДКА**  
**щодо участі Ничипорука О.І. у НДР кафедри екології та охорони**  
**довкілля**

Даною довідкою підтверджую, що окремі результати магістерської кваліфікаційної роботи Ничипорука Олександра Івановича на тему «Просторово-часовий аналіз рівня забруднення основними забруднюючими речовинами повітряного басейну м. Одеса» увійшли до проміжного звіту кафедри екології та охорони довкілля з НДР «Техногенне навантаження на складові довкілля регіонів Північно-Західного Причорномор'я» у 2020 р. (№ ДР 0120U105060).

Зав. каф. екології та  
охорони довкілля

Т.А. Сафранов