

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра екології та охорони довкілля

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему: Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту

Виконав студент 2 курсу групи МОС-22  
спеціальності 101 – Екологія  
Грамащук Руслан Сергійович

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

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

Одеса 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

“ 23 ” жовтня 20 23 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Грамащук Руслану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту

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 2023р. №215 ”С”

2. Строк подання студентом роботи 30 листопада 2023 року

3. Вихідні дані до роботи разові концентрації діоксиду азоту в атмосферному повітрі міста Одеса, виміряні на восьми пунктах спостереження за забрудненням у 2017, 2018 та 2019 році

Розробити 1) Основні джерела викидів діоксиду азоту та його вплив на довкілля. 2) Характеристика стаціонарної мережі спостережень за станом атмосфери у місті Одеса. 3) Просторово-часовий аналіз забруднення атмосферного повітря міста Одеса діоксидом азоту. 4) Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Карта-схема розташування стаціонарних пунктів в Одесі (1 рис).

2) Середньомісячні концентрації  $NO_2$  в атмосферному повітрі (Одеса, 2017-2019 рр.) (1 табл.).

- 3) Характеристика програм спостережень на стаціонарних пунктах за вмістом  $NO_2$  в м. Одеса (1 табл.).
- 4) Часовий хід середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на стаціонарних пунктах (м. Одеса, 2017-2019 рр.) (1 рис).
- 5) Часовий хід показника кратності перевищення ГДК за діоксидом азоту на стаціонарних пунктах (м. Одеса, 2017-2019 рр.) (1 рис).
- 6) Часовий хід ІЗА в м. Одеса (2017-2019 рр.) (1 рис).
- 7) Поля середньорічних концентрацій діоксиду азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 рис).
- 8) Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення (1 табл.).
- 9) Графіки зміни потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 табл.).
- 10) Нормально-імовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосфери (1 табл.).
- 11) Графік хронологічного ходу ризику прояву негайних токсичних ефектів у пробітах (Prob(III)) від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 рис).
- 12) Результати розрахунку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 табл.).
- 13) Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (2017-2019 рр.) (9 рис).
- 14) Результати розрахунку ризику за j-им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 табл.).
- 15) Графіки зміни ризику за j-им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) (1 рис).
- 16) Результати розрахунку ризику від впливу токсиканту на навколишнє середовище ( $NO_2$ , м. Одеса, 2019 рік) (1 табл.).

#### 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Складення змісту, пошук літературних джерел та вихідної інформації для дослідження	23.10.23- 26.10.23	90	відмінно
2	Розділ 1 Основні джерела викидів діоксиду азоту та його вплив на довкілля. Розділ 2 Характеристика стаціонарної мережі спостережень за станом атмосфери у місті Одеса.	27.10.23- 31.10.23	90	відмінно
3	Розділ 3 3) Просторово-часовий аналіз забруднення атмосферного повітря міста Одеса діоксидом азоту.	01.11.23- 12.11.23	90	відмінно
	<b>Рубіжна атестація</b>	13.11.23- 17.11.23	<b>90</b>	<b>відмінно</b>
4	Розділ 4 Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту.	18.11.23- 21.11.23	90	відмінно
5	Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків і переліку посилань. Оформлення додатків.	22.11.23- 24.11.23	90	відмінно
6	Оформлення анотації (державною та англійською мовами) і супровідних документів до роботи. Підготовка презентаційних слайдів і доповіді до публічного захисту.	25.11.23- 28.11.23		
7	Підготовка остаточної версії роботи і передача її на перевірку і підпис керівникові. Встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та оформлення протоколу. Складення керівником висновку про допуск до захисту.	29.11.23- 04.12.23	-	-
8	Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для перевірки готовності роботи до захисту, підготовки наказу та подання.	05.12.23- 09.12.23	-	-
9	Рецензування роботи. Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії ОДЕКУ.	10.12.23- 13.12.23	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90,0	

(до десятих)

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Грамащук Р.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Колісник А.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту. Р.С. Грамащук.**

*Актуальність теми дослідження.* Вплив забруднювальних речовин в атмосферному повітрі негативно впливають на якість довкілля та здоров'я населення. Тому оцінка екологічних ризиків для населення урбанізованих територій є важливим завданням сьогодення задля мінімізації цих ризиків і збереження здоров'я населення.

*Мета дослідження.* оцінка ризиків для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту за період 2017-2019 рр.

*Об'єктом дослідження* є якість атмосферного повітря в м. Одеса. *Предметом* - ризики для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту.

*Методика дослідження.* Для оцінки ризиків для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту були виконані Методика оцінки потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери, Методика оцінки ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря, Методика оцінки ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря, Методика оцінки екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище, Методика визначення ризику впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище.

*Результати дослідження.* Повітряний басейн м. Одеса впродовж 2017-2019 рр. був чистий лише в прибережній зоні місця розташування ПСЗ №8. На іншій території, де здійснювався відбір проб, повітряний басейн був забруднений. Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту збільшується зі сходу на захід, а кратність ГДК<sub>сд</sub> змінювалася від 1,30 до 1,95 рази. Значення індексу забруднення атмосфери перевищувало одиницю протягом трьох років, тому повітряний басейн в м. Одеса увесь час був забруднений. За результатами оцінки потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосферного повітря встановлено незначний вплив на здоров'я населення з кваліфікацією ризику 1-го класу. Найнебезпечніше перебувати в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферному повітрі в районі розташування 18-го стаціонарного пункту спостереження. З врахуванням часу експозиції виявлено, що за досліджуваний період чітко виділяються періоди пришвидшеного збільшення ризиків отримати негативну шкоду здоров'ю через збільшення тривалості знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря – це серпень 2017 р., вересень та грудень 2019 р. Повільніше всього збільшується ризик хронічної інтоксикації в січні, лютому та березні 2018 р. З вірогідністю 50 % відчутним стане канцерогенний ризик хронічної інтоксикації через 10-14 годин знаходження в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферного повітря м. Одеси. З методологічної точки зору вважаємо, що застосований комплекс методичних підходів в дослідженні є достатньо раціональним і вдалим для реалізації мети роботи.

*Структура та обсяг дослідження.* Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань (21 найменування). Робота включає 14 таблиць, 9 рисунків. Загальний обсяг роботи – 76 сторінок.

**Ключові слова:** забруднення атмосфери, діоксид азоту, індекс забруднення атмосфери, екологічний ризик, токсичний ефект, хронічна інтоксикація.

## SUMMARY

### **Assessment of Health Risks for the Odesa Population from the Air Pollution with Nitrogen Dioxide. R. Hramashchuk.**

*The relevance of the research topic.* Exposure to air pollutants has a negative impact on environmental quality and public health. Therefore, the assessment of environmental risks for the population of urbanized areas is an important task of the present to minimize these risks and preserve public health.

*The aim of the study.* To assess the risks to the health of the population of Odesa from nitrogen dioxide air pollution for the period 2017-2019.

*The object of the study* is the quality of atmospheric air in Odesa. The subject is the risks to the health of the population of Odesa from nitrogen dioxide air pollution.

*Research methodology.* To assess the risks to the health of the population of Odesa from nitrogen dioxide air pollution, the Methodology for assessing the potential risk to public health from chronic exposure to air pollution, the Methodology for assessing the risk of immediate toxic effects from air pollution, the Methodology for assessing the risk of chronic intoxication of the population from air pollution, and the Methodology for assessing environmental risks from toxicants in the environment were performed.

*Results of the study.* The air basin of Odesa. Odesa in 2017-2019 was clean only in the coastal zone of the location of the PSF №8. In the rest of the sampled area, the air basin was polluted. The level of air pollution by nitrogen dioxide increases from east to west, and the multiplicity of MPCs varied from 1.30 to 1.95 times. The value of the air pollution index exceeded one for three years, so the air basin in Odesa was always polluted. The assessment of the potential risk to public health from chronic exposure to air pollution revealed a negligible impact on public health, with a risk classification of class 1. The most dangerous place to be in the air polluted with nitrogen dioxide is in the area of the 18th stationary observation point. Taking into account the time of exposure, it was found that during the study period, there are clearly distinguished periods of accelerated increase in the risk of negative health damage due to an increase in the duration of exposure to polluted air - August 2017, September and December 2019. With a probability of 50%, the carcinogenic risk of chronic intoxication will become noticeable after 10-14 hours of exposure to nitrogen dioxide-polluted air in Odesa. From a methodological point of view, we believe that the set of methodological approaches used in the study is quite rational and successful for realizing the purpose of the work.

*Structure and scope of the study.* The paper consists of an introduction, four chapters, conclusions, and a list of references (22 items). The paper includes 14 tables and 9 figures. The total volume of the work is 76 pages.

**Keywords:** air pollution, nitrogen dioxide, air pollution index, environmental risk, toxic effect, chronic intoxication.

## ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
	ВСТУП.....	9
1	ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ ДІОКСИДУ АЗОТУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	12
2	ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЦІОНАРНОЇ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРИ У МІСТІ ОДЕСА.....	17
3	ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ОДЕСА ДІОКСИДОМ АЗОТУ.....	22
4	ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТА ОДЕСА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ДІОКСИДОМ АЗОТУ.....	33
	4.1 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери.....	33
	4.2 Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря.....	37
	4.3 Оцінка ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря.....	41
	4.4 Оцінка екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище.....	44
	ВИСНОВКИ.....	57
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60
	ДОДАТКИ.....	63

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

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ГДК – гранично допустима концентрація

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

ГМЦ ЧАМ – Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів

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

ДСНС – Державна служба з надзвичайних ситуацій України

ЗР – забруднююча речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

ІЗВ – індекс забруднення вод за показниками

Кз – коефіцієнт запасу

КП – кратність перевищення нормативів

МОЗ – Міністерство охорони здоров'я України

ПСЗ – пункт спостереження за забрудненням

ТЗА – таблиця забруднення атмосфери

ТЕС – теплова електростанція

ТЧ – тверді частинки

м<sup>3</sup> – метр кубічний

м<sup>3</sup>/доб – метр кубічний на добу

мг – міліграм

мг/м<sup>3</sup> – міліграм на метр кубічний

мкг/м<sup>3</sup> – мікрограм на метр кубічний

мл/л – мілілітр на літр

мг/кг – міліграм на кілограм

г/кг – грам на кілограм

% – відсоток

°С – градус Цельсію



## ВСТУП

*Обґрунтування вибору теми дослідження.* Зі стрімким збільшенням чисельності населення та його високим споживчим попитом загострюється проблема забруднення повітря. Серед найбільш поширених причин забруднення повітря виділяють: урбанізацію, виробництво енергії, важку промисловість (виплавка чавуну та сталі, виробництво цементу, спалювання відходів та хімічна промисловість) і автотранспорт. Окрім цього, швидкий приріст населення та вплив забруднювальних речовин в атмосферному повітрі негативно впливають на якість довкілля та здоров'я населення. ВООЗ визначила забруднення повітря як найбільший у світі ризик навколишнього середовища для здоров'я. Близько 92 % населення світу дихає повітрям, яке забруднене понад допустимого рівня. Загалом, за даними ВООЗ, щорічно в Україні через забруднення повітря помирає 14 400 людей. Разом із зміною клімату забруднення повітря є однією з найголовніших загроз світовому здоров'ю. За підрахунками ВООЗ щороку приблизно 7 мільйонів людей помирають від впливу забрудненого повітря. Одеса – велике портове і туристичне місто України. Наявність морського порту спричиняє високе техногенне навантаження на повітряний басейн, а велика кількість зон для відпочинку вимагає дотримання більш жорстких вимог якості атмосферного повітря.

*Зв'язок з науковою тематикою кафедри.* Тема кваліфікаційної роботи тісно пов'язана з науковою тематикою кафедри екології та охорони довкілля, а зокрема з науково-дослідною роботою на тему: «Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків внаслідок антропогенного впливу на природні складові довкілля» (реєстраційний номер 012U102904). Кафедра тривалий час здійснює дослідження рівня забруднення атмосферного повітря різними ЗР в м. Одеса, а також впливу забрудненого атмосферного повітря на стан здоров'я населення.

*Мета дослідження* – оцінка ризиків для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту, аналіз якості атмосферного повітря з урахуванням вмісту діоксиду азоту за період 2017-2019 рр. Для реалізації мети дослідження необхідно вирішити такі *завдання*:

- навести характеристику діоксиду азоту з урахуванням його фізико-хімічних і токсикологічних властивостей та джерел надходження;
- провести розрахунок та аналіз середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на пунктах і по місту в цілому з вивченням тенденції зміни рівнів забруднення на пунктах спостереження;
- провести розрахунок ІЗА по місту в цілому та здійснити порівняльний аналіз тенденцій за трирічний період;
- провести розрахунок середньорічних концентрацій на пунктах для побудови поля та вивчення просторових особливостей розподілу діоксиду азоту;
- виконати оцінку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери;
- виконати оцінку ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря;
- виконати оцінку ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря;
- визначити ризик впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище.

*Об'єктом дослідження* є якість атмосферного повітря в м. Одеса.

*Предметом дослідження* є ризики для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту.

*Методика дослідження.* Для оцінки ризиків для здоров'я населення м. Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту були виконані Методика оцінки потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери, Методика оцінки ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря, Методика

оцінки ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря, Методика оцінки екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище.

*Особистий внесок здобувача.* Автором самостійно виконані всі етапи кваліфікаційної роботи магістра – від збору, узагальнення, оброблення та аналізу інформації до формування висновків.

*Структура та обсяг дослідження.* Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків. Робота включає 14 таблиць, 9 рисунків. Загальний обсяг роботи – 76 сторінок.

## 1 ОСНОВІ ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ ДІОКСИДУ АЗОТУ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Діоксид азоту – це газоподібна речовина бурого кольору, з вираженим неприємним запахом. Двоокис азоту при температурі 21,15 °С перетворюється на прозору жовту рідину, а при температурі -11,2°С – замерзає в прозору масу, що обумовлено його фізичними властивостями. При температурі близько 140 °С діоксид азоту забарвлюється в дуже темний, майже чорний колір. Молекула двоокису азоту має витягнуту форму і кут між O-N-O складає 134,3°. В промисловості процес отримання діоксиду азоту базується на окисненні аміаку повітрям та продукту реакції – монооксиду азоту [1]:



Відповідно до наказу МОЗ від 14 січня 2020 року № 52 “Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць” діоксид азоту (NO<sub>2</sub>) відноситься до 3 класу небезпеки і для нього встановлені наступні ГДК:

- максимальна разова (ГДК<sub>мр</sub>) – 0,2 мг/м<sup>3</sup>;
- середньодобова (ГДК<sub>сд</sub>) – 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

Він має виражену токсичну дію. Проте, потрапляння в дихальну систему можна уникнути, так як його легко виявити за характерним запахом, навіть за низької концентрації [2].

Вміст діоксиду азоту в повітрі – один з критеріїв якості повітря, який відслідковується ВООЗ та майже всіма регіональними інститутами управління якістю повітря через його вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище. Діоксид азоту – одним із видів групи забруднювачів, відомі як

оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), які являють собою високо реакційні гази. Всесвітня організація охорони здоров'я встановлює рекомендовані максимальні концентрації  $\text{NO}_2$  на рівні  $0,025 \text{ мг/м}^3$  при цілодобовому перебуванні. Однак, ці рівні є лише рекомендацією, а не регламентованим стандартом [2].

Потрапляючи на поверхню слизових оболонок очей, діоксид азоту викликає подразнення, яке згодом переростає в кон'юнктивіт. Контактуючи з слизовими оболонками носової порожнини, носоглотки та глотки, діоксид азоту викликає риніт та фарингіт. Після проникнення до капілярів легень, він розчиняється у воді, викликає запалення та запускає розвиток астматичних процесів. Серед інших патологічних змін можна виділити: зниження рівня гемоглобіну, головний біль, загальну слабкість, зниження працездатності, еритроцитоз, запалення ясен та навіть пневмосклероз. набряк легень – головний симптом інтоксикації, який, як правило, розвивається через кілька годин після вдихання відносно невисоких, але потенційно небезпечних доз. Крім того, низькі концентрації можуть призвести до проблем з диханням. Існує безліч свідчень, що довготривалий вплив діоксиду азоту при концентраціях понад  $100 \text{ мкг/м}^3$  знижує функцію легень і збільшує ризик виникнення респіраторних захворювань [2].

Азотисті сполуки до верхньої межі біосфери – тропосфери представлені переважно оксидами азоту ( $\text{NO}_x$ ). У третині випадків випадають азотнокислі дощі, які містять нітритну ( $\text{HNO}_2$ ) та нітратну ( $\text{HNO}_3$ ) кислоти. До складу атмосферного повітря входить безліч азотовмісних сполук, але в утворенні кислотних дощів беруть участь дві: монооксид ( $\text{NO}$ ) і двоокис ( $\text{NO}_2$ ) азоту.

В атмосферному повітрі сполуки азоту з киснем утворюються внаслідок природних явищ, таких як блискавки та лісові пожежі. Під дією електричного розряду азот реагує з киснем повітря утворюючи монооксид [3]:



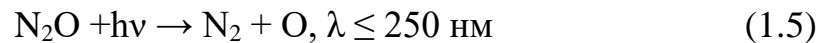
Монооксид азоту реагує з наступною молекулою кисню:



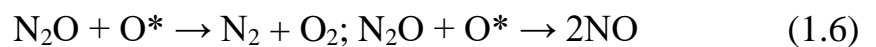
При грозі, електричні розряди в атмосфері внаслідок високої температури перетворюють молекулярний азот та кисень в оксиди азоту. В стані плазми атоми і молекули іонізуються і швидко вступають в хімічні реакції. Загальна кількість  $\text{NO}_x$ , яка утворилася таким способом складає 8 млн т/рік.

За стійкістю в тропосфері, оксиди азоту розташовуються в такому порядку: - закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ); - монооксид азоту ( $\text{NO}$ ); - діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ).

Щороку від природних процесів денітрифікації в атмосферне повітря надходить 100 мільйонів тон закису азоту. З атмосфери діоксид азоту виводиться в результаті процесу фотодисоціації:



або в результаті реакції зі збудженим атомом кисню:



Довгий період знаходження закису азоту в тропосфері пояснюється тим, що там майже немає випромінювання з довжиною хвилі меншої 250 нм і невисокий вміст збуджених атомів кисню. Проте, все змінюється в стратосферному шарі, куди рухаються молекули  $\text{N}_2\text{O}$ . Швидкість їхнього розкладання різко збільшується. Вміст закису азоту на висоті 35 км в 10 разів менший, ніж в тропосфері [3].

Ще одним природним джерелом надходження діоксиду азоту в атмосферу є денітрифікуюча активність мікроорганізмів (бактерій, водоростей, грибів), яка полягає в руйнуванні нітратів ґрунту та донних відкладів водою у такій послідовності:  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2$ .

Серед антропогенних джерел утворення оксидів азоту можна виділити спалювання викопного палива (вугілля, нафта, газ, тощо). Під час спалювання, під дією високої температури, азот та кисень повітря утворюють оксиди азоту, кількість яких пропорційна температурі горіння. Окрім цього, оксиди азоту утворюються внаслідок горіння наявних в паливі азотовмісних речовин. Спалюючи паливо, людство щороку викидає в атмосферне повітря близько 12 мільйонів тон оксидів азоту. Значний внесок в забруднення повітря оксидами азоту робить автомобільний транспорт. В цілому кількість природних і антропогенних викидів приблизно однакові. Кількість викидів оксидів азоту щороку збільшується, що призводить до утворення кислотних опадів [3].

Найбільш поширеною сполукою азоту, яка входить до складу викидів – монооксид азоту, який при взаємодії з киснем повітря утворює двоокис азоту, а в результаті реакції з радикалом гідроксиду перетворюється на азотну кислоту:



Отримана в ході реакції азотна кислота може тривалий час перебувати в газоподібному стані, бо вона погано конденсується. Це пояснюється тим, що азотна кислота легша, ніж, до прикладу, сірчана кислота. Випари азотної кислоти можуть поглинатися крапельками хмар, опадів або частками аерозолі та випасти на поверхню землі у вигляді азотнокислих опадів (кислотних дощів), де розпадаються на нітрати і нітрити [3].

В свою чергу, рослини поглинають нітрати і нітрити з ґрунту. Головним чинником, який визначає накопичення нітратів в овочах та фруктах є їх вид і

сорт. Так, до головних "накопичувачів" нітратів відносяться такі рослини: салат, шпинат, капуста, ревінь, редька, петрушка та редиска. Вони здатні вміщати нітратів до 4 г/кг маси рослини. Невеликі їх кількості здатні накопичувати помідори, цибуля, баклажани і огірки. Це явище пояснюється різною здатністю до поглинання нітрогену [4].

Оксиди азоту є одним із компонентів фотохімічного смогу, до складу якого ще входять: - озон; - оксиди сірки; - кислоти; - альдегіди [5].

Основні методи санітарного очищення газів від оксидів азоту зводяться до наступних: - окислювальні; - відновні; - сорбційні. Кожен клас поділяється на чотири групи, кожна з котрих об'єднує ряд однотипних методів очищення. Монооксид азоту (NO) є індиферентною сполукою, яка не утворює солі, і важко вступає в реакції з більшістю поглинаючих сполук. Для повнішого витягу оксидів азоту з газових сумішей проводять попереднє окислення монооксиду азоту в діоксиду та азотистий ангідрид. У промисловості використовується метод гомогенного окислення монооксиду азоту у діоксид в газовій фазі за допомогою кисню [6].



## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЦІОНАРНОЇ МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРИ У МІСТІ ОДЕСА

В атмосферному повітрі завжди перебуває певна кількість домішок. Навіть існує вислів про те, що повітря ніколи не буває чистим. Найбільш розповсюджені забруднювачі атмосферного повітря: - тверді частинки (ТЧ); - чадний газ (CO); - сажа; - діоксид азоту (NO<sub>2</sub>); - діоксид сірки (SO<sub>2</sub>); - фенол (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH); - формальдегід (CH<sub>2</sub>O); - фтористий водень (HF); - озон (O<sub>3</sub>).

Саме за цими ЗР обов'язково повинні проводитися спостереження. Забруднення атмосферного повітря відбувається внаслідок впливу природних та антропогенних джерел. До головних природних джерел забруднення повітря відносяться пилові бурі, виверження вулканів, лісові та степові пожежі. До основних антропогенних джерел забруднення повітря відносяться викиди промислових підприємств (діяльність ТЕС, котелень, нафтопереробних, машинобудівних, хімічних, будівельних та інших підприємств) та вихлопні гази автомобільного транспорту.

Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ) – оперативно-виробнича та методична організація ДСНС, головна організація з морського оперативно-прогностичного обслуговування морських галузей господарства України на Азовсько-Чорноморському басейні, налічує більше трьохсот співробітників, яка обладнана складною вимірювальною апаратурою і засобами зв'язку. ГМЦ ЧАМ здійснює гідрометеорологічне обслуговування та забезпечення органів державної влади, органів місцевого самоврядування і населення, збройних сил, організацій виробничо-господарського комплексу, підприємств цивільної авіації на внутрішніх і міжнародних авіалініях, мореплавання та інших видів транспорту, рибних промислів у морях, океанах та інших споживачів гідрометеорологічної інформації та продукції [7].

Мережа стаціонарних пунктів спостережень ГМЦ ЧАМ створена та працює відповідно до вимог розміщення пунктів спостережень. Кожен пункт

спостереження за забрудненням атмосферного повітря проводить відбір проб ЗР для визначення разових концентрацій домішок в м. Одеса та здійснює обробку результатів вимірювань. Відбір проб атмосферного повітря здійснюється на стаціонарних пунктах спостереження за забрудненням (ПСЗ), які знаходяться в різних частинах міста (рис. 2.1). Мережа стаціонарних пунктів складається з восьми лабораторій : ПСЗ №8, ПСЗ №10, ПСЗ №15, ПСЗ №16, ПСЗ №17, ПСЗ №18, ПСЗ №19 та ПСЗ №20. Спостереження на стаціонарних пунктах проводяться відповідно до однієї з програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій. Паралельно з відбором проб повітря визначають наступні метеорологічні параметри: напрямок та швидкість вітру, температура повітря, стан погоди і підстильної поверхні, відносна вологість повітря та парціальний тиск водяної пари [7].

ПСЗ №8 (Французький бульвар, 89) знаходиться в зеленій частині міста, недалеко від узбережжя Чорного моря на території ГМЦ ЧАМ.

Неподалік від нього знаходяться санаторій “Україна”, ботанічний сад ОНУ ім. Мечникова, Траса Здоров'я, дендропарк Перемоги. Там не проходять магістральні автошляхи та відсутні промислові підприємства. Тому значення концентрації ЗР, виміряні на ньому можна приймати як фонові по місту.

ПСЗ №10 (вул. Чорноморського Козацтва, 75) розташовується неподалік міжнародного шляху М-14 “Одеса-Мелітополь-Новоазовськ”.

ПСЗ №15 (Херсонський сквер) розташований в Херсонському сквері, неподалік міжнародного шляху М-14 та Міської клінічної інфекційної лікарні.

ПСЗ №16 (проспект Олександрійський, 32) знаходиться неподалік торгового центру “Олександрійський”, ринку ”Привоз” та Бізнес центру ”Шевченківський”.

ПСЗ №17 (вул. Колонтаївська, 58) знаходяться поблизу міжнародного автовокзалу ”Одеса” та міжнародного автошляху М-16 ”Одеса-Кучургани”.



ПСЗ №18 (вул. Балківська, 199) розташований поблизу міжнародного автошляху М-16 та скверу Георгія Гамова.

ПСЗ №19 (1 станція Люстдорфської дороги) знаходиться на перехресті вулиць з дуже інтенсивним рухом, а саме: вул. Космонавтів, вул. Люстдорфської дороги та Адміральського проспекту.

ПСЗ №20 (вул. Канатна, 81) розташовується поблизу залізничного вокзалу "Одеса-Головна" та площі-скверу "Куликове поле".

П'ять пунктів спостережень (ПСЗ №20, 19, 17, 16 та 8) знаходяться в Приморському районі міста, один в Малиновському (ПСЗ №18), два в Суворівському районі (ПСЗ №10 та 15) та жодного в Київському районі. ПСЗ №10, 15 та 17 знаходяться у промисловому районі міста, де значний вплив мають викиди небезпечних речовин від: нафтопереробного, цементного, судноремонтного, олійного та будівельного підприємств. Всі інші (окрім ПСЗ №8) пункти спостереження розташовані у районах міста з інтенсивним рухом автотранспорту.

Спостереження за пилом, діоксидом азоту, чадним газом та діоксидом азоту проводяться на всіх ПСЗ, а за сульфатами, сірководнем, фенолом, сажею, фтороводнем та формальдегідом – на окремих пунктах [7].

Найбільше коло домішок (дев'ять) вимірюється на ПСЗ №15 та 19, найменше (п'ять) на ПСЗ № 8. На інших пунктах спостереження вимірювання проводиться за сімома домішками [8].

Більшість цих пунктів спостережень розміщувалися поблизу основних промислових підприємств. Однак в результаті трансформації економічних процесів, які відбувались протягом останніх десятиріч, велика кількість промислових підприємств закрилися чи перепрофілювалися і як наслідок, суттєво зменшилось забруднення повітря прилеглих до них територій.

Натомість, нерідко у віддалених частинах міста сформувалися інші стаціонарні об'єкти викидів в атмосферу. Сьогодні, у разі збільшилась

кількість автомобільного транспорту і змінилися маршрути найінтенсивніших вантажних та пасажирських потоків. Окрім того, чисельність населення та площа м. Одеси значно збільшилися з часу формування мережі стаціонарних пунктів.

Отже, існуюча мережа стаціонарних пунктів спостережень в сучасних умовах не є оптимальною для виявлення та порівняння фонових, середніх та максимальних рівнів забруднення атмосферного повітря. Для усунення недоліків доцільно доповнити існуючу мережу новими пунктами, пріоритетом розміщення яких повинно бути відображення забруднення біля найбільших автошляхів, нових промислових зон, у зелених зонах міста – для отримання концентрацій домішок у повітрі, близьких до фонових по місту та в "спальних" районах.

Окрім цього, є недоліки в роботі самих пунктів та методології [8]:

- не проводиться моніторинг твердих частинок  $ТЧ_{10}$  і  $ТЧ_{2,5}$ ;
- не проводиться моніторинг таких речовин: поліциклічних ароматичних вуглеводнів, миш'яку, ртуті, кадмію, нікелю та деяких інших;
- даних про забруднення атмосферного повітря з мережі стаціонарних пунктів по місту немає у відкритому доступі;
- моніторинг проводиться не цілодобово, а максимум 4 рази за добу;
- організація та методологія моніторингу забруднення не відповідають стандартам Європейського Союзу.

### **3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ОДЕСА ДІОКСИДОМ АЗОТУ**

Місто Одеса вже котрий раз входить в п'ятірку лідерів у всеукраїнському рейтингу населених пунктів з найбільшим рівнем забруднення атмосферного повітря. Так, у 2020 році Одеса посіла п'яте місце за значенням комплексного індексу забруднення атмосфери 12,7 при середньому в Україні 7,0. Це, в першу чергу, пов'язано з викидами вихлопних газів автомобільного транспорту. Викиди від автотранспорту становлять майже 70% від загальної кількості забруднюючих речовин, які надходять в повітря. Лише вантажних автомобілів через м. Одеса в рік проходить майже півмільйона [9].

Проте, на рівень забруднення атмосферного повітря впливає не тільки кількість автомобілів, а і якість палива та стан самого транспорту. Тому, проблема забруднення повітряного басейну міста є дуже актуальною. Для визначення динаміки рівня забруднення повітряного басейну м. Одеса діоксидом азоту, в якості вихідних даних були використані результати спостережень за його вмістом на мережі восьми стаціонарних пунктів за період 2017-2019 рр. Ці дані представлені у вигляді ТЗА-1 і були надані Лабораторією спостережень за забрудненням атмосферного повітря ГМЦ ЧАМ.

Обробку та узагальнення даних спостережень проводять для: - отримання достовірної інформації про стан та причини забруднення атмосферного повітря; - виявлення тенденцій змін рівня забруднення атмосферного повітря; - розробки рекомендацій щодо зменшення рівня забруднення атмосферного повітря та інформування уповноважених органів державної влади для прийняття управлінських рішень. З цією метою в роботі були розраховані середньомісячні та середньорічні концентрації діоксиду азоту. В табл. (3.1) представлена характеристика програм спостереження за вмістом діоксиду азоту на стаціонарних пунктах спостережень в м. Одеса.

Таблиця 3.1 – Характеристика програм спостережень на стаціонарних пунктах за вмістом NO<sub>2</sub> в м. Одеса

Номер ПСЗ	Програма спостережень	Час відбору проб (години)
8	неповна	1,13,19
10	скорочена	7,19
15	повна	1,7,13,19
16	неповна	7,13,19
17	повна	1,7,13,19
18	скорочена	13,19
19	неповна	1,7,19
20	повна	1,7,13,19

Спостереження на стаціонарних пунктах проводяться за трьома різними програмами, а саме:

- за повною програмою: ПСЗ №15, 17, 20;
- за неповною програмою: ПСЗ №8, 16, 19;
- за скороченою програмою: ПСЗ №10, 18.

Аналіз рівнів забруднення атмосфери в м. Одеса за період 2017-2019 рр. проводився у три етапи, а саме:

1) на першому етапі роботи був проведений розрахунок та аналіз середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на пунктах та по місту в цілому та вивчено тенденції зміни рівнів забруднення на пунктах спостереження;

2) на другому етапі роботи був проведений розрахунок ІЗА по місту в цілому та проведений порівняльний аналіз тенденцій за трирічний період;

3) на третьому етапі роботи був проведений розрахунок середньорічних концентрацій на пунктах для побудови поля та вивчення просторових особливостей розподілу діоксиду азоту.

*На першому етапі роботи* був проведений розрахунок та аналіз середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на пунктах та по місту в цілому (Додаток Б, табл. Б.1) і вивчено тенденції зміни рівнів забруднення на пунктах спостереження.

В 2017 р. атмосфера була чистою лише в місці розташування ПСЗ №8 (див. табл. Б.1). Над іншими пунктами міста атмосфера була забруднена, оскільки виявлено перевищення ГДК<sub>сд</sub>. Рівень забруднення атмосфери над цими пунктами спостережень змінюється у кратності ГДК<sub>сд</sub> від 1,30 до 1,95 разів. Найбільший ступінь забруднення атмосферного повітря зафіксований у липні-серпні на ПСЗ №18 в 1,95 разів.

В 2018 р. атмосфера була чистою лише в місці знаходження ПСЗ №8. Над іншими пунктами міста атмосфера була забруднена. Рівень забруднення атмосфери над цими пунктами спостережень змінюється у кратності ГДК<sub>сд</sub> від 1,30 до 1,83 разів. Найбільший ступінь забруднення атмосферного повітря виявлений у травні-червні на ПСЗ №18 в 1,83 рази.

В 2019 р. повітряний басейн був чистий тільки в районі розташування ПСЗ №8. Над іншими пунктами спостереження атмосфера була забруднена. Рівень забруднення атмосфери над цими пунктами спостережень змінюється у кратності ГДК<sub>сд</sub> від 1,40 до 1,85 разів. Найбільший ступінь забруднення атмосферного повітря зафіксований у квітні на ПСЗ №10 та в червні на ПСЗ №16 в 1,85 рази.

На основі даних табл. Б.1 Додатку Б побудовані графіки часового ходу середньомісячних концентрацій NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі м. Одеса (рис. 3.1). Крім того, за результатами розрахунку показників кратності перевищення ГДК на (рис. 3.2) хід даного показника репрезентований графічно.



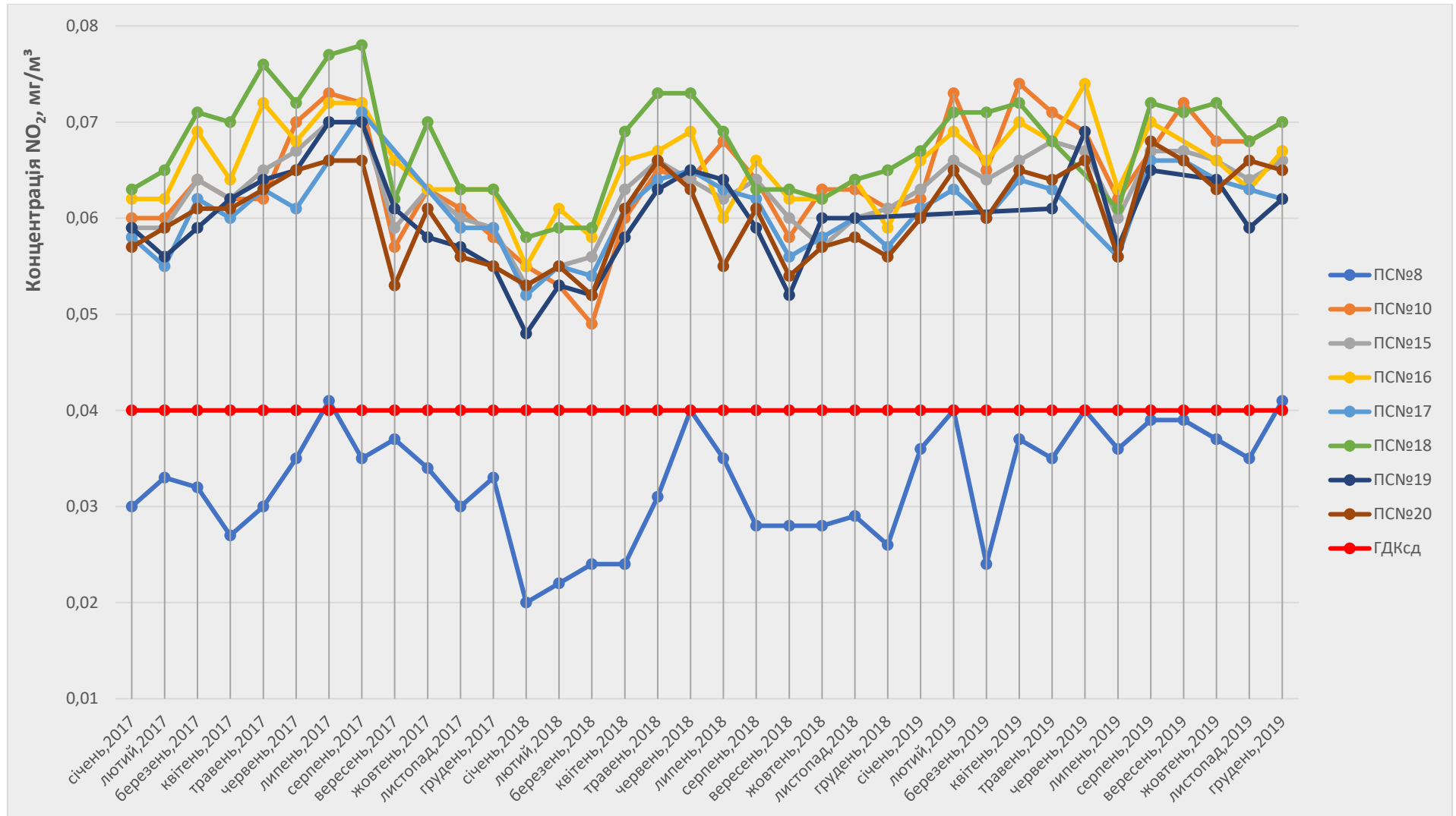


Рисунок 3.1 – Часовий хід середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на стаціонарних пунктах (м. Одеса, 2017-2019 рр.)

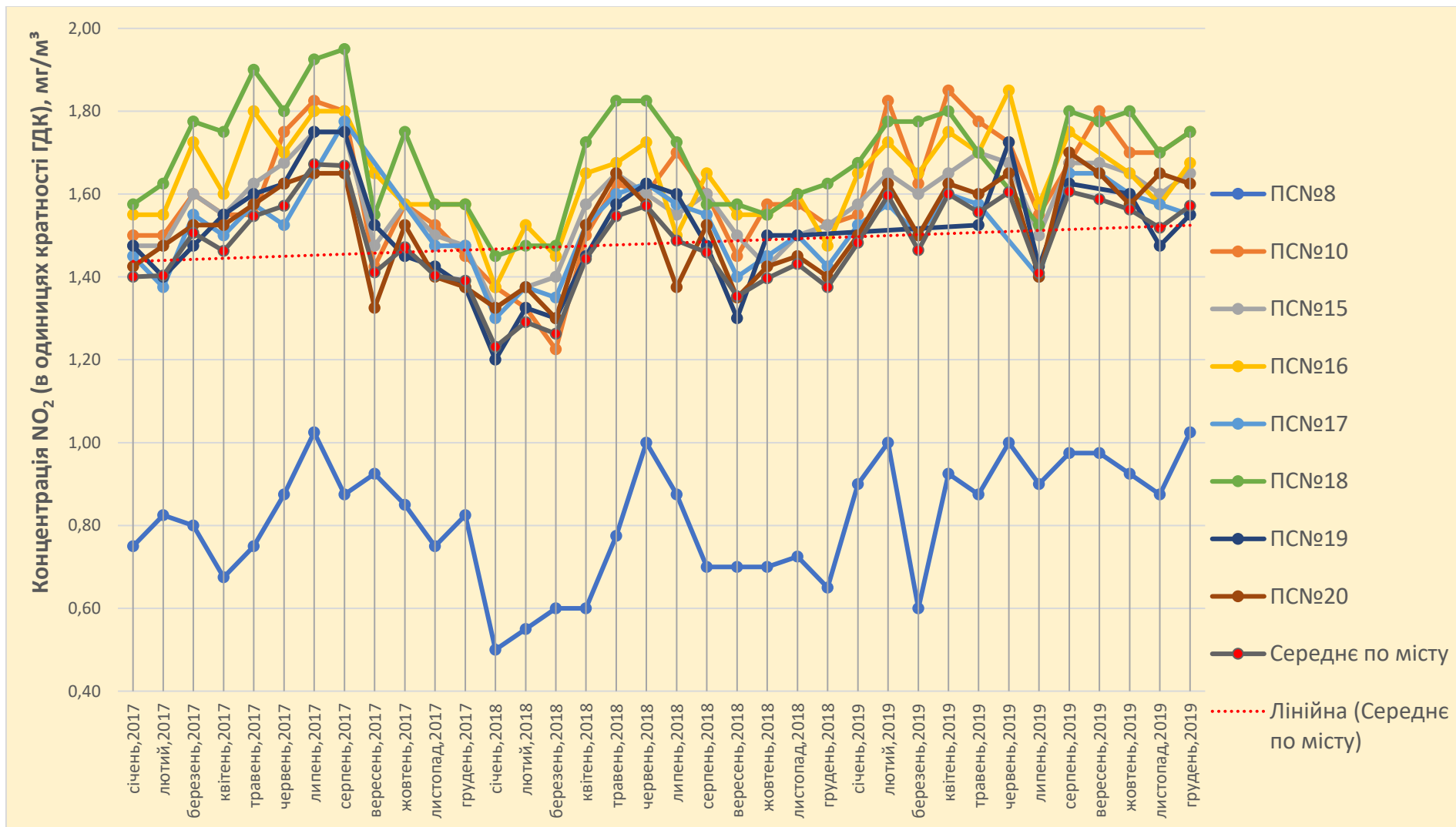


Рисунок 3.2 – Часовий хід показника кратності перевищення ГДК за діоксидом азоту на стаціонарних пунктах (м. Одеса, 2017-2019 рр.)

В 2017 р. відмічаємо синхронний хід кривих середньомісячних концентрацій протягом року на всіх пунктах, окрім ПСЗ №8. На графіку можна побачити загальну тенденцію збільшення рівня забруднення повітря у період з січня по серпень на всіх пунктах. Також чітко видно зменшення середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на всіх пунктах з жовтня по грудень. Середньомісячні концентрації на всіх пунктах впродовж 2017 р. змінюються у вузьких межах.

В 2018 р. слід відмітити загальну тенденцію збільшення рівня забруднення повітря у період з січня по червень на всіх пунктах. Також тут чітко простежується загальна тенденція зменшення середньомісячних концентрацій діоксиду азоту на всіх пунктах з липня по грудень. Середньомісячні концентрації  $\text{NO}_2$  в атмосферному повітрі м. Одеса в 2018 р. на всіх пунктах протягом року змінюються у вузькому діапазоні.

За графіком часового ходу середньомісячних концентрацій  $\text{NO}_2$  в атмосферному повітрі м. Одеса в 2019 р. видно, що в цілому простежується синхронний хід кривих на всіх пунктах спостережень. Тут не можна виділити особливо великого періоду збільшення рівня забруднення, але чітко видно зниження вмісту діоксиду азоту на всіх пунктах у березні та липні. Середньомісячні концентрації на всіх пунктах спостережень протягом року змінюються у вузьких межах.

В нашій ситуації можна припустити, що у процесі формування рівнів забруднення повітряного басейну міста значною мірою впливали метеорологічні чинники.

**На другому етапі роботи** виконаний розрахунок ІЗА по місту в цілому та проаналізовані особливості змін показника за трирічний період дослідження.

Для оцінки ступеня забруднення атмосфери отримані в результаті спостережень середні і максимальні концентрації нормуються на величину середньої (максимальної) концентрації для більш великого регіону або на санітарно-гігієнічний норматив, наприклад на ГДК. Нормовані

характеристики забруднення називають індексом забруднення атмосфери (ІЗА). ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою [10]:

$$I = \left( \frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right) C_i, \quad (3.1)$$

$$\text{або } I = \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{cd}} \right) C_i, \quad (3.2)$$

де  $q_p$  та  $\bar{q}$  – фактичні максимальна та середня концентрації ЗР в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;  $C_i$  – 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  $i$ -ї речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Розрахунок ІЗА заснований на принципі, що на рівні ГДК усі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину і при подальшому збільшенні концентрації ступінь їхньої шкідливості зростає з різною швидкістю, що залежить від класу небезпеки речовини. Вважається, що при  $ІЗА \leq 1$  якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам [10].

Репрезентовані графічно результати розрахунку ІЗА для м. Одеса для кожного місяця протягом 2017-2019 рр. з використанням формули (3.2) представлені на рис. 3.3. Аналізуючи графік ходу показника встановлюємо, що найбільші значення ІЗА спостерігалися в липні-серпні 2017 року, в червні 2018 року, а також в лютому, квітні, червні та серпні 2019 року. Найменші ж значення ІЗА спостерігалися в грудні 2017-2018 років і в липні 2019 року. Не можна виявити стійких періодів збільшення або зменшення рівнів забруднення протягом цих трьох років. В середньому, значення ІЗА у 2017 році складає 1,5; у 2018 році – 1,4 та у 2019 році – 1,54.

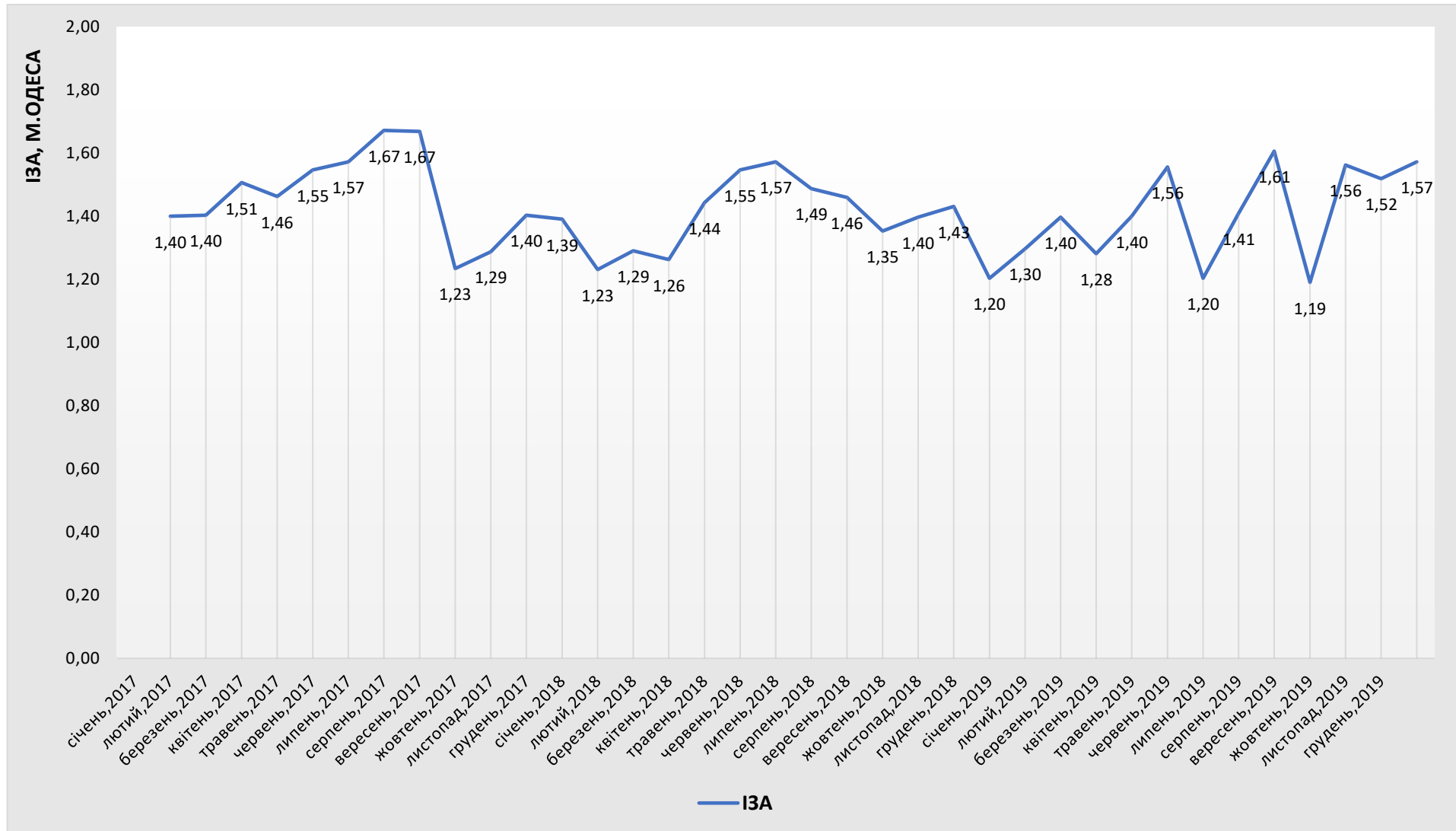


Рисунок 3.3 – Часовий хід ІЗА в м. Одеса (2017-2019 рр.)

Значення ІЗА перевищувало одиницю протягом трьох років, тому повітряний басейн в м. Одеса увесь час був забруднений. В цілому, спостерігаються невеликі коливання середньорічного значення ІЗА протягом 2017-2019 років. У порівнянні зі значенням ІЗА у 2017 році, у 2018 році, спостерігалось невелике зменшення рівня забруднення, а потім, у 2019 році відбулося незначне збільшення рівня забруднення, яке незначно перевищує рівень 2017 року.

*На третьому етапі роботи* був проведений розрахунок середньорічних концентрацій на пунктах для побудови поля та вивчення просторових особливостей розподілу діоксиду азоту. На основі розрахованих даних про середньорічні концентрації  $\text{NO}_2$  на мережі стаціонарних постів спостережень в м. Одеса (2017-2019 рр.) були побудовані поля середньорічних концентрацій діоксиду азоту за три роки (рис. 3.4).

На рис. (3.4 - а) наведено поле середньорічних концентрацій діоксиду азоту в м. Одеса для 2017 року. На рисунку проведено три ізолінії зі значенням  $0,040 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,050 \text{ мг/м}^3$  та  $0,060 \text{ мг/м}^3$ . Ізолінія зі значенням  $0,040 \text{ мг/м}^3$  відповідає значенню  $\text{ГДК}_{\text{сд}}$  та умовно поділяє всю територію міста на дві частини: забруднену та чисту. Ізолінії зі значення  $0,050 \text{ мг/м}^3$  та  $0,04 \text{ мг/м}^3$  витягнуті вздовж узбережжя Чорного моря. Ізолінія зі значенням  $0,060 \text{ мг/м}^3$  має складну конфігурацію. В районі розташування ПСЗ №16 та 18 спостерігається найбільше забруднення. Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту зменшуються із заходу на схід.

На рис. (3.4 - б) наведено поле середньорічних концентрацій діоксиду азоту в м. Одеса для 2018 року. На рисунку проведено чотири ізолінії зі значенням  $0,030 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,040 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,050 \text{ мг/м}^3$  та  $0,060 \text{ мг/м}^3$ . Ізолінія зі значенням  $0,040 \text{ мг/м}^3$  дорівнює значенню  $\text{ГДК}_{\text{сд}}$  та умовно розділяє територію міста на дві частини: чисту і забруднену. Ізолінії зі значенням  $0,050 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,04 \text{ мг/м}^3$  та  $0,030 \text{ мг/м}^3$  проходять вздовж узбережжя Чорного моря.

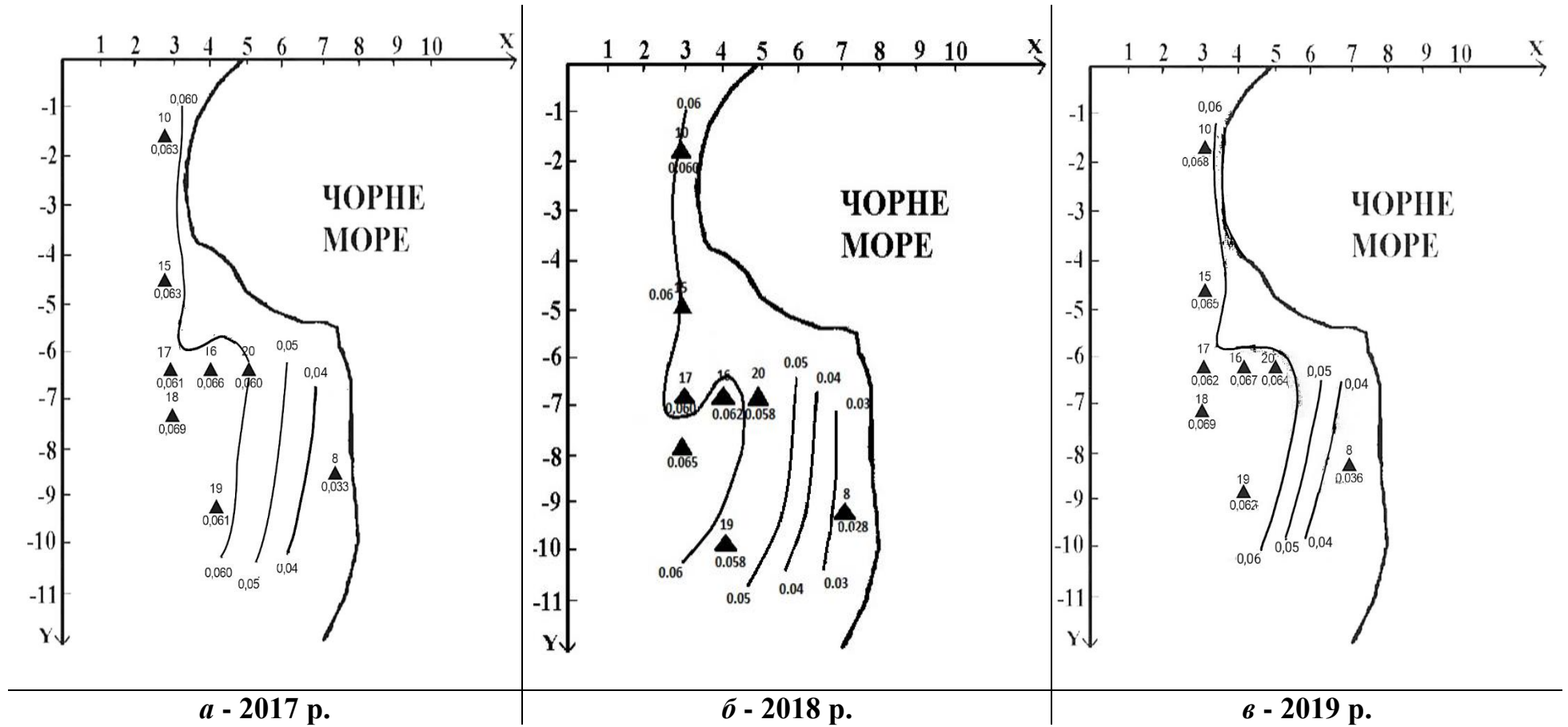


Рисунок 3.4 – Поля середньорічних концентрацій діоксиду азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.)

Ізолінія зі значенням  $0,060 \text{ мг/м}^3$  територіально виділяє в місці знаходження ПСЗ №16 та 18 зону найбільшого забруднення атмосфери. Загалом рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту збільшується зі сходу на захід.

На рис. (3.4 - в) наведено поле середньорічних концентрацій діоксиду азоту у місті Одеса для 2019 року. На рисунку проведено три ізолінії зі значенням  $0,040 \text{ мг/м}^3$ ,  $0,050 \text{ мг/м}^3$  та  $0,060 \text{ мг/м}^3$ . Ізолінія зі значенням  $0,040 \text{ мг/м}^3$  відповідає значенню середньодобової гранично допустимої концентрації та умовно ділить територію міста на дві частини: забруднену та чисту.

Ізолінії зі значення  $0,050 \text{ мг/м}^3$  та  $0,04 \text{ мг/м}^3$  проходять паралельно до узбережжя Чорного моря. Ізолінія зі значенням  $0,060 \text{ мг/м}^3$  відокремлює територію з найбільшим рівнем забруднення. Загалом рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту зменшуються в напрямку із заходу на схід.

В цілому, з рисунку (3.4) можна побачити, що територіальний розподіл рівнів забруднення повітряного басейну за період 2017-2019 рр. принципово не змінився.



## 4. ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТА ОДЕСА ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ДІОКСИДОМ АЗОТУ

### 4.1 Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери

*На четвертому етапі роботи* виконана оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосферного повітря м. Одеси діоксидом азоту. Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення виконується окремо залежно від якості атмосферного повітря, питної води, водних об'єктів, ґрунту, продуктів харчування та рівня шуму. Ця оцінка дозволяє інтегрувати ризики за окремими забруднюючими речовинами, об'єктами навколишнього середовища, адміністративними та ландшафтними одиницями з метою встановлення комбінованої або комплексної дії негативних чинників. Під комбінованою дією розуміється вплив декількох домішок, що надходять через один з компонентів навколишнього середовища (повітря, вода і т.д.). Комплексна дія – це вплив однієї чи декількох домішок, оцінюване через кілька факторів навколишнього середовища (повітря чи вода та ін.) [11]. При трактуванні отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються ранговою шкалою, наведеною в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення [11]

<i>Risk</i>	Клас	Характеристика ризику
<0,1	1	Незначний вплив на здоров'я населення
0,1-0,19	2	Слабкий вплив, граничні хронічні ефекти
0,2-0,59	3	Значний вплив, важку хронічні ефекти
0,6-0,89	4	Великий вплив, важкі гострі ефекти
0,9-1,0	5	Дуже важкий вплив, смертельні ефекти

Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення дозволяє також рангувати ризики за окремими забруднюючими речовинами з метою встановлення причини забруднення на основі ідентифікації найбільш небезпечних джерел антропогенного впливу на стан довкілля. Важливим етапом оцінки ризику здоров'ю населення є керування ризиком на основі економічної оцінки ризику, який дозволяє визначати еколого-економічну ефективність природоохоронних заходів з метою мінімізації впливу антропогенних чинників на стан навколишнього середовища та забезпечення комфортності життя населення. Таким чином, методи оцінки ризику дуже перспективні, тому що дозволяють на основі адекватної оцінки впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на здоров'я населення ідентифікувати зони підвищеної екологічної небезпеки і виробляти необхідні управлінські рішення з пріоритетності реалізації природоохоронних заходів. Потенційний ризик здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери визначається за формулою [11]:

$$Risk = 1 - \exp \left( \ln(0,84) * \frac{\left(\frac{c}{ГДК}\right)^b}{K_3} \right), \quad (4.1)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу, що визначається за табл. 4.2;  $b$  – коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоефекти домішок різних класів небезпеки згідно з табл.4. 2 [11]:

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнтів  $K_3$  і  $b$  для речовин різних класів небезпеки [11]:

Клас небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт запасу $K_3$	Коефіцієнт $b$
1	7,5	2,35
2	6,0	1,28
3	4,5	1,0
4	3,0	0,87

Так як діоксид азоту відноситься до забруднюючих атмосферне повітря речовин III-го класу небезпеки, то для розрахунку значень ризику (*Risk*) використовуємо  $K_3=4,5$  та  $b=1,0$ .

Результати розрахунку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.). представлені в табл. В.1 Додатку В та репрезентовані графічно на рис. 4.1.

Встановлюємо, що для всіх восьми стаціонарних пунктів спостереження за станом атмосферного повітря в м. Одеса розраховані значення потенційного ризику, який наноситься здоров'ю населення при хронічному впливі, від забруднення атмосфери діоксидом азоту не перевищують значення «0,1», що свідчить про «незначний вплив на здоров'я населення» і кваліфікацію ризику 1-го класу. Аналізуючи графіки зміни потенційного ризику відмічаємо, що порівняно з іншими чітко виділяється ситуація на 8-му пункті спостереження, як найбільш безпечна для населення бо ризику для здоров'я людей, які перебувають територіально в районі розташування цього контрольного пункту, є найменшими. Найнебезпечніше перебувати в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферному повітрі в районі розташування 18-го стаціонарного пункту спостереження.

З трирічного періоду дослідження саме період з травня по серпень 2017 року характеризується найвищими значеннями потенційного ризику, а в період з січня по квітень 2018 р. відмічаються найменші значення ризику для здоров'я населення від вдихання забрудненого двоокисом азоту повітря в м. Одеса.

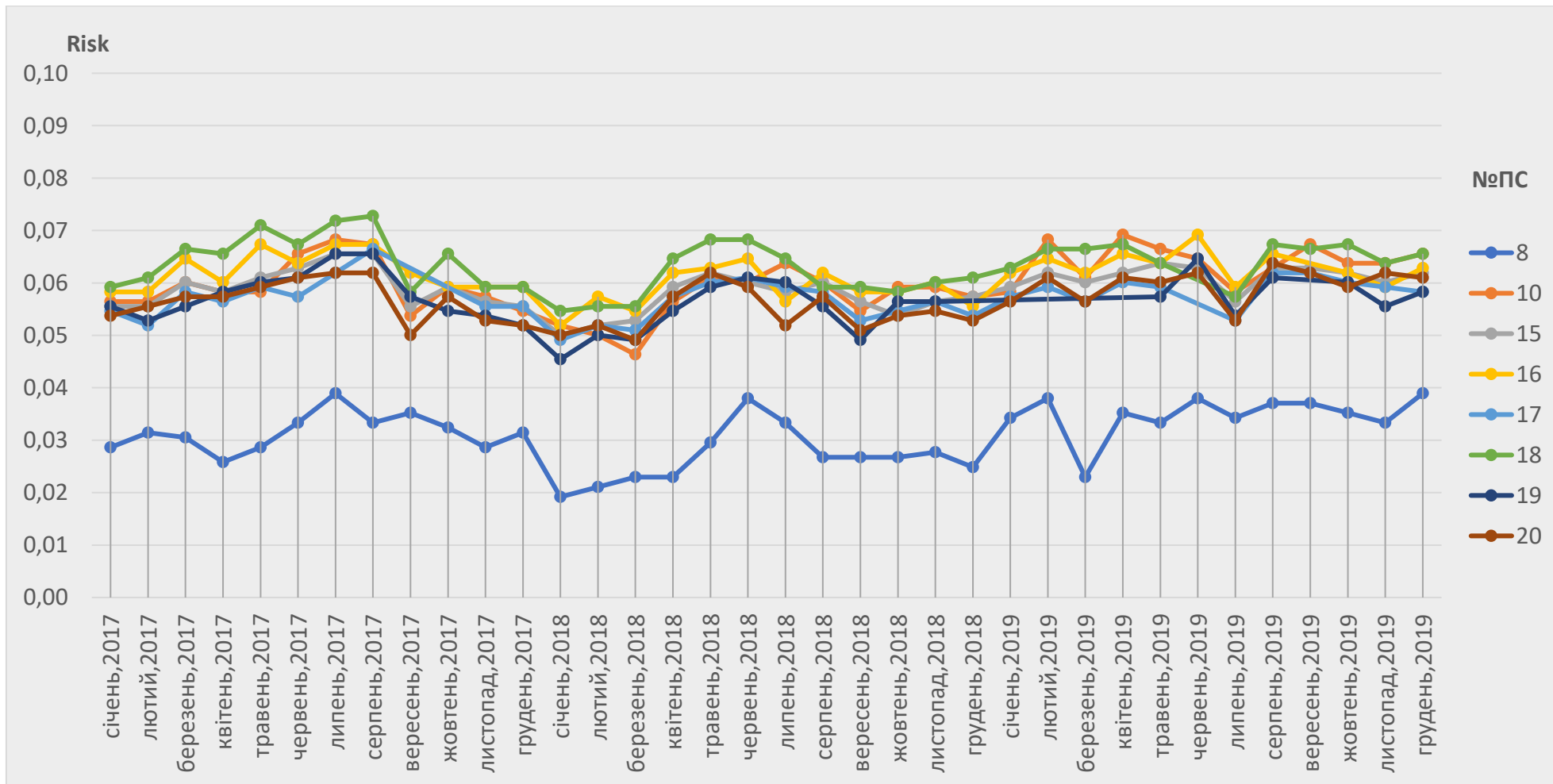


Рисунок 4.1 – Графіки зміни потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.).

## 4.2 Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря

*На п'ятому етапі роботи* виконана оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря м. Одеса діоксидом азоту в 2017-2019 рр.

Оцінки залежності "доза-відгук" в задачах розрахунку потенційного ризику для здоров'я населення заснована на логарифмічній залежності від рівнів впливу забруднюючих речовин і дозволяє адекватно інтегрувати їх. Наведемо основні розрахункові модулі потенційного ризику, що обчислюється окремо залежно від якості атмосферного повітря, питної води, водних об'єктів, ґрунту, продуктів харчування та рівня шуму [12].

В результаті забруднення атмосферного повітря ризик прояву негайних токсичних ефектів оцінюється для чотирьох класів небезпеки забруднюючих речовин у пробітах ( $Prob$ ) за формулами [12]:

$$1 \text{ клас } Prob = -9,15 + 11,66 \lg(C/ГДК_{м.р.}), \quad (4.2)$$

$$2 \text{ клас } Prob = -5,51 + 7,49 \lg(C/ГДК_{м.р.}), \quad (4.3)$$

$$3 \text{ клас } Prob = -2,35 + 3,73 \lg(C/ГДК_{м.р.}), \quad (4.4)$$

$$4 \text{ клас } Prob = -1,41 + 2,33 \lg(C/ГДК_{м.р.}), \quad (4.5)$$

де  $C$  – концентрація забруднюючої речовини;  $ГДК_{м.р.}$  – максимальні разові ГДК, які призначені для регламентації максимальних рівнів приземних концентрацій забруднюючих речовин з метою попередження розвитку негайних токсичних ефектів. Максимальні разові  $ГДК_{м.р.}$  визначаються за формулою:

$$ГДК_{м.р.} = EC_{16}/K_3, \quad (4.6)$$

де  $EC_{16}$  – концентрація речовини, прийнята в якості граничної при однократному впливі, яка викликає токсичний (рефлекторний, дратівний і ін.)

ефект з імовірністю 16%;  $K_3$  – коефіцієнт запасу, що визначається залежно від класу небезпеки речовин:

- для першого класу  $K_3 = 5,0$ ;
- для другого класу  $K_3 = 4,0$ ;
- для третього класу  $K_3 = 2,3$ ;
- для четвертого класу  $K_3 = 1,5$  [12].

Відповідність "пробітів" і ймовірності ефекту (*Risk*) пов'язані табличним інтегралом [12]:

$$Risk = (1 / \sqrt{(2\pi)}) \int_{-\infty}^{Prob} e^{t^2/2} dt . \quad (4.7)$$

Для практичного перетворення *Prob* в *Risk* можна використовувати спеціальну таблицю або вбудовані функції спеціалізованих пакетів програм. Так, наприклад, загальновідомий табличний процесор Excel, який є складовою частиною продуктів серії Microsoft Office, для цієї мети пропонує вбудовану функцію нормального імовірнісного розподілу табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормально-імовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосфери

<i>Prob</i>	<i>Risk</i>	<i>Prob</i>	<i>Risk</i>	<i>Prob</i>	<i>Risk</i>
-3,0	0,001	-0,6	0,274	0,7	0,758
-2,5	0,006	-0,4	0,345	0,9	0,816
-2,0	0,023	-0,2	0,421	1,1	0,864
-1,8	0,036	-0,1	0,460	1,3	0,903
-1,6	0,055	0,0	0,500	1,5	0,933
-1,4	0,081	0,1	0,540	1,7	0,955
-1,2	0,115	0,2	0,579	1,9	0,971
-1,0	0,157	0,3	0,618	2,5	0,994
-0,8	0,212	0,5	0,692	3,0	0,999

При трактування отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення рекомендовано користуються такою ранговою шкалою [12]:

Таблиця 4.4 – Залежність ваги ефектів від величини ризику

Вага ефектів	<i>Risk</i>
Рівні мінімального ризику	<0,1
Граничні хронічні ефекти	0,1-0,19
Важкі хронічні ефекти	0,2-0,19
Важкі гострі ефекти	0,6-0,89
Смертельні ефекти	0,9-1,0

Результати розрахунку ризику прояву негайних токсичних ефектів у пробітах (*Prob(III)*) від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.) представлені графічно на рис. 4.2. Для трактування отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення за допомогою рангової шкали спочатку необхідно здійснити практичне перетворення *Prob* в *Risk* або за спеціальною таблицею (табл. 4.3.) або за допомогою вбудованої функції спеціалізованих пакетів програм. Використовуємо перший варіант – перехідну таблицю.

Встановлюємо, що значення *Prob(III)* для досліджуваної забруднюючої атмосферу речовини за весь період дослідження змінюються в діапазоні від -4,153 (січень, 2018 р., ПС№8) до -1,948 (серпень, 2017 р., ПС№18). Це свідчить про те, що за перехідною до значень ризику (*Risk*) таблицею ми отримуємо орієнтовні його значення в діапазоні 0,001 - 0,023; за аналізом яких формулюємо висновок про «мінімальний» рівень ризику прояву негайних токсичних ефектів для населення від забруднення атмосферного повітря м. Одеси діоксидом азоту в 2017-2019 рр.

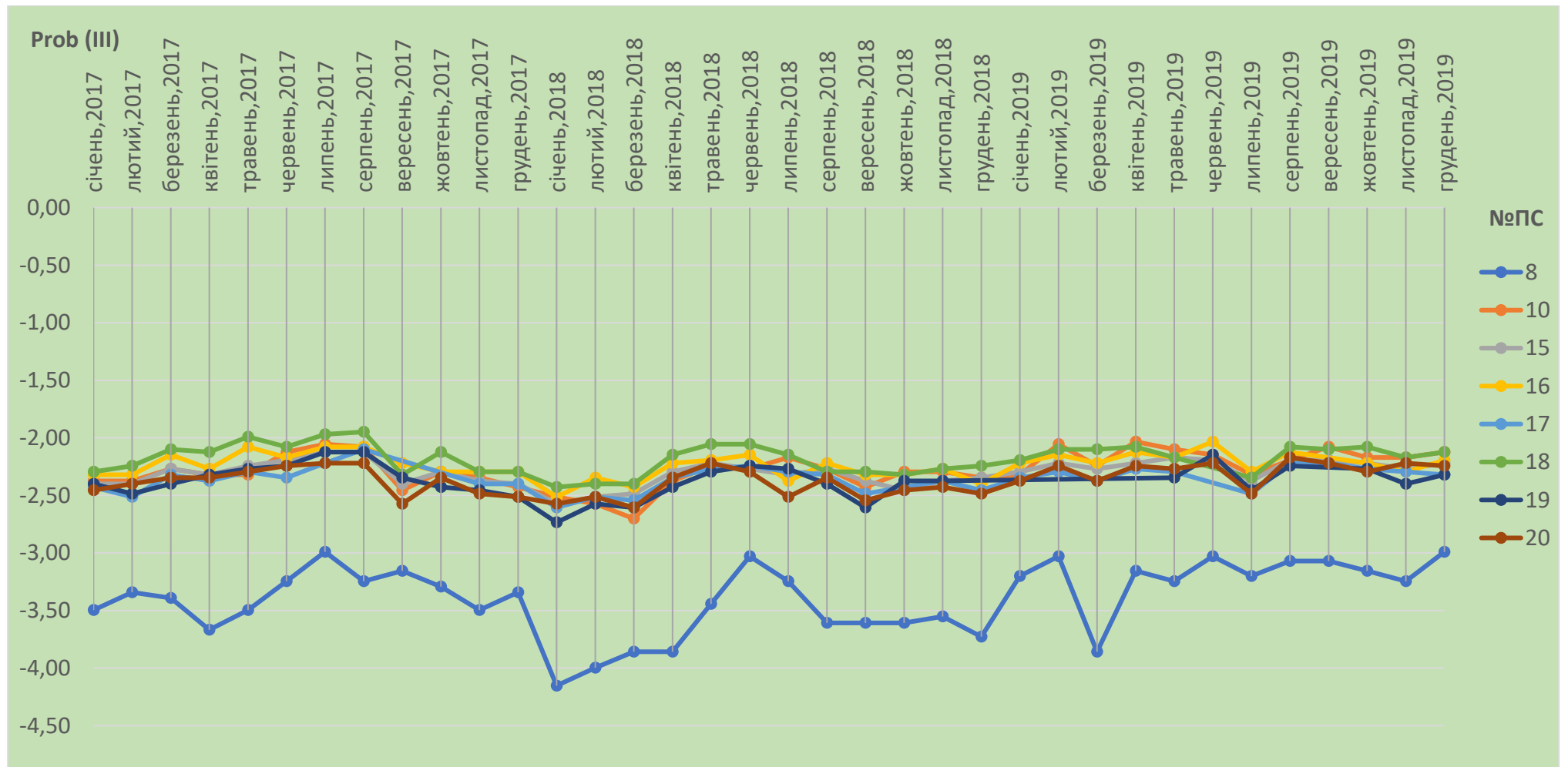


Рисунок 4.2 – Графік хронологічного ходу ризику прояву негайних токсичних ефектів у пробітах ( $Prob(III)$ ) від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.)



### 4.3 Оцінка ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря

*На шостому етапі роботи* виконана оцінка ризику хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря м. Одеса діоксидом азоту в 2017-2019 рр. з врахуванням часу експозиції – часу перебування в умовах забрудненого повітря від 1 до 24 годин. Необхідність у виконанні саме такої оцінки пов'язана з тим, що при наявних в атмосферному повітрі міста концентрацій діоксиду азоту, які перевищують  $ГДК_{с.д.}$  на всіх стаціонарних пунктах спостереження крім 8-го за аналізом результатів попередньо виконаних досліджень (Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери, Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря) встановлено, що небезпека від забруднення  $NO_2$  атмосфери є незначною. При застосуванні методики, яка базується на лінійно-експоненціальній безпороговій моделі дослідимо як будуть змінюватися ризики хронічної інтоксикації населення в залежності від збільшення тривалості перебування населення міста на відкритому повітрі в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферного повітря.

Для вираження ризику хронічної інтоксикації –  $R_p$  (в тому числі й канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, використовують лінійно-експоненціальну безпорогову модель [13]:

$$R_p = 1 - \exp(-UR \times \tau \times c^\beta) \quad (4.8)$$

де  $UR$  – одиничний ризик – коефіцієнт пропорційності, який пов'язує значення ризику із концентрацією токсиканта;  $c$  – концентрація або доза речовини, яка чинить негативний вплив на організм людини протягом часу експозиції –  $\tau$ ;  $\beta$  – коефіцієнт, який враховує особливості токсичних властивостей речовин. Для виконання практичних розрахунків більш зручним є наступний запис рівняння (4.8) [13]:

$$R_p = 1 - \exp \left[ -0,174 \times \left( \frac{c}{ГДК_{cd} \times K_p} \right)^\beta \times \tau \right] \quad (4.9)$$

де  $ГДК_{cd}$  – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у атмосферному повітрі населених місць, мг/м<sup>3</sup>. Ця концентрація не повинна негативно впливати на організм людини прямо чи опосередковано при невизначено тривалому вдиханні. Параметри  $\beta$  та  $K_p$ , рекомендовані для розрахунків, представлені в табл. 4.5. Не залежно від класу небезпеки речовини, при концентрації, яка не перевищує значення  $ГДК_{cd}$ ,  $\beta = 1,00$  [13].

Таблиця 4.5 – Параметри для розрахунку ризику хронічної інтоксикації, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря [13]

Клас небезпеки токсиканта	Характеристика речовини	$\beta$	$K_p$
1-й	Надзвичайно небезпечні	2,40	7,5
2-й	Високонебезпечні	1,31	6,0
3-й	Помірно небезпечні	1,00	4,5
4-й	Малонебезпечні	0,86	3,0

Залежності ризику хронічних захворювань, обумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення гранично допустимих концентрацій для речовин різних класів небезпеки не є прямою, а лінійно-експоненціальною. При цьому потенційний ризик захворюваності населення є функцією кратності перевищення концентрації токсиканта в атмосферному повітрі для речовин різних класів небезпеки [13].

Результати розрахунків канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення м. Одеса від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту залежно від часу експозиції (2017-2019 рр.) репрезентовані графічно на рис. 4.3.

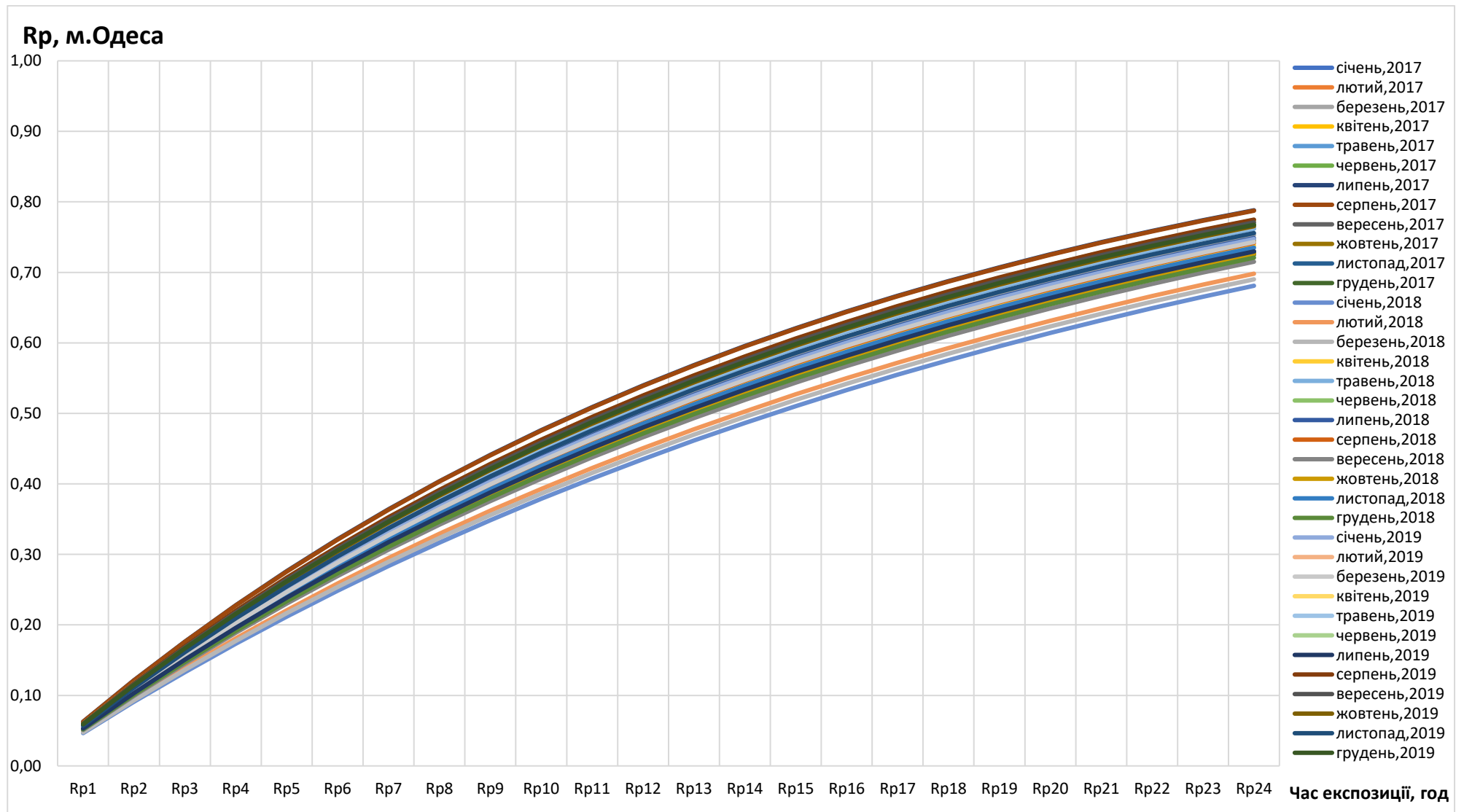


Рисунок 4.3 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (2017-2019 рр.)

Встановлюємо, що за досліджуваний період чітко виділяються періоди прищвидшеного збільшення ризиків отримати негативну шкоду здоров'ю через збільшення тривалості знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря – це серпень 2017 р., вересень та грудень 2019 р.

Повільніше всього збільшується ризик хронічної інтоксикації в січні, лютому та березні 2018 р. З вірогідністю 50 % відчутним стане канцерогенний ризик хронічної інтоксикації через 10-14 годин знаходження в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферного повітря м. Одеси.

Дослідження зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації залежно від часу експозиції для кожного з восьми пунктів спостереження представлені на рисунках Б.1-Б.8 Додатку Б.

#### **4.4 Визначення ризику впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище**

*На сьомому етапі роботи* виконана оцінка ризику впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище з акцентуванням уваги на забрудненні одного з компонентів природного середовища – атмосферного повітря м. Одеса діоксидом азоту за період 2017-2019 рр.

Теоретичні положення методики викладені у наукових працях колективу авторів Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут» (*Статюха Г.О., Бойко Т.В., Абрамова А.О., 2010, 2013*). Дослідники виявили, що для визначення значень екологічного ризику впливу об'єктів господарської діяльності на довкілля відповідні статистичні дані практично відсутні. Тому автори в дослідженнях [14] і [15] розробили **Методику визначення ризику впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище**, що є найменш розробленими. Процедура розрахунку ризику розроблена на основі запропонованої авторами системи індексів енергетичних забруднень. Система таких індексів сформована на основі кількісних показників, що характеризують енергетичне забруднення

(акустичне, вібраційне, електромагнітне, радіаційне), що визначаються згідно нормативної документації [16-19].

Одним з основних аспектів оцінки впливу на природне середовище є оцінка комплексних заходів щодо забезпечення нормативного стану оточуючого середовища та її безпеки. Комплекс проектних рішень, крім ресурсозберігаючих, захисних, відбудовних і компенсаційних заходів, повинен містити визначення ступеня екологічного ризику планованої діяльності й впливів на умови життєдіяльності людини, а кількісні і якісні показники оцінки рівнів екологічного ризику та безпеки для життєдіяльності населення планованої діяльності є обов'язковими для заяви про екологічні наслідки діяльності [15].

Визначення ризиків впливу на оточуюче природне середовище можливе через встановлення зв'язку індексів (показників) забруднення компоненту оточуючого середовища із встановленим прийнятним рівнем екологічного ризику [15]. Встановлення такого зв'язку здійснювалось з використанням функції бажаності Харингтона (кількісної оцінки якості компонента оточуючого середовища, відповідно до об'єкта, що проектується). У результаті сформовано відповідність оцінок за шкалою бажаності, лінгвістичними змінними та значеннями рівнів ризику [20].

Для визначення ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення навколишнього середовища для об'єктів, на яких такі ризики можуть бути реально присутніми користуються наступною формулою у двох її представленнях з [15], [14]:

$$R_j = a \cdot \exp[b(1 - I_j)], \quad (4.10)$$

або

$$R_j = a \cdot e^{b(1 - I_j)} \quad (4.11)$$

де  $R_j$  – ризик за  $j$ -им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища (безрозмірний);

$e$  – експоненціальна функція;

$a, b$  – константи ( $a = 4,99 \cdot 10^{-6}$ ;  $b = -7,557$ );

$I_j$  – індекс забруднення за  $j$ -им видом забруднення (безрозмірний), який визначається за табл. 4.6 і 4.7.

Таблиця 4.6 – Визначення індексу забруднення компонентів природного середовища [15]

Компонент середовища	Сформована система індексів	
	Вихідні дані	Розрахункова залежність $I_j$
Атмосфера ( $j=1$ )	$KП$ – кратність перевищення нормативів [безр.]	$I_1 = 1 - \exp\{-[\exp(0,25 \cdot KП - 1)]\}$
Гідросфера ( $j=2$ )	$IЗВ$ – індекс забруднення вод за показниками [безр.]	$I_2 = 1 - \exp\{-[\exp(0,2 \cdot IЗВ - 1)]\}$
Ґрунт ( $j=3$ )	$Zc$ – сумарний показник забруднення ґрунту [безр.]	$I_3 = 1 - \exp\{-[\exp(0,016 \cdot Zc - 1)]\}$

Таблиця 4.7 – Визначення індексу енергетичного забруднення компонентів природного середовища [15]

Вид енергетичного забруднення	Сформована система індексів	
	Вихідні дані	Розрахункова залежність $I_{k,j}$
Акустичне [шум] ( $j=4$ )	$La$ – рівень шуму [дБА]	$I_4 = 1 - \exp\{-[\exp(0,025 \cdot La - 1)]\}$
Акустичне [інфразвук] ( $j=5$ )	$\Delta L$ – рівень звукового тиску [дБ]	$I_5 = 1 - \exp\{-[\exp(0,1 \cdot \Delta L - 1)]\}$
Акустичне [ультразвук] ( $j=6$ )	$L_{vg}$ – логарифмічний рівень віброшвидкості [м/с <sup>2</sup> ]	$I_6 = 1 - \exp\{-[\exp(0,001 \cdot L_{vg} - 1)]\}$
Електромагнітне [сталі магнітні поля] ( $j=7$ )	$H_{гд}$ – гранично допустиме значення напруженості магнітного поля [кА/м]	$I_7 = 1 - \exp\{-[\exp(0,25 \cdot H_{гд} - 1)]\}$
Електромагнітне [електричні поля частотою 50 Гц] ( $j=8$ )	$E_{гд}$ – гранично допустиме значення напруженості електричного поля [кВ/м]	$I_8 = 1 - \exp\{-[\exp(0,4 \cdot E_{гд} - 1)]\}$

Продовження табл. 4.7

Вид енергетичного забруднення	Сформована система індексів	
	Вихідні дані	Розрахункова залежність $I_{k,j}$
Електромагнітне [магнітні поля частотою 50 Гц] (j=9)	$H_{gd}$ – гранично допустиме значення напруженості магнітного поля [кА/м]	$I_9 = 1 - \exp\{-[\exp(1,43 \cdot H_{gd} - 1)]\}$
Електромагнітне [магнітні поля у діапазоні частот до 300 МГц] (j=10)	$EH_{W_{gd}}$ – гранично допустима величина енергетичного навантаження $W_{gd}$ [Вт <sup>2</sup> • год/м <sup>2</sup> ]	$I_{10} = 1 - \exp\{-[\exp(10 \cdot EH_{W_{gd}} - 1)]\}$
Електромагнітне [магнітні поля у діапазоні частот 300 МГц - 300 ГГц] (j=11)	$W_{zd}$ – гранично допустиме значення щільності потоку [Вт/ м <sup>2</sup> ]	$I_{11} = 1 - \exp\{-[\exp(2 \cdot W_{gd} - 1)]\}$
Вібраційне (j=12)	$U$ – коректоване значення віброшвидкості [м/с • 10 <sup>-2</sup> ] або коректоване значення віброприскорення [м/с <sup>2</sup> ]	$I_{12} = 1 - \exp\{-[\exp(U - 1)]\}$
Вібраційне (j=13)	$U$ – коректоване значення віброшвидкості [дБ]	$I_{13} = 1 - \exp\{-[\exp(0,018 \cdot U - 1)]\}$
Вібраційне (j=14)	$U$ – коректоване значення віброприскорення [дБ]	$I_{14} = 1 - \exp\{-[\exp(0,026 \cdot U - 1)]\}$
Радіаційне (j=15)	$A_{эфф}$ – ефективна сумарна питома активність [Бк • кг <sup>-1</sup> ]	$I_{15} = 1 - \exp\{-[\exp(0,0015 \cdot A_{эфф} - 1)]\}$

У нашому випадку індекс забруднення компонентів природного середовища  $I_j$  – це індекс забруднення  $I_I$ , який визначаємо для атмосферного повітря на основі першої розрахункової залежності (див. табл. 4.6) з використанням у якості вихідної інформації показників кратності перевищення нормативів ( $KII$ ), перевищення ГДК.

Проведення оцінки рівня ризику здійснюється відповідно до табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Класифікація рівнів ризику [15]

Рівень ризику	Значення ризику
Неприйнятний	$>10^{-6}$
Прийнятний	$10^{-6} - 10^{-8}$
Безумовно прийнятний	$< 10^{-8}$

На основі отриманого значення приймається рішення про прийнятність планованої діяльності за даним компонентом природного середовища, її доробці, або відхиленню даного проекту.

З врахуванням вже накопиченого досвіду, розроблених методик й умов мінімальної необхідності запропоновано методику визначення ризику впливу енергетичних забруднень об'єкту, що дозволяє прийняти рішення про допустимість проекту та дозволяє здійснювати управління безпекою такого об'єкту. При трактуванні отриманих величин ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення навколишнього середовища користуються ранговою шкалою, наведеною в табл. 4.8

Результати розрахунку ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.). представлені в табл. 4.9 та репрезентовані графічно на рис. 4.4.

Встановлюємо, що для всіх восьми стаціонарних пунктів спостереження за станом атмосферного повітря в м. Одеса розраховані значення ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення оточуючого середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр) не перевищують значення  $1 \cdot 10^{-8}$ , що характеризує ризик як «**прийнятний**».



Таблиця 4.9 – Результати розрахунку ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.)

Місяць	Номер стаціонарного пункту							
	8	10	15	16	17	18	19	20
січень,2017	3,91E-08	5,98E-08	5,89E-08	6,16E-08	5,80E-08	6,25E-08	5,89E-08	5,72E-08
лютий,2017	4,07E-08	5,98E-08	5,89E-08	6,16E-08	5,55E-08	6,44E-08	5,63E-08	5,89E-08
березень,2017	4,02E-08	6,34E-08	6,34E-08	6,84E-08	6,16E-08	7,05E-08	5,89E-08	6,07E-08
квітень,2017	3,76E-08	6,16E-08	6,16E-08	6,34E-08	5,98E-08	6,94E-08	6,16E-08	6,07E-08
травень,2017	3,91E-08	6,16E-08	6,44E-08	7,16E-08	6,25E-08	7,61E-08	6,34E-08	6,25E-08
червень,2017	4,19E-08	6,94E-08	6,64E-08	6,74E-08	6,07E-08	7,16E-08	6,44E-08	6,44E-08
липень,2017	4,55E-08	7,27E-08	6,94E-08	7,16E-08	6,54E-08	7,73E-08	6,94E-08	6,54E-08
серпень,2017	4,19E-08	7,16E-08	6,94E-08	7,16E-08	7,05E-08	7,85E-08	6,94E-08	6,54E-08
вересень,2017	4,30E-08	5,72E-08	5,89E-08	6,54E-08	2,67E-08	6,16E-08	6,07E-08	5,39E-08
жовтень,2017	4,13E-08	6,25E-08	6,25E-08	6,25E-08	2,67E-08	6,94E-08	5,80E-08	6,07E-08
листопад,2017	3,91E-08	6,07E-08	5,98E-08	6,25E-08	5,89E-08	6,25E-08	5,72E-08	5,63E-08
грудень,2017	4,07E-08	5,80E-08	5,89E-08	6,25E-08	5,89E-08	6,25E-08	5,55E-08	5,55E-08
січень,2018	3,43E-08	5,55E-08	5,39E-08	5,55E-08	5,32E-08	5,80E-08	5,02E-08	5,39E-08
лютий,2018	3,52E-08	5,39E-08	5,55E-08	6,07E-08	5,55E-08	5,89E-08	5,39E-08	5,55E-08
березень,2018	3,61E-08	5,09E-08	5,63E-08	5,80E-08	5,47E-08	5,89E-08	5,32E-08	5,32E-08
квітень,2018	3,61E-08	5,98E-08	6,25E-08	6,54E-08	6,07E-08	6,84E-08	5,80E-08	6,07E-08
травень,2018	3,96E-08	6,44E-08	6,54E-08	6,64E-08	6,34E-08	7,27E-08	6,25E-08	6,54E-08
червень,2018	4,48E-08	6,34E-08	6,34E-08	6,84E-08	6,44E-08	7,27E-08	6,44E-08	6,25E-08
липень,2018	4,19E-08	6,74E-08	6,16E-08	5,98E-08	6,25E-08	6,84E-08	6,34E-08	5,55E-08
серпень,2018	3,81E-08	6,34E-08	6,34E-08	6,54E-08	6,16E-08	6,25E-08	5,89E-08	6,07E-08

Продовження табл. 4.9

Місяць	Номер стаціонарного пункту							
	8	10	15	16	17	18	19	20
вересень,2018	3,81E-08	5,80E-08	5,98E-08	6,16E-08	5,63E-08	6,25E-08	5,32E-08	5,47E-08
жовтень,2018	3,81E-08	6,25E-08	5,72E-08	6,16E-08	5,80E-08	6,16E-08	5,98E-08	5,72E-08
листопад,2018	3,86E-08	6,25E-08	5,98E-08	6,34E-08	5,98E-08	6,34E-08	5,98E-08	5,80E-08
грудень,2018	3,71E-08	6,07E-08	6,07E-08	5,89E-08	5,72E-08	6,44E-08	2,67E-08	5,63E-08
січень,2019	4,24E-08	6,16E-08	6,25E-08	6,54E-08	6,07E-08	6,64E-08	2,67E-08	5,98E-08
лютий,2019	4,48E-08	7,27E-08	6,54E-08	6,84E-08	6,25E-08	7,05E-08	2,67E-08	6,44E-08
березень,2019	3,61E-08	6,44E-08	6,34E-08	6,54E-08	5,98E-08	7,05E-08	2,67E-08	5,98E-08
квітень,2019	4,30E-08	7,38E-08	6,54E-08	6,94E-08	6,34E-08	7,16E-08	2,67E-08	6,44E-08
травень,2019	4,19E-08	7,05E-08	6,74E-08	6,74E-08	6,25E-08	6,74E-08	6,07E-08	6,34E-08
червень,2019	4,48E-08	6,84E-08	6,64E-08	7,38E-08	2,67E-08	2,67E-08	6,84E-08	6,54E-08
липень,2019	4,24E-08	6,16E-08	5,98E-08	6,25E-08	5,63E-08	6,07E-08	5,72E-08	5,63E-08
серпень,2019	4,42E-08	6,64E-08	6,64E-08	6,94E-08	6,54E-08	7,16E-08	6,44E-08	6,74E-08
вересень,2019	4,42E-08	7,16E-08	6,64E-08	2,67E-08	6,54E-08	7,05E-08	2,67E-08	6,54E-08
жовтень,2019	4,30E-08	6,74E-08	6,54E-08	6,54E-08	6,34E-08	7,16E-08	6,34E-08	6,25E-08
листопад,2019	4,19E-08	6,74E-08	6,34E-08	6,25E-08	6,25E-08	6,74E-08	5,89E-08	6,54E-08
грудень,2019	4,55E-08	6,94E-08	6,54E-08	6,64E-08	6,16E-08	6,94E-08	6,16E-08	6,44E-08

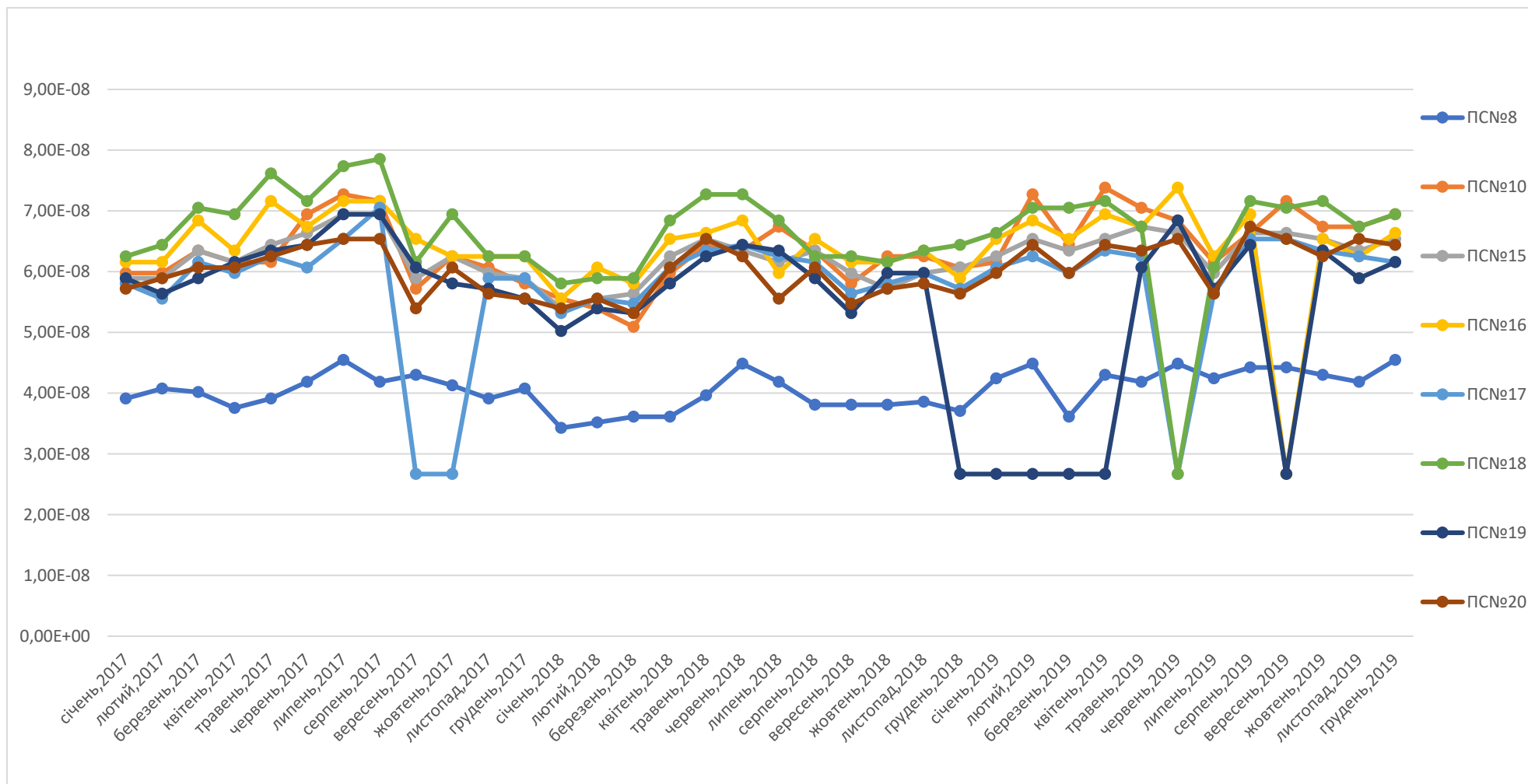


Рисунок 4.4 – Графіки зміни ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення оточуючого природного середовища діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.)

Найбільші значення ризику на всіх контрольних пунктах спостерігаються з травня по серпень 2017 року, з квітня по серпень 2018 року, а також з лютого по червень 2019. Найменші значення ризику на всіх контрольних пунктах спостерігаються у період з листопада 2017 по березень 2018 р., а також у липні 2019 р.

#### **4.5 Оцінка екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище**

*На восьмому етапі роботи* виконана оцінка екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище. Ця методика включає в себе такі етапи як: ідентифікація токсикантів, оцінка їхньої токсичності, оцінка експозиції людини до токсикантів та оцінка ризиків.

Процес оцінки ризиків впливу токсикантів на довкілля складається з [21]:

- ідентифікації небезпеки (збір та аналіз даних про місце події, виявлення потенційно небезпечних речовин);
- оцінки впливу токсикантів (визначення вмісту у навколишньому середовищі, виявлення потерпілого населення, ідентифікація потенційних шляхів впливу, оцінка концентрацій та доз поллютанту, що діє різними шляхами, оцінка кількості токсикантів, що надходять в організм);
- оцінки токсичності поллютантів (кількісні та якісні характеристики);
- характеристики ризику (оцінка можливих несприятливих ефектів дії поллютантів і фактора невизначеності, підсумовування даних про можливий ризик).

Система розрахунку екологічного ризику від впливу токсиканту на навколишнє середовище передбачає використання рівняння [21]:

$$R = [1 - \exp(-UR \times C)], \quad (4.12)$$

де  $R$  – ризик виникнення несприятливого ефекту, який визначається як ймовірність (у частках одиниці) виникнення цього ефекту за заданих умов;  $C$  – реальна концентрація чи доза речовини, що впливає, мг/м<sup>3</sup>;  $UR$  – одиниця ризику, яка

визначається як фактор (коефіцієнт) пропорції зростання ризику залежно від значення діючої концентрації (дозы).

В основу методології розрахунку ризику взято інформацію про значення порогових концентрацій, які визначаються в ході експериментальних досліджень з метою розробки регламентів граничного вмісту ШР в об'єктах навколишнього середовища; при цьому як порогові концентрації приймаються мінімальні з них, що викликають ефект токсичної дії з ймовірністю не менше 16 % [21].

Порогові концентрації  $C_{пор}$  пов'язані з гранично допустимими концентраціями (ГДК) наступним рівнянням [21]:

$$ГДК = \frac{C_{пор}}{K_3}, \quad (4.13)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу – це коефіцієнт запасу безпеки, який залежить від класу небезпеки речовини з Методики оцінки екологічних ризиків при впливі токсикантів на навколишнє середовище. Цей коефіцієнт визначається як відношення дози токсичної речовини до дози, яка не завдає шкоди здоров'ю людини і навколишньому середовищу.

Знаючи коефіцієнт запасу, розраховують гранично допустиму концентрацію шкідливої речовини  $ГДК = Lim_{ch} / K$ , де  $k$  – коефіцієнт запасу.

При прийнятті цього припущення формула (4.12) набуває вигляду [21]:

$$R = 1 - \exp\left(\frac{\ln 0,84}{ГДК \times K_3}\right) \times C. \quad (4.14)$$

При трактуванні отриманих величин ризику при впливі токсикантів на навколишнє середовище користуються ранговою шкалою, наведеною в табл. 4.10.

Для запобігання розвитку негайних токсичних ефектів розробляються мінімально разові ГДК ( $ГДК_{mp}$ ), які призначені для регламентування максимальних рівнів приземних концентрацій забруднюючих речовин [21].

Імовірність впливу токсичної речовини  $P_{rob}$  в оцінці кратності перевищення  $ГДК_{mp}$  визначається відповідно до класу небезпеки. При цьому перерахунок  $P_{rob}$  у величину ризику  $R$  здійснюється відповідно до рівняння нормального імовірнісного розподілу або за допомогою комп'ютерних програм [21].

Таблиця 4.10 – Класифікація рівнів ризику при впливі токсикантів на навколишнє середовище

Ризик протягом життя	Рівень і характеристика ризику
$>1 \cdot 10^{-3}$	Високий – не прийнятний для виробничих умов та населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику.
$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$	Середній – допустимий для виробничих умов; при впливі на все населення необхідно здійснювати динамічний контроль і поглиблено вивчати джерела й можливі наслідки шкідливих впливів для вирішенні питання про заходи з управління ризиком.
$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-6}$	Низький – допустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)
$< 1 \cdot 10^{-6}$	Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих та природоохоронних заходів.

Ризики для неканцерогенних ефектів впливу токсикантів характеризуються співвідношенням діючої дози шкідливого екологічного фактора з референтною дозою [21]:

$$IER = \frac{D}{D_p}, \quad (4.15)$$

де  $IER$  – індивідуальне відношення експозиції;  $D$  – доза токсиканту;  $D_p$  – референтна доза токсиканту.

$IER$  показує, наскільки діюча доза токсичної речовини перевищує безпечний рівень, що відповідно корелює із ймовірністю шкідливого впливу. При розрахунку дози враховується концентрація, виражена в мл/л питної води на м<sup>3</sup> повітря та на грам ґрунту або продуктів харчування, а доза має розмірність мг/кг/добу [21]:

$$D = \frac{C_m \times \Pi}{m} \text{ (мг/кг)}, \quad (4.16)$$

де  $C_m$  – концентрація токсиканту, мг/м<sup>3</sup>;  $V$  – споживання повітря людиною, м<sup>3</sup>;  
 $m$  – маса тіла людини, кг.

За відсутності референтної концентрації як її еквівалент можливе застосування гранично допустимих концентрацій [21].

Для проведення розрахунків в якості вихідної інформації були використані середньомісячні концентрації NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі за 2017-2019 рр. (Додаток Б, табл. Б.1). Споживання повітря людиною ( $V$ ) – 22 м<sup>3</sup>/доб, референтна доза ( $D_p$ ) – 0,04 мг/м<sup>3</sup> та маса тіла людини ( $m$ ) – 60 кг (середньо доросла) згідно наказу МОЗ від 13.04.2007 року №184 Про затвердження методичних рекомендацій "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря";  $K_3$  – 4,5.

Результати розрахунку екологічних ризиків при впливі діоксиду азоту на навколишнє середовище у місті Одеса за 2019 рік представлені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Результати розрахунку ризику від впливу токсиканту на навколишнє середовище (NO<sub>2</sub>, м. Одеса, 2019 рік)

Місяць	Номер стаціонарного пункту								По місту
	8	10	15	16	17	18	19	20	
січень	0,9950	0,9914	0,9912	0,9908	0,9915	0,9907	-	0,9916	0,9918
лютий	0,9944	0,9898	0,9908	0,9904	0,9912	0,9901	-	0,9909	0,9911
березень	0,9967	0,9909	0,9910	0,9908	0,9916	0,9901	-	0,9916	0,9919
квітень	0,9948	0,9897	0,9908	0,9902	0,9910	0,9899	-	0,9909	0,9910
травень	0,9951	0,9901	0,9905	0,9905	0,9912	0,9905	0,9915	0,9910	0,9914
червень	0,9944	0,9904	0,9907	0,9897	-	-	0,9904	0,9906	0,9910
липень	0,9950	0,9914	0,9916	0,9912	0,9922	0,9915	0,9920	0,9922	0,9922
серпень	0,9946	0,9907	0,9907	0,9902	0,9908	0,9899	0,9909	0,9905	0,9910
вересень	0,9946	0,9899	0,9907	-	0,9908	0,9901	-	0,9908	0,9912
жовтень	0,9948	0,9905	0,9908	0,9908	0,9910	0,9899	0,9910	0,9912	0,9914
листопад	0,9951	0,9905	0,9910	0,9912	0,9912	0,9905	0,9918	0,9908	0,9915
грудень	0,9943	0,9902	0,9908	0,9907	0,9914	0,9902	0,9914	0,9909	0,9912
Рік	0,9949	0,9904	0,9909	0,9906	0,9913	0,9903	0,9913	0,9911	0,9914

Встановлюємо, що використавши цю методику для розрахунку ризику від впливу токсиканту на навколишнє середовище (забруднення атмосферного повітря NO<sub>2</sub>, м. Одеса, 2019 рік) нам не вдалося отримати прийнятні для рангування та аналізу результати через одноманітні числові значення ризику ( $>0,99$ ).



## ВИСНОВКИ

1) Аналізуючи надійність вихідної інформації за період 2017-2019 рр. спостерігається тенденція збільшення кількості та тривалості пропусків спостережень. Впродовж 2017-2018 рр. пропуски спостережень були на всіх восьми стаціонарних пунктах з травня по жовтень. У 2019 році, найгірша ситуація спостерігалася на ПСЗ №19, де відбір проб повітря проводився тільки повні 4 місяці. На інших пунктах, в середньому, проміжок часу, коли не проводився відбір проб повітря складав близько 15 діб з 30.

2) Аналізуючи середньомісячні концентрації діоксиду азоту на пунктах та по місту в цілому та тенденції зміни рівнів забруднення на пунктах спостереження встановлюємо, що повітряний басейн впродовж трьох років був чистий тільки в районі розташування ПСЗ №8, на інших пунктах спостережень рівень забруднення атмосферного повітря змінюється у кратності ГДК<sub>сд</sub> від 1,30 до 1,95 рази.

3) За результатами розрахунку ІЗА по місту та проведеного порівняльного аналізу тенденцій за трирічний період слід відмітити, що значення ІЗА перевищувало одиницю протягом трьох років, тому повітряний басейн в м. Одеса увесь час був забруднений діоксидом азоту. Середньорічне значення ІЗА для 2017 року дорівнює 1,5; для 2018 року – 1,4; а для 2019 року – 1,54. У порівнянні зі значенням ІЗА впродовж 2017 р., у 2018 р. спостерігалось невелике зменшення рівня забруднення, а потім, у 2019 р. відбулося незначне збільшення рівня забруднення, яке незначно перевищує рівень 2017 року.

4) Аналізуючи просторові особливості розподілу концентрацій діоксиду азоту територію м. Одеса можна умовно поділити на дві частини. Повітряний басейн був чистий лише в прибережній зоні місця розташування ПСЗ №8. На іншій території, де здійснювався відбір проб, повітряний басейн був забруднений. Рівень забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту збільшується зі сходу на захід. Територіальний розподіл рівнів забруднення повітряного басейну за період дослідження принципово не змінився.

5) За результатами оцінки **потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосферного повітря** м. Одеси діоксидом азоту встановлено незначний вплив на здоров'я населення з кваліфікацією ризику 1-го класу. Виокремлюємо як найбільш безпечну для населення ситуацію на 8-му пункті спостереження, бо ризики для здоров'я людей, які перебувають територіально в районі розташування цього контрольного пункту, є найменшими. Найнебезпечніше перебувати в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферному повітрі в районі розташування 18-го стаціонарного пункту спостереження. З трирічного періоду дослідження саме період з травня по серпень 2017 року характеризується найвищими значеннями потенційного ризику, а в період з січня по квітень 2018 р. відмічаються найменші значення ризику для здоров'я населення від вдихання забрудненого двоокисом азоту повітря в м. Одеса.

б) За результатами оцінки **ризиків прояву негайних токсичних ефектів** при забрудненні атмосферного повітря м. Одеса діоксидом азоту встановлений «мінімальний» рівень ризику.

7) Аналізуючи результати оцінки **ризиків хронічної інтоксикації населення від забруднення атмосферного повітря** м. Одеса діоксидом азоту з врахуванням часу експозиції виявлено, що за досліджуваній період чітко виділяються періоди пришвидшеного збільшення ризиків отримати негативну шкоду здоров'ю через збільшення тривалості знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря – це серпень 2017 р., вересень та грудень 2019 р. Повільніше всього збільшується ризик хронічної інтоксикації в січні, лютому та березні 2018 р. З вірогідністю 50 % відчутним стане канцерогенний ризик хронічної інтоксикації через 10-14 годин знаходження в умовах забрудненого діоксидом азоту атмосферного повітря м. Одеси.

8) За результатами визначення **ризиків впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище** для всіх восьми стаціонарних пунктів спостереження за станом атмосферного повітря в м. Одеса значення ризику за  $j$ -им видом енергетичного забруднення – забруднення атмосфери діоксидом азоту не перевищують значення  $1 \cdot 10^{-8}$ , що характеризує ризик як «прийнятний». Найбільші значення ризику на всіх контрольних пунктах спостерігаються з травня по серпень

2017 р., з квітня по серпень 2018 р., а також з лютого по червень 2019 р.; найменші - у період з листопада 2017 по березень 2018 р., а також у липні 2019 р..

9) За результатами оцінки *екологічних ризиків при впливі токсикантів* на навколишнє середовище було встановлено, що отримані результати не придатні для рангування та подальшого аналізу через одноманітні числові значення ризику.

З методологічної точки зору вважаємо, що застосований комплекс методичних підходів в дослідженні є достатньо раціональним і вдалим для реалізації мети роботи.

Серед основних заходів щодо зменшення рівня забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту можна виділити наступні:

- вдосконалення системи моніторингу (оптимізація мережі спостережень, збільшення кола домішок, які вимірюються на цих пунктах);
- встановлення сучасних газоочисних установок на газовивідних спорудах промислових підприємств;
- озеленення міських та приміських територій стійкою до забруднення рослинністю, висадка зелених насаджень на території вздовж автомобільних шляхів;
- покращення стану та збільшення кількості (за необхідності) громадського електротранспорту;
- вдосконалення планування всіх функціональних зон міста (промислової, житлової, транспортної, санітарно-захисної, рекреаційної та ін.) з урахуванням інфраструктури промисловості, транспорту та дорожнього руху, розробку рішень щодо раціонального землекористування та забудови територій, збереження природних ландшафтів, озелененню і благоустрою.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Левітін Є.Я., Бризицька А.М., Ключєва Р.Г. Загальна та неорганічна хімія: підручник для студентів вищ.навч.закладів / за ред. Є.Я. Левітіна. 3-тє вид. Харків: НфаУ: Золоті сторінки, 2017. 512 с
2. Наказ МОЗ “Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць” від 14.01.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text> (дата звернення: 26.04.2023 р.)
3. Костік В.В. Екологічна хімія: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 127 с.
4. Воронов С.А., Стецишин Ю.Б., Панченко Ю.В., Васильєв В.П. Токсикологічна хімія харчових продуктів та косметичних засобів: підручник. За ред. проф. С.А. Воронова. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 316 с.
5. Мельник С.В. Метеорологія та кліматологія: конспект лекцій. Одеський національний політехнічний університет. 2-е вид. О.: Наука і техніка, 2013. 131 с.
6. Чернякова О.І. Методи захисту атмосфери: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 89 с.
7. Український гідрометеорологічний центр офіційний сайт.  
URL: <https://meteo.gov.ua/> (дата звернення 01.04.2023 р.)
8. Програма «Чисте повітря Одеси».  
URL: <https://omr.gov.ua/ua/projects/923/?print> (дата звернення: 29.10.2023 р.)
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2020 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html> (дата звернення: 01.04.2023 р.)
10. Сафранов Т.А., Колісник А.В. Системний аналіз якості навколишнього середовища: конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2021. 205 с. URL: <https://bit.ly/3BAB88O> (дата звернення: 03.04.2023 р.)

11. Гриценко А.В., Рибалова О.В., Ільченко Л.Ю. Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення України при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища. *Комунальне господарство міст (63)*. 2005. С. 161-171.
12. Караєва Н.В. Методологічні аспекти та програмні засоби оцінки ризику здоров'ю населення при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2018, випуск 1(47). С. 164-169.
13. Колісник А.В. Оцінка канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від забрудненого атмосферного повітря. *Екологічні науки*, 6 (39), 2021, С. 110-115.
14. Статюха Г.О., Бойко Т.В., Абрамова А.О. До питання визначення ризику впливу енергетичних забруднень на навколишнє середовище. *Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях і сталий розвиток: тези доповідей Другої міжнародної науково-практичної конференції, 12-15 травня 2010 року, м. Київ. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. С. 112-113.*
15. Статюха Г.О., Бойко Т.В., Абрамова А.О. Оцінки екологічних ризиків під час забруднення природного середовища на етапі проектування об'єктів господарської діяльності. *Екологія*. 2013. С.112-115.
16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
17. Державні санітарні правила і норми при роботі з джерелами електромагнітних полів, від 1 грудня 1999 р. № 39
18. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
19. ДБН В.1.4-1.01-97 Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві
20. Бойко Т.В. До питання визначення ризиків при оцінці впливу техногенних об'єктів на довкілля. *Східно-європейський журнал передових технологій*. Технологія неорганічних і органічних речовин і екологія. 2008. №4/6 (34). С.37-41.

21. Екологічна безпека: навчально-методичний посібник для бакалаврів і магістрантів напряму підготовки «Екологія та природокористування» / за ред. д-ра с.-г. наук О. А. Іванцової; федер. держ. авт. утв. заклад вищ. освіти «Волгогр. гос. ун-т», Інститут природознавств. наук, кафедри екології та природокористування. Волгоград: Вид-во ВолГУ, 2016. 88 с.

22. Boyko T. Abramova A. Definition of environmental risk as integral criterion in assessing of man-caused load. *Eastern European Journal of Advanced Technologies ISSN 1729-3774*. №3/10(69). 2014. С. 4-8.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

### Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

- 1) *Грамащук Р.С., Колісник А.В. Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту. Український журнал природничих наук. № 6/2023, ДРУК*
- 2) *Грамащук Р.С., Колісник А.В. Дослідження ризику прояву токсичних ефектів для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Євроінтеграція екологічної політики України» (25-26 жовтня 2023 р.). Одеський державний екологічний університет. С. ДРУК*
- 3) *Грамащук Р.С., Колісник А.В. Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту. Матеріали XXII наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету – 2023, 23-31 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2023. С.172-173.*
- 4) *Грамащук Р.С. Міжнародний конкурс студентських наукових робіт «Оцінка ризиків для здоров'я населення міста Одеса від забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту» (переможець конкурсу, диплом II ступеню), травень 2023 р.*



## Додаток Б

Таблиця Б.1

### Середньомісячні концентрації NO<sub>2</sub> в атмосферному повітрі (Одеса, 2017-2019 рр.)

Місяць, рік	Номер стаціонарного пункту спостережень								Середнє по місту
	ПС №8	ПС №10	ПС №15	ПС №16	ПС №17	ПС №18	ПС №19	ПС №20	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
січень,2017	0,03	0,06	0,059	0,062	0,058	0,063	0,059	0,057	0,056
лютий,2017	0,033	0,06	0,059	0,062	0,055	0,065	0,056	0,059	0,056
березень,2017	0,032	0,064	0,064	0,069	0,062	0,071	0,059	0,061	0,060
квітень,2017	0,027	0,062	0,062	0,064	0,06	0,07	0,062	0,061	0,059
травень,2017	0,03	0,062	0,065	0,072	0,063	0,076	0,064	0,063	0,062
червень,2017	0,035	0,07	0,067	0,068	0,061	0,072	0,065	0,065	0,063
липень,2017	0,041	0,073	0,07	0,072	0,066	0,077	0,07	0,066	0,067
серпень,2017	0,035	0,072	0,07	0,072	0,071	0,078	0,07	0,066	0,067
вересень,2017	0,037	0,057	0,059	0,066	-	0,062	0,061	0,053	0,056
жовтень,2017	0,034	0,063	0,063	0,063	-	0,07	0,058	0,061	0,059
листопад,2017	0,03	0,061	0,06	0,063	0,059	0,063	0,057	0,056	0,056
грудень,2017	0,033	0,058	0,059	0,063	0,059	0,063	0,055	0,055	0,056
січень,2018	0,02	0,055	0,053	0,055	0,052	0,058	0,048	0,053	0,049
лютий,2018	0,022	0,053	0,055	0,061	0,055	0,059	0,053	0,055	0,052
березень,2018	0,024	0,049	0,056	0,058	0,054	0,059	0,052	0,052	0,051
квітень,2018	0,024	0,06	0,063	0,066	0,061	0,069	0,058	0,061	0,058
травень,2018	0,031	0,065	0,066	0,067	0,064	0,073	0,063	0,066	0,062
червень,2018	0,04	0,064	0,064	0,069	0,065	0,073	0,065	0,063	0,063

Продовж. табл. Б.1

Місяць, рік	Номер стаціонарного пункту спостережень								Середнє по місту
	ПС №8	ПС №10	ПС №15	ПС №16	ПС №17	ПС №18	ПС №19	ПС №20	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
липень,2018	0,035	0,068	0,062	0,06	0,063	0,069	0,064	0,055	0,060
серпень,2018	0,028	0,064	0,064	0,066	0,062	0,063	0,059	0,061	0,058
вересень,2018	0,028	0,058	0,06	0,062	0,056	0,063	0,052	0,054	0,054
жовтень,2018	0,028	0,063	0,057	0,062	0,058	0,062	0,06	0,057	0,056
листопад,2018	0,029	0,063	0,06	0,064	0,06	0,064	0,06	0,058	0,057
грудень,2018	0,026	0,061	0,061	0,059	0,057	0,065	-	0,056	0,055
січень,2019	0,036	0,062	0,063	0,066	0,061	0,067	-	0,060	0,059
лютий,2019	0,040	0,073	0,066	0,069	0,063	0,071	-	0,065	0,064
березень,2019	0,024	0,065	0,064	0,066	0,060	0,071	-	0,060	0,059
квітень,2019	0,037	0,074	0,066	0,070	0,064	0,072	-	0,065	0,064
травень,2019	0,035	0,071	0,068	0,068	0,063	0,068	0,061	0,064	0,062
червень,2019	0,040	0,069	0,067	0,074	-	-	0,069	0,066	0,064
липень,2019	0,036	0,062	0,060	0,063	0,056	0,061	0,057	0,056	0,056
серпень,2019	0,039	0,067	0,067	0,070	0,066	0,072	0,065	0,068	0,064
вересень,2019	0,039	0,072	0,067	-	0,066	0,071	-	0,066	0,064
жовтень,2019	0,037	0,068	0,066	0,066	0,064	0,072	0,064	0,063	0,063
листопад,2019	0,035	0,068	0,064	0,063	0,063	0,068	0,059	0,066	0,061
грудень,2019	0,041	0,070	0,066	0,067	0,062	0,070	0,062	0,065	0,063

## Додаток В

Таблиця В.1

### Результати розрахунку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери діоксидом азоту у місті Одеса (2017-2019 рр.)

Місяць	Номер стаціонарного пункту							
	ПС №8	ПС №10	ПС №15	ПС №16	ПС №17	ПС №18	ПС №19	ПС №20
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
січень,2017	0,029	0,056	0,056	0,058	0,055	0,059	0,056	0,054
лютий,2017	0,031	0,056	0,056	0,058	0,052	0,061	0,053	0,056
березень,2017	0,031	0,060	0,060	0,065	0,058	0,066	0,056	0,057
квітень,2017	0,026	0,058	0,058	0,060	0,056	0,066	0,058	0,057
травень,2017	0,029	0,058	0,061	0,067	0,059	0,071	0,060	0,059
червень,2017	0,033	0,066	0,063	0,064	0,057	0,067	0,061	0,061
липень,2017	0,039	0,068	0,066	0,067	0,062	0,072	0,066	0,062
серпень,2017	0,033	0,067	0,066	0,067	0,066	0,073	0,066	0,062
вересень,2017	0,035	0,054	0,056	0,062	-	0,058	0,057	0,050
жовтень,2017	0,032	0,059	0,059	0,059	-	0,066	0,055	0,057
листопад,2017	0,029	0,057	0,056	0,059	0,056	0,059	0,054	0,053
грудень,2017	0,031	0,055	0,056	0,059	0,056	0,059	0,052	0,052
січень,2018	0,019	0,052	0,050	0,052	0,049	0,055	0,045	0,050
лютий,2018	0,021	0,050	0,052	0,057	0,052	0,056	0,050	0,052
березень,2018	0,023	0,046	0,053	0,055	0,051	0,056	0,049	0,049
квітень,2018	0,023	0,056	0,059	0,062	0,057	0,065	0,055	0,057
травень,2018	0,030	0,061	0,062	0,063	0,060	0,068	0,059	0,062
червень,2018	0,038	0,060	0,060	0,065	0,061	0,068	0,061	0,059
липень,2018	0,033	0,064	0,058	0,056	0,059	0,065	0,060	0,052
серпень,2018	0,027	0,060	0,060	0,062	0,058	0,059	0,056	0,057

Місяць	Номер стаціонарного пункту							
	ПС №8	ПС №10	ПС №15	ПС №16	ПС №17	ПС №18	ПС №19	ПС №20
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
вересень,2018	0,027	0,055	0,056	0,058	0,053	0,059	0,049	0,051
жовтень,2018	0,027	0,059	0,054	0,058	0,055	0,058	0,056	0,054
листопад,2018	0,028	0,059	0,056	0,060	0,056	0,060	0,056	0,055
грудень,2018	0,025	0,057	0,057	0,056	0,054	0,061	-	0,053
січень,2019	0,034	0,058	0,059	0,062	0,057	0,063	-	0,056
лютий,2019	0,038	0,068	0,062	0,065	0,059	0,066	-	0,061
березень,2019	0,023	0,061	0,060	0,062	0,056	0,066	-	0,056
квітень,2019	0,035	0,069	0,062	0,066	0,060	0,067	-	0,061
травень,2019	0,033	0,066	0,064	0,064	0,059	0,064	0,057	0,060
червень,2019	0,038	0,065	0,063	0,069	-	-	0,065	0,062
липень,2019	0,034	0,058	0,056	0,059	0,053	0,057	0,054	0,053
серпень,2019	0,037	0,063	0,063	0,066	0,062	0,067	0,061	0,064
вересень,2019	0,037	0,067	0,063	-	0,062	0,066	-	0,062
жовтень,2019	0,035	0,064	0,062	0,062	0,060	0,067	0,060	0,059
листопад,2019	0,033	0,064	0,060	0,059	0,059	0,064	0,056	0,062
грудень,2019	0,039	0,066	0,062	0,063	0,058	0,066	0,058	0,061

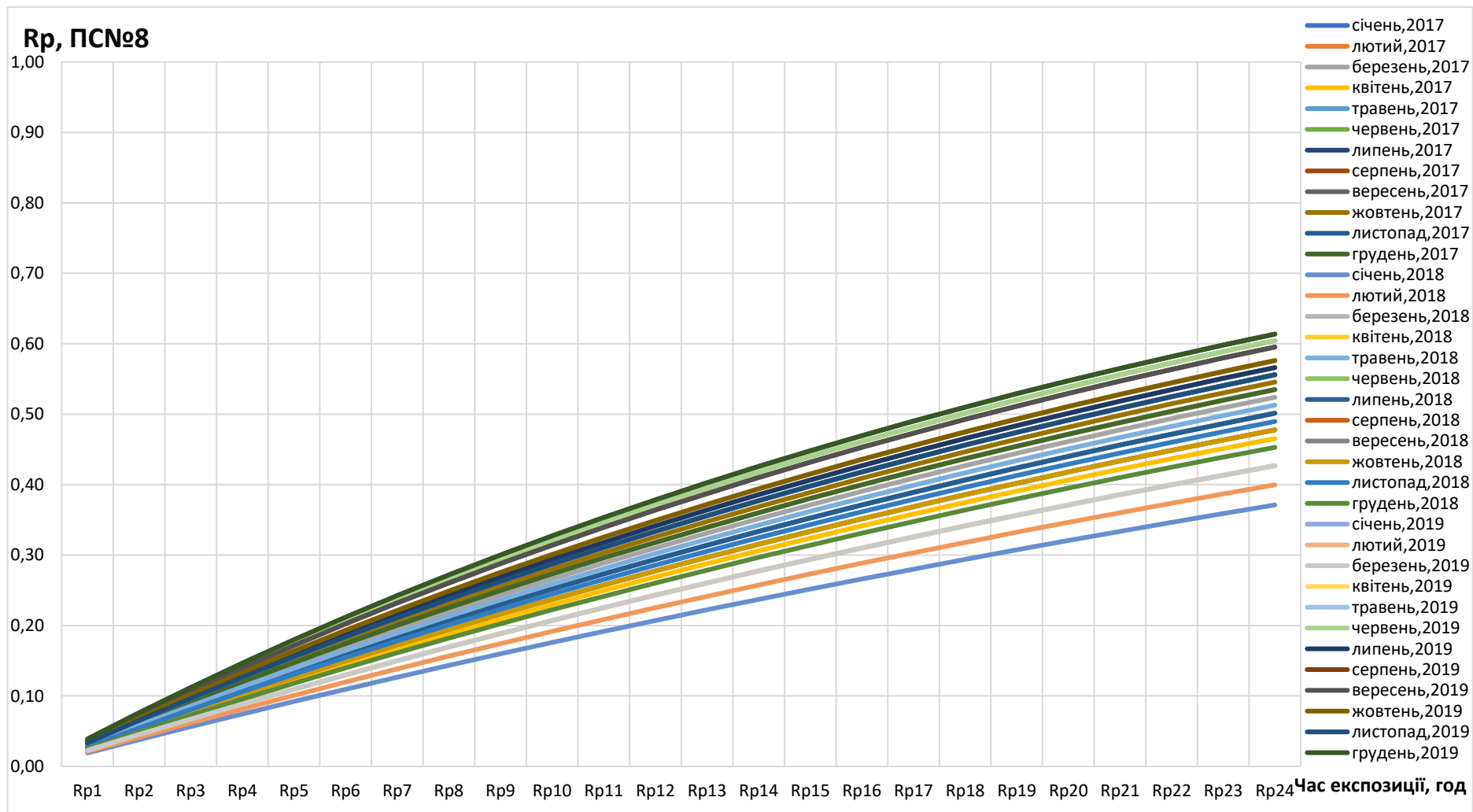


Рисунок В.1 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#8, 2017-2019 рр.)

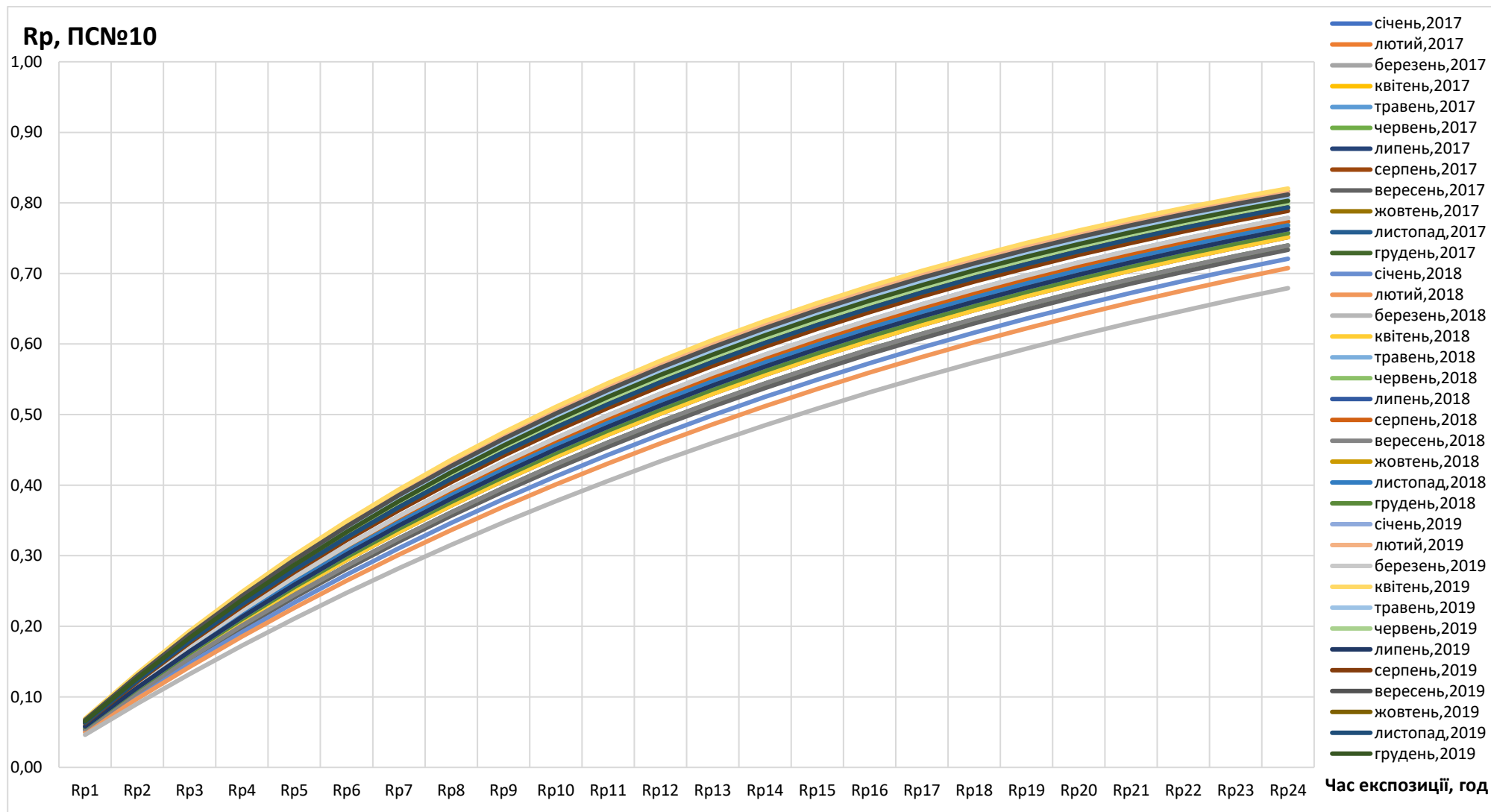


Рисунок В.2 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#10, 2017-2019 рр.)

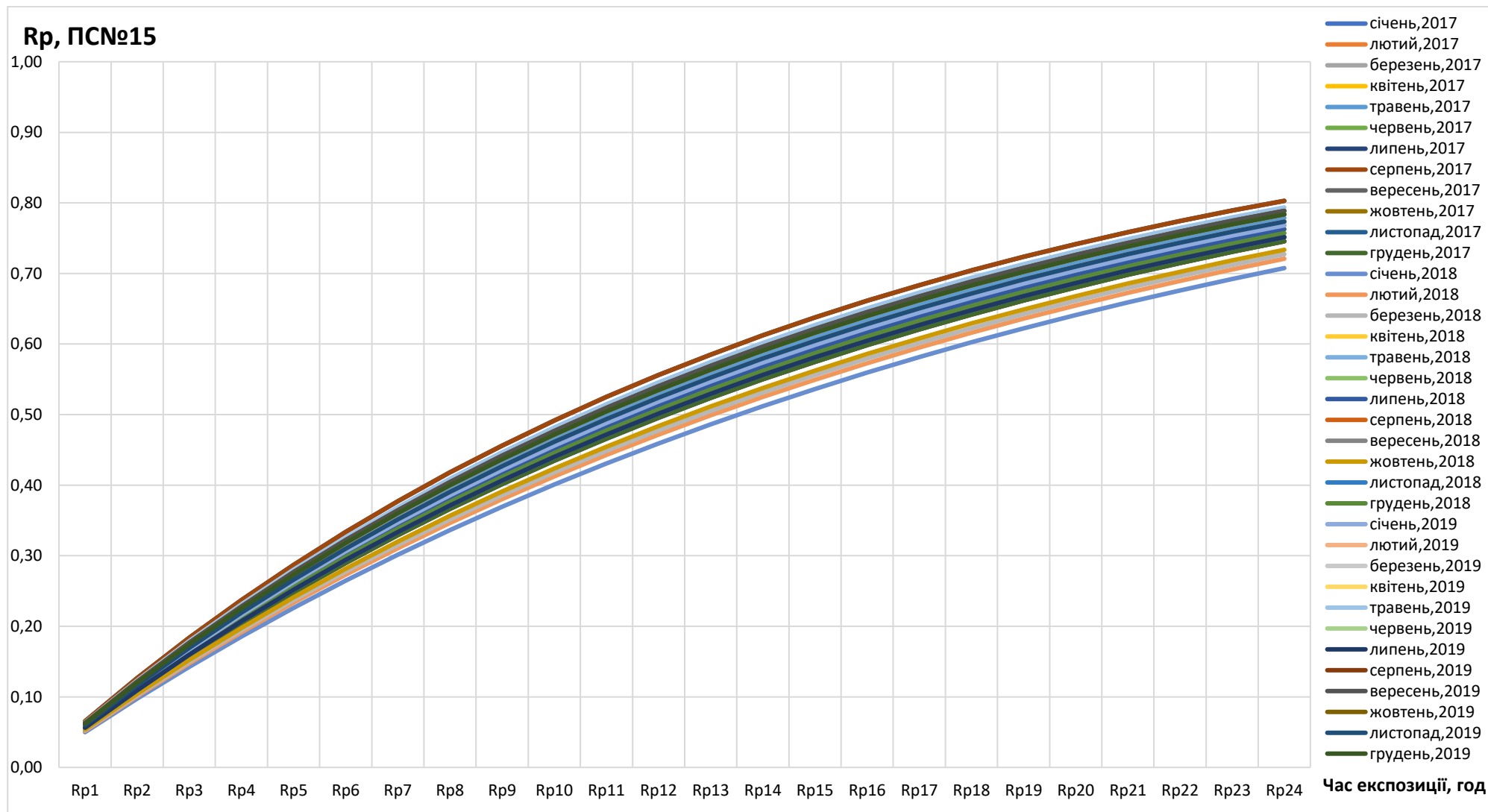


Рисунок В.3 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#15, 2017-2019 рр.)

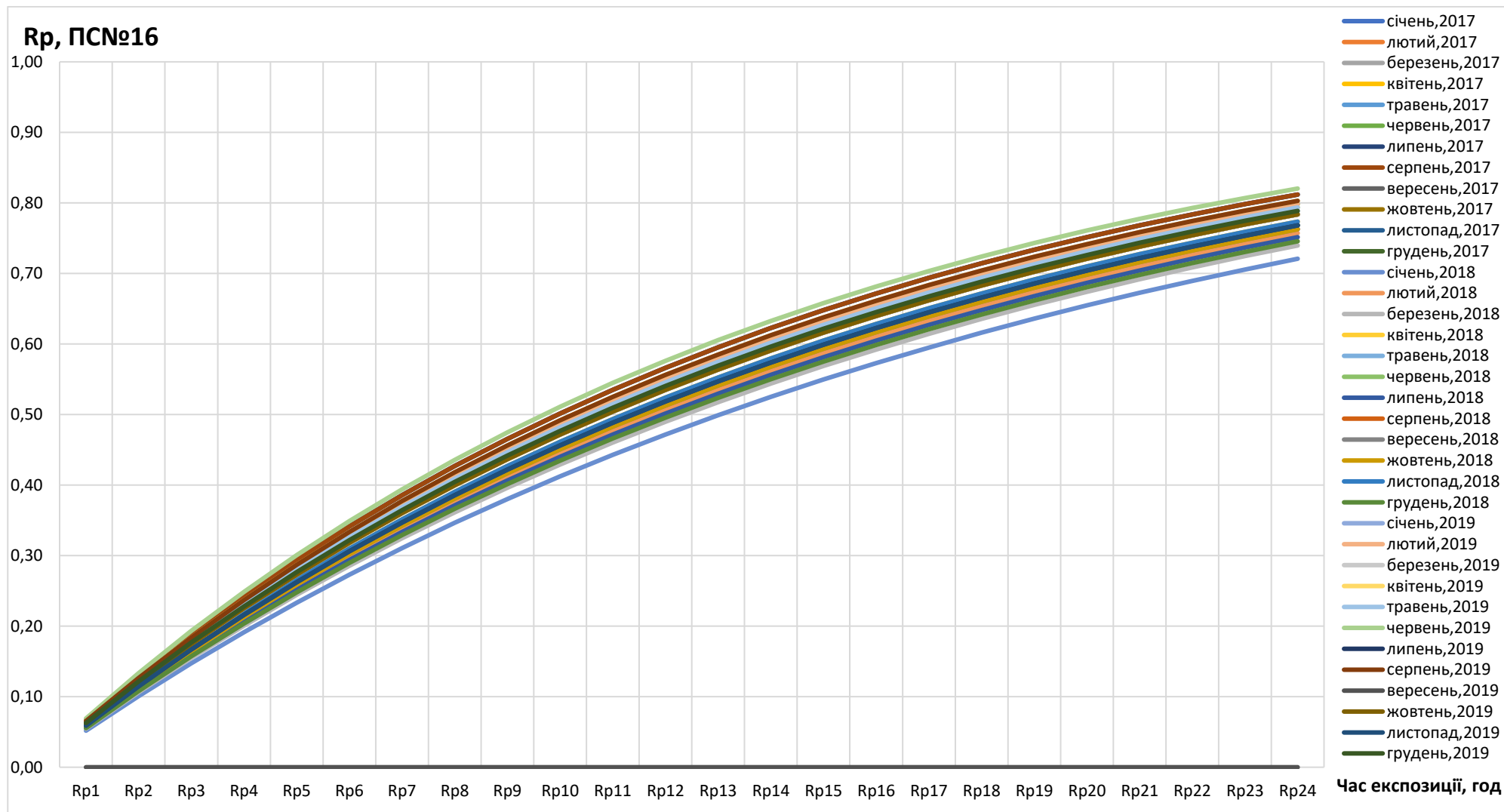


Рисунок В.4 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#16, 2017-2019 рр.)



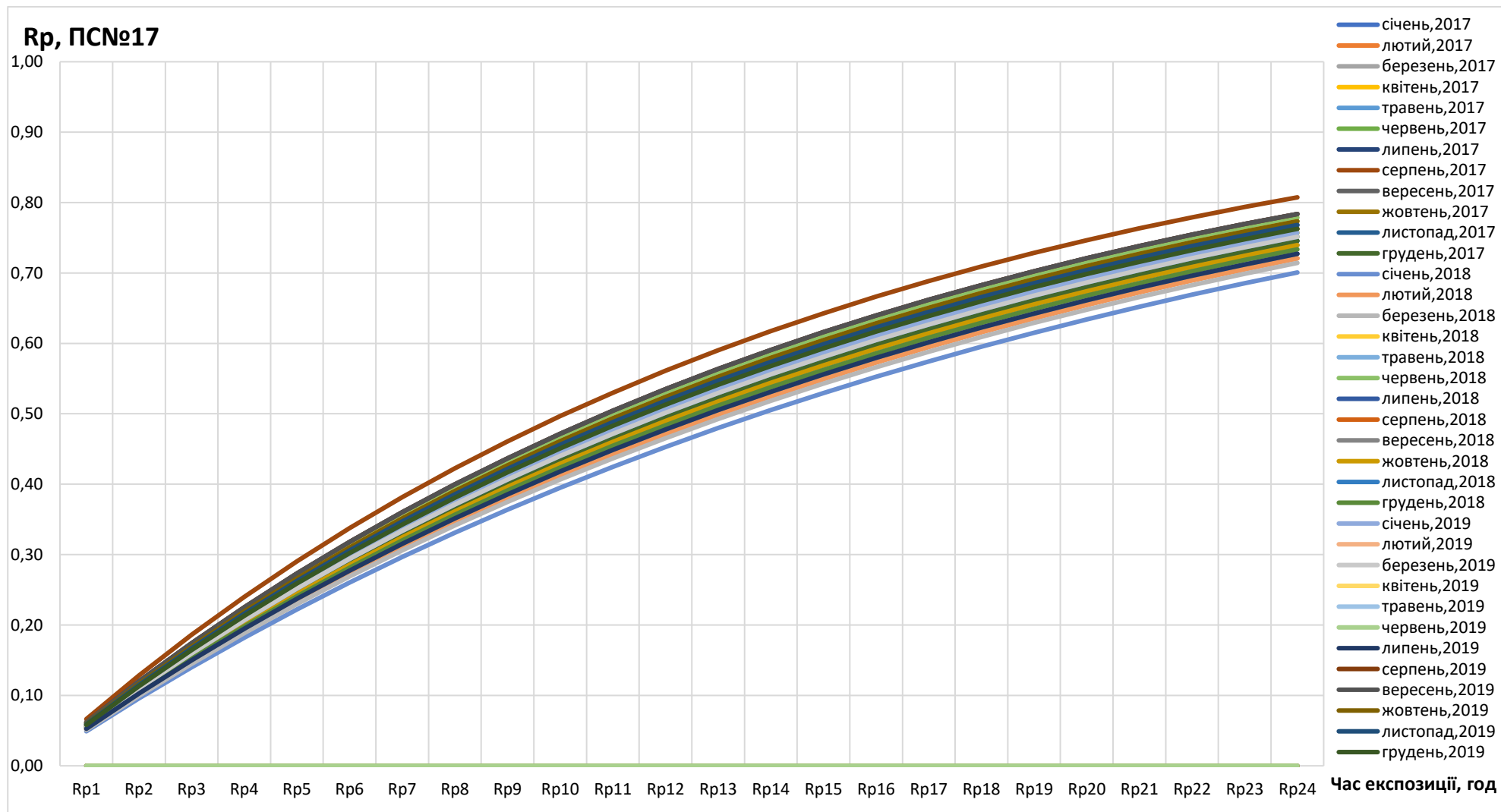


Рисунок В.5 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (ПС№17, 2017-2019 рр.)

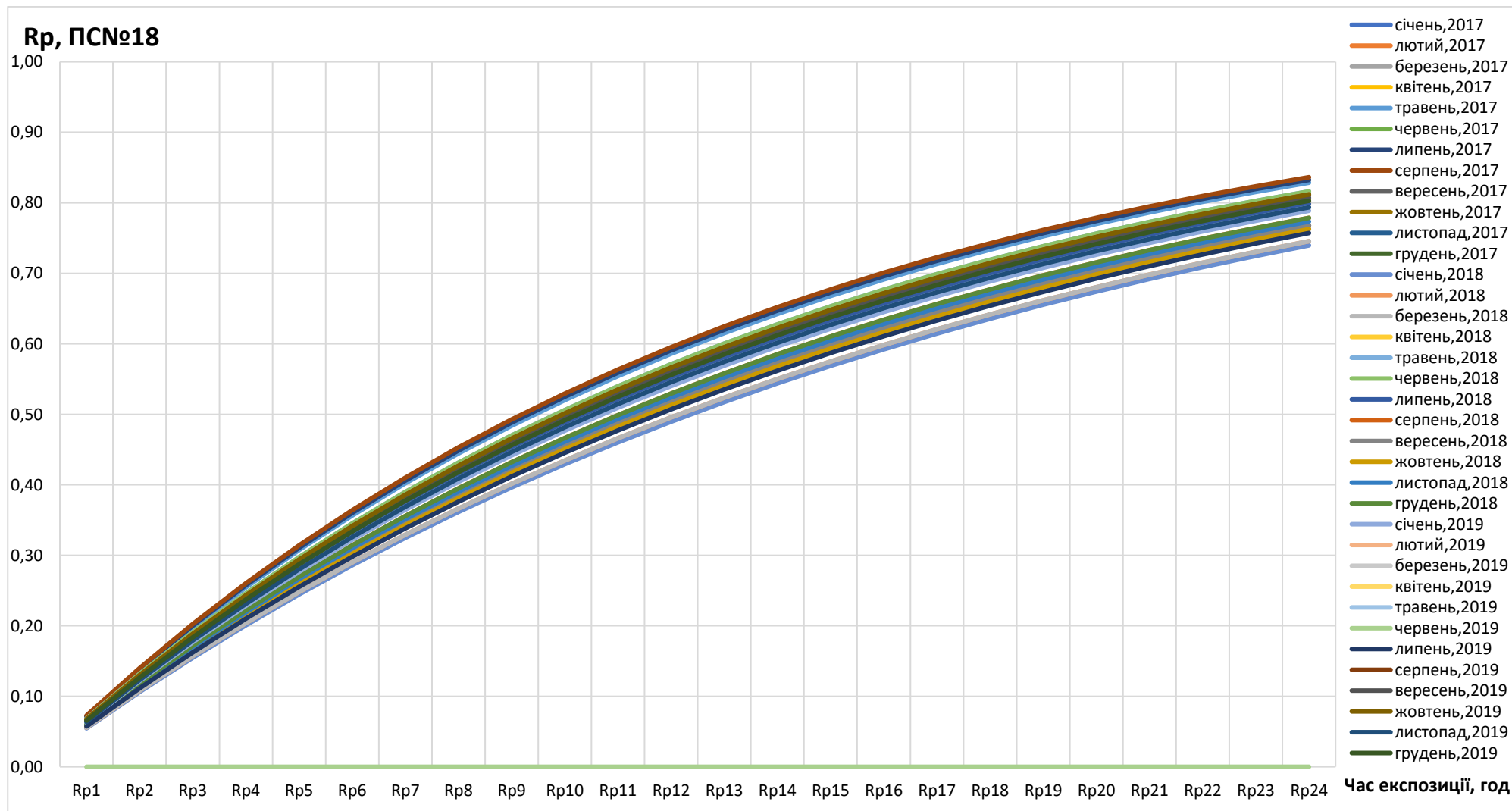


Рисунок В.6 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#18, 2017-2019 рр.)

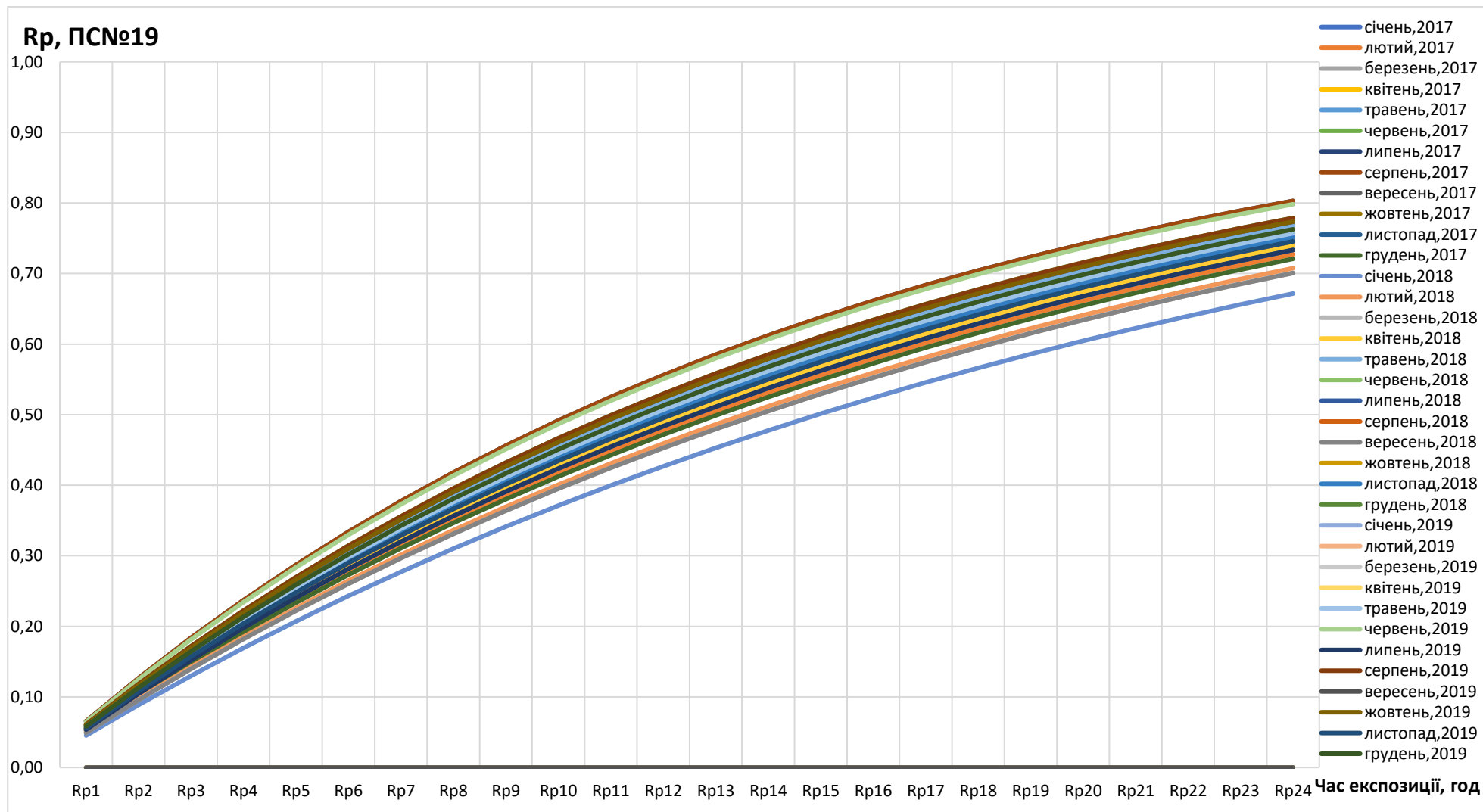


Рисунок В.7 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#19, 2017-2019 рр.)

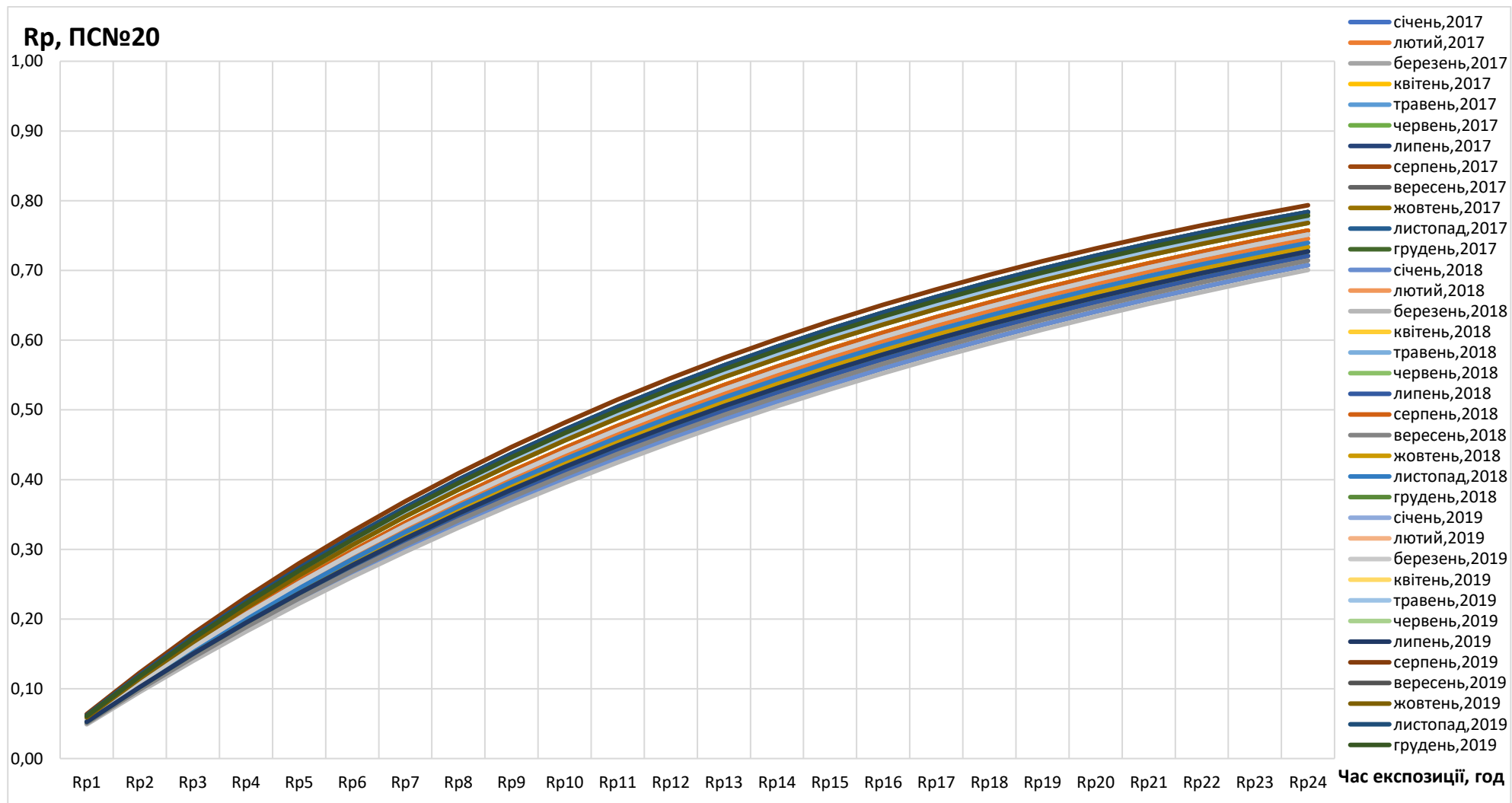


Рисунок В.8 – Зміни канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від впливу забруднення атмосфери діоксидом азоту у м. Одеса залежно від часу експозиції (PCN#20, 2017-2019 рр.)