МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Вплив окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-20
спеціальності 101–Екологія
Коваленко Кирило Сергійович

Керівник к.геогр.н., доцент_____
Колісник Алла Вікторівна_____

Рецензент д.геогр.н, професор_____
Хохлов Валерій Миколайович_____

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *природоохоронний*
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *магістр*
Спеціальність *101 – Екологія*
Освітньо-наукова програма *"Екологічна безпека"*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*
" Сафранов Т.А. "
" 14 " березня 2022 року

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

Коваленко Кирила Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Вплив окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя*

керівник роботи *Колісник Алла Вікторівна, к.геогр.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від "*02*" *березня 2022 р. № 27 "С"*
2. Строк подання студентом роботи *10 травня 2022 року*

3. Вихідні дані до роботи *Інформація про концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі міста Запоріжжя з офіційних джерел – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Запорізька області*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1) Характеристика регіону дослідження
2) Методологічні основи оцінки екологічного ризику
3) Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря
4) Характеристика вихідної для дослідження інформації
5) Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя

6) Оцінка ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя

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

1) Залежність ризику виникнення миттєвих токсичних проявів від кратності перевищення ГДК$_{мр}$ для речовин різних класів небезпеки (1 рис.)

2) Параметри для розрахунку ризику хронічної інтоксикації (канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря (1 табл.)

3) Потенційний ризик захворюваності населення як функції кратності перевищення концентрації токсиканта в атмосферному повітрі для речовин різних класів небезпеки (1 рис.)

4) Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя (1 табл., 9 рис. – обов'язкове)

5) Результати розрахунку показників ІЗА, КІЗА, I_5, які застосовані для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) (1 табл. – обов'язкове)

6) Динаміка зміни показників КІЗА та I_5 (м. Запоріжжя, 2012-2020 рр.) (1 рис. – обов'язкове)

7) Результати розрахунку канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від забрудненого атмосферного повітря у залежності від часу експозиції для м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) (1 табл. – обов'язкове).

8) Зміна канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) (9 рис. – обов'язкове)

9) Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації для м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) (9 рис. – обов'язкове)

10) Безпечний час перебування людини в умовах відкритого повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому, для м. Запоріжжя, 2012-2020 рр. (1 рис. – обов'язкове)

11) Порівняння сумарних канцерогенних ризиків хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції для м. Запоріжжя, 2012-2020 рр. (1 рис. – обов'язкове)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання *14 березня 2022 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	*Фізико-географічна характеристика території дослідження. Вивчення основних екологічних проблем регіону та проблеми забруднення атмосферного повітря*	*14.03.22-* *18.03.22*	*75*	*4 (добре)*
2	*Вивчення методологічних основ оцінки екологічного ризику. Вибір методики дослідження: Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря*	*19.03.22-* *26.03.22*	*75*	*4 (добре)*
3	*Збір, систематизація та аналіз вихідної для дослідження інформації*	*27.03.22-* *03.04.22*	*75*	*4 (добре)*
4	*Виконання оцінки рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя*	*04.04.22-* *10.04.22*	*75*	*4 (добре)*
	Рубіжна атестація	***11.04.22-*** ***16.04.22***	***75***	***4 (добре)***
5	*Виконання оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя*	*17.04.22-* *28.04.22*	*75*	*4 (добре)*
6	*Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків, переліку посилань та списку публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра.*	*29.04.22-* *09.05.22*	*75*	*4 (добре)*
7	*Подання роботи керівникові на перевірку. Внесення корректив. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності і відсутності ознак плагіату. Оформлення керівником протоколу та висновку. Підготовка презентаційного матеріалу і доповіді до захисту. Укладення авторського договору.*	*10.05.22* *17.05.22*	-	-
8	*Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для отримання допуску до захисту. Рецензування роботи.*	*18.05.22* *22.05.22*	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75,0 (до десятих)	

Студент _____ *Коваленко К.С.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Колісник А.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Коваленко К.С. Вплив окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя.

Відомо, що атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища, а забруднене повітря може спричинити виникнення токсичних ефектів для здоров’я людей. Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров’я, що може бути реалізовано в хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних) у кваліфікаційній роботі використовуємо лінійно-експоненціальну (безпорогову) модель.

Мета роботи. Оцінка впливу окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя.

Об’єктом дослідження є канцерогенний ризик хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря.

Предметом дослідження є вплив забруднюючих речовин атмосферного повітря м. Запоріжжя на безпечність умов перебування на відкритому повітрі.

Вихідними даними для дослідження стала інформація про концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі з офіційних джерел – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в 2012-2022 роках в Запорізька області.

За результатами оцінки канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря міста Запоріжжя встановлено, що для всього періоду дослідження найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відмічаються від впливу на організм людини окису азоту. Безпечним для здоров’я населення є тривалість перебування на відкритому повітрі, забрудненому встановленим комплексом полютантів, не довше 3 години на добу в усі роки дослідження крім 2018 р. - не більше 4 годин на добу. Такий нетривалий період безпечного часу перебування в умовах атмосферного повітря міста Запоріжжя пов'язаний з високим рівнем його забруднення.

Структура і обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 3 основних розділів, висновку, переліку посилань і додатку. Обсяг роботи складає 74 с., в т.ч. 32 рис., 6 табл. і 12 літературних джерел.

Ключові слова: ризик, канцерогенний ризик, ризик хронічної інтоксикації, забруднюючі речовини, забруднення атмосфери.

SUMMARY

Kovalenko K. Influence of Separate Pollutants of the Air Basin on the State of Health of the Population of the Sity of Zaporozhye.

Atmospheric air is known to be one of the most vital elements of the environment, and polluted air can cause toxic effects on human health. To take into account and analyze the negative impact of air pollution on health, which can be realized in chronic manifestations (including carcinogenic and immunotoxic) in the qualification work we use a linear-exponential (non-threshold) model.

The aim of the work. Assessment of the impact of individual pollutants in the air basin on the health of the population of Zaporozhye.

The object of the study is is the carcinogenic risk of chronic intoxication from polluted air.

The subject of the study is the impact of air pollutants in Zaporozhye on the safety of outdoor conditions.

The initial data for the study was information on the concentration of pollutants in the air from official sources - Regional Reports on the state of the environment in 2012-2022 in the Zaporizhzhia region.

According to the results of the assessment of the carcinogenic risk of chronic intoxication from polluted air of Zaporizhia, it was established that for the whole research period the highest carcinogenic risks of chronic action are observed from the impact of nitric oxide on the human body. The duration of stay in the open air contaminated with the installed complex of pollutants is safe for the health of the population, no longer than 3 hours per day in all years of the study except 2018 - no more than 4 hours per day. Such a short period of safe time in the air of the city of Zaporozhye is associated with a high level of pollution.

Structure and scope of work. The work consists of an introduction, 3 main sections, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of work is 74 pages, including Fig. 32, Table 6 and 12 literature sources.

Key words: risk, carcinogenic risk, risk of chronic intoxication, pollutants, air pollution.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ……. 8

ВСТУП……..… 9

1. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ…..…...…… 11

1.1 Фізико-географічна характеристика території дослідження…... 11

1.2 Основні екологічні проблеми регіону……..….. 14

1.3 Забруднення атмосферного повітря у регіоні в 2019 році…… 19

2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ…… 21

2.1 Поняття ризику та його характеристика……. 21

2.2 Екологічний ризик, аналіз та методологія оцінки…….. 23

2.3 Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров’я людей від забруднення атмосферного повітря……. 33

3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОКРЕМИХ ПОЛЮТАНТІВ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ……...……..……. 38

3.1 Характеристика вихідної для дослідження інформації……. 38

3.2 Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя…… 44

3.3 Оцінка ризиків токсичних ефектів для здоров’я людей від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя……. 49

ВИСНОВКИ……..…..... 70

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……..…. 72

ДОДАТОК……..…. 74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГДК – гранично допустима концентрація

З – захворюваність

ЗР – забруднююча речовина

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

КВП – контрольно вимірювальний пост

КІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери

$ЛК_{50}$ – летальна концентрація

РД – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища

ТЗА – таблиця забруднення атмосфери

$м^3$– метр кубічний

$мг/м^3$ – міліграм на метр кубічний

мг – міліграм

% – відсоток

°С – градус Цельсію

$R_з$ – ризик хронічної інтоксикації

ВСТУП

Актуальність роботи. Для оцінки негативних екологічних впливів найрізноманітніших факторів в останні роки активно розпочали застосовувати підхід, який базується на оцінці ризику несприятливих наслідків. Методи оцінки екологічного ризику не можуть охватити все багатоманіття проблем, пов’язаних з оцінкою екологічного ризику і описують тільки найважливіші з них. В продовж тривалого часу оцінка ризику для здоров’я людей, обумовленого забрудненням довкілля, була на відповідальності експертів з токсикології та гігієни. Це було пов’язано з необхідністю врахування великої кількості факторів, які обумовлюють характер впливу шкідливих речовин на організм людини. На зараз розроблені методики, які дозволяють отримати приблизні оцінки ризику на основі деяких узагальнених показників (клас небезпеки, кратність перевищення ГДК і т.д.).

Відомо, що атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища, а забруднене повітря може спричинити виникнення токсичних ефектів для здоров’я людей. Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров’я, що може бути реалізовано в хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних) у кваліфікаційній роботі використовуємо лінійно-експоненціальну (безпорогову) модель.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка впливу окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя.

Вихідними даними для дослідження стала інформація про концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі з офіційних джерел – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища.

Об’єктом дослідження є канцерогенний ризик хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря.

Предметом дослідження є вплив забруднюючих речовин атмосферного повітря м. Запоріжжя на безпечність умов перебування на відкритому повітрі.

Новизна отриманих результатів полягає у адаптації методики оцінки канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря до наявного набору показників про стан атмосфери з офіційних джерел.

Апробація. Тематика роботи відповідає основним напрямам НДР кафедри екології та охорони довкілля.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фізико-географічна характеристика території дослідження

Запорізька область розташована у вигідному економіко-географічному положенні на південному сході України. Займає, головним чином, лівобережну частину басейну нижньої течії Дніпра. Область знаходиться на півдні Східноєвропейської рівнини в степовій зоні з характерним рівнинним ландшафтом, з домінуванням чорноземних ґрунтів [1].

Межує: на півночі і північному заході з Дніпропетровською областю; на заході з Херсонською областю; на сході з Донецькою областю; на півдні її побережжя омиває Азовське море. Для області характерні переважно чорноземні ґрунти [1].

Рельєф Запорізької області складається з двох виразних геоморфологічних частин: окраїн Приазовської і Придніпровської височин, що геоструктурно відповідають південно-східній частині Українського кристалічного масиву і окраїн приморських (Приазовської та Причорноморської) рівнин, які 5 розташовані в межах Причорноморської западини. Ці дві геоморфологічні одиниці ніби зв'язуються третьою – Запорізькою внутрішньою рівниною. Умовно область поділяється на три природно-сільськогосподарські зони: зону степу (50,8%), степну посушливу (34,8%) сухостепову (14,4 %) зони [1].

Клімат регіону – помірно-континентальний, характеризується чітко означеною посушливістю, яка обумовлена пануванням на більшості території області сухих східних вітрів. На рік у середньому припадає 225 сонячних днів, рівень опадів становить 448 мм [1].

Запорізька область відноситься до другої кліматичної зони України. Середньорічні температури: літня +22 ºС, зимова –4,5 ºС. На території області можна виділити три агрокліматичних райони [1].

Перший агрокліматичний район (з підрайонами «а» та «б») характеризується як дуже теплий та помірно посушливий. До підрайону «1 а» відносяться: Запорізький, Вільнянський, Новомиколаївський, Оріхівський і Гуляйпільський адміністративні райони . Щорічно тут спостерігаються суховії середньої та слабкої інтенсивності, дуже інтенсивні – в 40-50 % років спостереження. У підрайон «1б» входять: Більмацький, Розівський і Пологівський адміністративні райони. Суховії середньої та слабкої інтенсивності відмічаються щорічно, дуже інтенсивні – в 30 % років спостереження [1].

Другий агрокліматичний район включає в себе Кам'янсько – Дніпровський, Великобілозерський, Михайлівський, Василівський, Токмацький, Чернігівський, північні частини Веселівського і Мелітопольського, крайні північні частини Бердянського, Приморського та Приазовського адміністративних районів. Клімат характеризується як дуже теплий і посушливий. Для цього району характерними є часті інтенсивні суховії, які відмічено у 70 % років спостереження [1].

Третій агрокліматичний район бактеризується як дуже теплий і дуже посушливий. До нього відносяться Якимівський, Приморський, Приазовський, південні частини Бердянського, Веселівського та Мелітопольського адміністративних районів [1].

Територія Запорізької області розділена на два водозабірні басейни: басейн р. Дніпро та басейн Азовського моря. Головна річка – Дніпро – третя за величиною річка в Європі, яка є важливою транспортною артерією України, з великим Каховським водосховищем. Берегова лінія Азовського моря в межах області перевищує 300 км. Басейн р. Дніпро займає північно-західну частину області і складається з Каховського та Дніпровського водосховищ. Басейн Азовського моря знаходиться у південно-західній частині Приазовської височини та східній частині Причорноморської низини. Ріка Дніпро є основним джерелом водопостачання промислових об'єктів області, включаючи такі енергетичні гіганти як ВП ЗАЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» та

ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», задоволення питних потреб населення області, зрошення земель та інших потреб. Крім того, р. Дніпро є джерелом енергії (Дніпровська ГЕС), використовується як транспортна артерія і є цінним рекреаційним ресурсом. Басейн Азовського моря, зокрема його північна частина, має цінність як рибогосподарська та туристично-курортна зони [1].

Підземні води широко використовуються в економіці Запорізької області і є важливим резервом для забезпечення економічного та соціального розвитку. В умовах незначних ресурсів придатних для питного водопостачання поверхневих вод, вивчення підземної гідросфери на території Запорізької області має важливе загальнодержавне значення [1].

За різноманітністю та багатством мінерально-сировинних ресурсів область Займає одне з провідних місць в Україні. Запорізька область – визначний геологічний регіон, який щедро наділений розмаїттям геологічних споруд та потужними мінеральними ресурсами. За різноманітністю та багатством мінерально-сировинних ресурсів область займає одне з провідних місць в Україні [1].

Регіон спроможний забезпечити державу рудами марганцю, багатими рудами заліза, гірничо – хімічними корисними копалинами, нерудними корисними копалинами. Матеріально-сировинна база області складається із сировини для виробництва будівельних матеріалів, питних, технічних та мінеральних підземних вод, руд чорних та рідкоземельних металів, газу природного, гірничорудних, гірничо – хімічних корисних копалин та нерудних корисних копалин для металургії. Мінеральні ресурси представлені багатими покладами рудних корисних копалини, зокрема залізних і марганцевих. Із Запорізької області в інші регіони України поставляється польовий шпат, залізна руда, каолін, вогнетривка глина, камінь облицювальний та будівельний. Завозиться нафта , газ, вугілля , алюміній , титан , цементна та скляна сировина, гіпс, сировина карбонатна для випалювання на вапно, керамзитова сировина тощо [1].

1.2 Основні екологічні проблеми регіону

Ті, що вимагають вирішення на міжнародному рівні:

На теперішній час близько 500 закладів відпочинку і оздоровлення в рекреаційній зоні на побережжі Азовського моря в с. Кирилівка функціонують за відсутності централізованих систем водопостачання, каналізування і очистки стічних вод. Стічні води накопичуються в вигрібах з наступним вивозом автотранспортом. Вирішення проблеми з водопостачання та водовідведення селища Кирилівка потребує залучення коштів міжнародних інвесторів. Для вирішення основних проблем в сфері поводження з відходами необхідно створення умов для залучення міжнародних інвестицій (будівництво сміттєпереробних заводів та установка сучасних сміттєсортувальних ліній на діючих полігонах) [1].

загальнодержавного значення:

1) *Атмосферне повітря*. Вирішення проблеми відсутності ефективних методів по вловлюванню та знешкодженню викидів оксидів азоту, вуглецю та сірки, а також очистки викидів від аераційних ліхтарів у металургійній галузі можливо тільки на загальнодержавному рівні. Для цього необхідне залучення міністерствами відповідних науково – дослідних інститутів для розробки та впровадження нових методів вловлювання та знешкодження найбільш поширених речовин. Відсутність єдиного підходу та затверджених і погоджених методик проведення розрахунків викидів забруднюючих речовин. Діючі «Нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», затверджені наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 № 309, не забезпечують дотримання гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, що свідчить про необхідність запобігання або зведення до мінімуму загального впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднюючих речовин та є

підставою для перегляду нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел [1].

2) *Водні ресурси*. Для захисту від затоплення та підтоплення сільських населених пунктів та сільськогосподарських угідь Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області (Кам'янського Поду) водами Каховського водосховища необхідно забезпечити надійну ефективну роботу комплексу захисних гідротехнічних споруд Кам'янського Поду. Для цього необхідно виконати в межах державного інвестиційного проекту «Реконструкція гідротехнічних споруд захисних масивів дніпровських водосховищ» повний обсяг робіт з реконструкції комплексу захисних гідротехнічних споруд Кам'янського Поду [1].

3) *Відходи*. Екологічна ситуація у сфері поводження з побутовими та промисловими відходами в області залишається дуже гострою, насамперед через великі обсяги їх утворення, розміщення та накопичення впродовж тривалого часу. Традиційна технологія поводження з побутовими відходами застаріла та не відповідає сучасним вимогам. Альтернативою є будівництво сміттєсортувальних та сміттєпереробних комплексів, що потребує значних інвестицій, як за рахунок залучення коштів державного бюджету, так і позадержавних інвесторів. Для часткового вирішення проблеми поводження з відходами обласного центру необхідно зокрема продовження будівництва полігону № 3 м. Запоріжжя. Однією з проблем є накопичення безхазяйних ХЗЗР. При проведенні реформування колективних сільськогосподарських підприємств органами місцевого самоврядування недостатньо приділялось уваги питанню поводження з ХЗЗР, що призвело до втрати їх власника, особливо при розпаюванні господарств і зміні власності на землю, що ускладнює процедуру поводження з безхазяйними ХЗЗР. Для вирішення даної проблеми необхідна фінансова підтримка держави, зокрема створення підприємств з утилізації або знешкодження ХЗЗР або вивезення за кордон з цією ж метою ПЗФ Гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Молочний лиман» входить до складу Приазовського національного

природного парку та є водноболотним угіддям міжнародного значення. Підтримка постійного водного сполучення у з’єднувальному каналі між гідрологічним заказником загальнодержавного значення «Молочний лиман» та Азовським морем є пріоритетним напрямком для збереження екосистеми гідрологічного заказника «Молочний лиман» [1].

місцевого значення:

1) *Атмосферне повітря*. Значний вплив на стан атмосферного повітря області здійснюють транспортні засоби, в тому числі транзитний автотранспорт, який не підлягає обліку. Особливо актуальним це питання є для техногенно – навантажених міст області. Вирішення проблеми можливо за рахунок зменшення кількості транзитного транспорту, який рухається центральними вулицями міст [1].

2) *Водні ресурси*. Для покращення екологічного стану водних об'єктів області необхідне вирішення проблем за наступними напрямами: 182 реконструкція існуючих та будівництво в населених пунктах нових каналізаційних мереж і споруд на них; упорядкування споруд водовідведення на об`єктах житлово-комунального господарства, господарських об`єктах та урбанізованих територіях; встановлення водоохоронних зон та винесення в натуру меж прибережних захисних смуг в них; відродження та підтримання сприятливого гідрологічного стану річок та ліквідація наслідків шкідливої дії вод; створення більш чистого виробництва, замкнутих (безстічних) систем виробничого водопостачання, впровадження мало- і безводних технологій, забезпечення повторного використання стічних вод; розширення та реконструкція на діючих підприємствах оборотних систем виробничого водопостачання, а також систем послідовного і повторного використання води; запобігання забрудненню підземних вод [1].

вирішення яких не потребує залучення значних матеріальних (фінансових) ресурсів:

Відходи. Частина розміщених промислових відходів мають ресурсоцінні компоненти, які можна вилучити для одержання сировини. Суб’єктам

господарювання необхідно розвивати напрям рециклінгу відходів, впровадження якого сприяє захисту довкілля від негативного впливу відходів та забезпечує ощадливе використання матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів. Актуальною залишається проблема виникнення і ліквідації несанкціонованих звалищ відходів на території Запорізької області. На даний час централізовану санітарну очистку здійснюють комунальні та приватні підприємства, у тому числі за участю сільських та селищних рад. Основними місцевими проблемами в сфері поводження з твердими побутовими відходами в області є [1]:

- відсутність сучасних полігонів побутових відходів і коштів на їх будівництво та експлуатацію;

- низький рівень виконання реабілітації забруднених територій від несанкціонованого розміщення відходів;

- незадовільний стан сільських полігонів та звалищ твердих побутових відходів;

- низький рівень свідомості та освіченості місцевих мешканців. Для вирішення основних проблем в сфері поводження з відходами необхідно наступне:

- запобігання та мінімізація утворення відходів шляхом удосконалення діючих та впровадження сучасних технологій і обладнання;

- повернення промислових відходів у виробництво з метою вилучення цінних компонентів та їх використання як вторинної сировини;

- впровадження сучасних природоохоронних заходів на полігонах промислових та побутових відходів;

- організація відповідного безпечного тимчасового зберігання непридатних пестицидів, впровадження екологічно безпечних технологій знешкодження;

- реабілітація територій, забруднених розміщеними відходами.

- будівництво міжрайонних сучасних сміттєпереробних заводів та сортувальних станцій [1].

ПЗФ. Процес встановлення меж територій та об’єктів природно-заповідного фонду місцевого значення є важливим етапом по встановленню контролю за відповідним режимом заповідних територій. Тому, проведення заходів по виготовленню відповідної землевпорядної документації щодо організації і встановлення меж територій ПЗФ оптимізує процес охорони територій та об’єктів природно-заповідного фонду. Розробка місцевих схем екомережі забезпечує визначення екологічних коридорів, сполучених територій, ядер та складових екомережі. Враховуючи це, необхідність розробки та затвердження таких схем на місцевому рівні надасть можливість щодо визначення нових територій перспективних для включення до екомережі, забезпечить обмеження щодо використання таких територій [1].

вирішення яких не потребує залучення значних матеріальних (фінансових) ресурсів:

Атмосферне повітря. Для заохочення підприємств – забруднювачів атмосферного повітря до впровадження найкращих існуючих технологій виробництва доцільно внесення змін до діючого законодавства щодо удосконалення методик оцінки і компенсації збитків довкіллю на підставі фактичних витрат на відновлювальні заходи [1].

Водні ресурси. Для вирішення основних екологічних проблем водних ресурсів Для вирішення основних екологічних проблем водних ресурсів держави необхідно внести доповнення до Бюджетного кодексу України щодо переведення надходжень від рентної плати за спеціальне використання води з загального фонду державного та місцевих бюджетів до спеціального, спрямування не менше 75 % обсягів надходжень від рентної плати за спеціальне використання води на здійснення заходів щодо охорони вод, відтворення водних ресурсів і підтримання водних об'єктів у належному стані, а також на виконання робіт, пов'язаних з попередженням шкідливої дії вод і ліквідацією її наслідків [1].

Відходи. Для вирішення основних екологічних проблему сфері поводження з відходами області без залучення значних матеріальних (фінансових) ресурсів, необхідно наступне:

- затвердження Порядку щодо видачі дозволу на здійснення операцій у сфері поводження з відходами;
- розробка схем санітарного очищення населених пунктів області та удосконалення наявних схем;
- удосконалення системи обліку відходів та статистичної звітності щодо утворення, накопичення та утилізації відходів;
- посилення проведення роз'яснювальної роботи серед населення органами місцевого самоврядування щодо необхідності впровадження роздільного збирання твердих побутових відходів [1].

ПЗФ. Основним напрямом є активізація роботи органів місцевого самоврядування з визначення територій, перспективних до заповідання [1].

1.3 Забруднення атмосферного повітря у регіоні в 2019 році

З року в рік основна частина забруднень потрапляє в атмосферу від підприємств міста Запоріжжя та міста Енергодар. У 2019 році викиди від стаціонарних джерел підприємств м. Запоріжжя та м. Енергодар склали 69,7 тис. т (проти 71,3 у 2018 році) та 98,7 тис. т (проти 98,2 у 2018 році), що відповідно склало 97% від загальної кількості викидів по області [1].

Як свідчить динаміка викидів забруднюючих речовин по м. Запоріжжю та області, найбільший внесок в забруднення атмосферного повітря Запорізької області (87 %) вносять викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПАТ «Запоріжсталь» та ВП Запорізька ТЕС АТ «ДТЕК ДНІПРОЕНЕРГО». Обсяги викидів ПАТ «Запоріжсталь» за 2019 рік зменшились, а саме: склали 51,831 тис. т (що на 0,46 тис. т менше, ніж у 2018 році). Обсяги викидів від ВП Запорізька ТЕС АТ «ДТЕК

ДНІПРОЕНЕРГО» у 2019 році склали 98,651 тис. т (що на 0,59 тис. т більше, ніж у 2018 році) [1].

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60-70 % від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин. Це такі підприємства, як: ПАТ «Запоріжсталь»; ПрАТ «Дніпроспецсталь»; АТ «Запорізький завод феросплавів»; ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»; ПрАТ «Запоріжкокс»; ПрАТ «Український графіт»; ПрАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів»; ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»; ПрАТ «Запоріжвогнетрив» та інші [1].

Незначне зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у 2019 році, обумовлене, головним чином, зменшенням обсягів виробництв найбільшими підприємствами-забруднювачами атмосферного повітря в порівнянні з 2018 роком. Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря показав, що обсяги викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в 2019 році порівняно з 2018 роком зменшились на 1 % [1].

2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ

2.1 Поняття ризику та його характеристика

Ризик – поняття, пов’язане з усіма видами діяльності, яку здійснюють як окремі особи, так і організації, незважаючи на їх природу, розмір, час і місце, де здійснюється або планується діяльність. Ризик існує у різних формах і на різних рівнях: від простої домашньої роботи до багатомільярдних проектів. Неврахування ризику може призвести до різних негараздів – від значного дефіциту державного бюджету до провалу технічного проекту, значних матеріальних втрат, забруднення довкілля, травмування і навіть загибелі людей. Сьогодні для вимірювання небезпеки загальноприйнятою є шкала, що базується на вимірюванні ризику від тієї чи іншої діяльності [2].

Небезпека – прогнозована або неконтрольована загроза (природна або техногенна) виникнення небажаних подій у певний момент часу і в межах даної території, здатне нанести збиток здоров’ю людей, матеріальні збитки, руйнувати довкілля [3].

Збиток – фактичні або можливі економічні і соціальні втрати (відхилення здоров`я людини від середньостатистичного значення, тобто його хвороба або навіть смерть; порушення процесу нормальної господарської діяльності; втрата того чи іншого виду власності і т.д.) і/або погіршення природного середовища внаслідок змін в оточуючому людину середовищі, що виникають в результаті якихось подій, явищ, дій [3].

Небезпека визначається якісно. Кількісною характеристикою небезпеки є ризик. Для характеристики небезпеки використовують набір спеціалізованих термінів, з яких два використовуються значно частіше решти - "*загроза*" (hazard) і "*ризик*" (risk) [2].

З методологічної точки зору важливим і спільним для всіх цих визначень є уявлення про "загрозу" як об`єктивну реальність, що існує як у

відносинах між суспільством і технікою, так і у відносинах з довкіллям – природним середовищем існування людини. Головною проблемою наукового визначення поняття "ризик" є його комплексний характер, що вимагає залучення широкого кола вчених – представників багатьох дисциплін [2].

Саме тут вимагається застосування методів системного аналізу, врахування всіх факторів, що сприяють виникненню критичних ситуацій, і аналізу всіх наслідків, до яких вони можуть призвести. Визначення терміну «ризик» представлений у таблиці 2.1 [2].

При цьому під терміном "ризик" у його найзагальнішому значенні розуміють два таких кількісних показники, як величину збитку від тих чи інших подій, явищ або дій (наприклад, економічні збитки, кількість захворювань, травм, смертей тощо) та ймовірність виникнення цих подій, явищ або дій [2].

Таблиця 2.1 – Визначення терміну «ризик», що існують в науковій літературі [2].

Термін "Ризик"	**Автори**
Ризик – це усвідомлена небезпека виникнення в будь-якій системі небажаної події з певними в часі та просторі наслідками	А. Рагозін
Ризик – це частота реалізації "небезпеки"	В. Маршалл
Ризик – це ймовірність несприятливих наслідків (індивідуальний ризик захворіти на рак печінки - це ймовірність того, що він викликатиме страждання протягом життя)	Дж. Фіксел
Ризик – це величина, що визначається як добуток величини події на міру її можливості	Е. Мушик, П. Мюлер
Ризик – ймовірність втрат, що можуть бути встановлені перемноженням ймовірності (частоти) негативної події на величину можливого збитку від неї	У. Роуї

Отже, ризик – це усвідомлена небезпека виникнення подій з визначеними у просторі і часі небажаними наслідками. Ризик – величина кількісна і визначається як добуток імовірності негативної події на величину можливого збитку від неї. Ризик – величина векторна і є кількісною мірою загрози, що включає такі кількісні показники як: величину збитку від небезпечного чинника; імовірність появи (частоту появи) даного небезпечного чинника. Виділяють індивідуальний, соціальний та прийнятний ризик [2].

2.2 Екологічний ризик, аналіз та методологія оцінки

Екологічний ризик – це ймовірність виникнення негативних змін або наслідків цих змін, які виникають в результаті негативної антропогенної дії на навколишнє середовище або природних стихійних лих. Екологічний ризик є різновидом ризику міри екологічної небезпеки безпеки [3].

Екологічний ризик можна розділити на дві складові: ризик для живої природи (біоекологічний), який залежить від стану геосистем і ризик для людини (антропоекологічний) утворюється людиною і визначається ймовірністю збільшення аварій внаслідок виробничо-господарської діяльності [3].

У термінах теорії ризику прийнято проводити аналіз подій, імовірність яких дорівнює 1 (наприклад, забруднення навколишнього середовища). У такому разі термін "ризик" еквівалентний терміну "збиток", і відповідно величина ризику кількісно дорівнює величині збитку [3].

Наведемо найбільше розповсюджені визначення екологічного ризику. Екологічний ризик це:

1) вірогідність навмисних або випадкових, поступових та катастрофічних антропогенних змін існуючих природних об'єктів, факторів та екологічних ресурсів;

2) ймовірність порушення стійкості системи навколишнього середовища через господарську чи іншу діяльність людини, тобто перевищення еколого-економічного потенціалу;

3) ймовірність збільшення смертності або кількості захворювань людей при підвищенні концентрації певного забруднювача чи суми забруднювачів у навколишньому середовищі або порушенні яких-небудь характеристик цього середовища (наприклад, збільшення дози ультрафіолетового випромінювання);

4) ймовірність небажаних наслідків того чи іншого рішення у глобальній, регіональній або локальній експлуатації природних ресурсів і в процесі використання природних умов, функціонування споруд, технологічних ліній тощо, які споживають ці ресурси в межах і за межами нормативного терміну їх роботи.

Близьке за змістом до наведених вище є стандартизоване визначення екологічного ризику як імовірності настання негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє природне середовище, які спричиняють незворотну деградацію екосистеми [2].

У міжнародно-правовому значенні, зокрема відповідно до Директиви Ради Європейського Союзу від 9 грудня 1996 р. № 96/82-ЄС [4] про стримування великих аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами, ризик означає імовірність настання певної події за певних обставин та у певний час.

Ризик у природокористуванні – імовірність несприятливих для екологічних ресурсів наслідків будь-яких (навмисних або випадкових, поступових і катастрофічних) антропогенних змін природних об’єктів і факторів [3].

Ризик природних катастроф – імовірність небажаних наслідків будь-яких руйнівних природних і природно-антропогенних явищ у глобальному, регіональному та локальному масштабах [3].

*Ва*жливого теоретичного та практичного значення набула проблема ризику для національної безпеки України у зв'язку з важкими наслідками

чорнобильської катастрофи та опрацюванням нових підходів при вивченні взаємозв'язку людини з навколишнім природним і соціальним середовищем, а також змінами, які відбуваються нині в здоров'ї людей. Останнім часом проблема ризику вивчається багатьма науковими дисциплінами з точки зору впливу шкідливих факторів [3].

Кількісній оцінці ризику здоров'я населення від хімічних сполук належить головна роль у стратегії захисту людини від негативного впливу [3].

Аналіз ризику в медичних дослідженнях – це комплекс дій для вивчення, аналізу та ідентифікації механізмів виникнення явищ, що мають великий вплив на спосіб життя та стан здоров'я людини, з метою запобігання згаданим явищам або протидії їх виникненню. Результат аналізу ризику - оцінка стану здоров'я частини населення, яка зазнає впливу з боку хімічних сполук і в якої очікується прояв шкідливих для здоров'я ефектів [3].

Не зважаючи на те, що сутність несприятливих ефектів може бути добре вивчена, основною задачею при оцінці ризику є визначення їх ймовірності. Остання визначається двома факторами [3]:

– ймовірність того, що групи людей підпадуть під вплив різних рівнів забруднень;

– ймовірність того, що в даних осіб виникнуть шкідливі ефекти [3].

Ці два фактори відповідають двом основним галузям дослідження аналізу ризику – впливу й ефектам [3].

Як вже зазначалося вище, ризик є ймовірною характеристикою. При аналізі ймовірності виникнення небажаних ефектів внаслідок дії хімічних забруднювачів виникають різні проблеми, пов'язані з їх властивостями: для високостійких сполук, які входять до раціону людини та викликають віддалені ефекти, головне завдання - оцінити ймовірність виникнення небажаних ефектів. А для нестійких речовин найважливіше оцінити ймовірність їх дії [3].

Ризик можна відобразити кількома способами [3]:

– ймовірністю того, що у певної частини населення виникнуть негативні ефекти (наприклад, 5%-й ризик, 20%-й ризик). Такого виду оцінки важко досягти;

– визначенням певної кількості чоловік, у яких можуть виникнути негативні ефекти, при цьому встановлюється певний інтервал похибок для вказаних неточностей (наприклад, 2000 - 50);

– оцінкою без реальної величини достовірності (наприклад, більше 5% будуть мати негативні ефекти). Рівень точності оцінки ризику не може перевищувати точність впливу та дані ефекту, на основі яких розраховується ризик [3].

При медичних дослідженнях використовуються чотири види ризику: відносний, атрибутивний, атрибутивний популяційний і популяційна фракція атрибутивного ризику [3].

Відносний ризик (наприклад, раку легенів у групі, де палять, порівняно з групою, де не палять) розраховується за допомогою відношення $I2/I1$, де $I2$ – це захворюваність раком у групі, де палять, а $I1$ – це захворюваність раком у групі, де не палять. Величина відносного ризику дозволяє виміряти патогенну силу умов, з якими асоціюється фактор ризику [3].

Атрибутивний ризик. Він використовується для вимірювання абсолютної величини захворюваності та розраховується як $I2$ - $I1$ на 100 тис. чоловік на рік. На відміну від відносного ризику, атрибутивний вимірює його наслідки [3].

Атрибутивний популяційний ризик. Відносний і атрибутивний ризики дозволяють порівнювати між собою ймовірність захворювання в групах населення з наявністю або відсутністю факторів ризику. Проте вони не дають уявлення про патогенне значення фактору для популяції у цілому. З цією метою використовується даний вид ризику. Він розраховується як добуток ($I2$ - $I1$) p, де $I2$ - $I1$ – атрибутивний ризик, а p – число осіб у популяції з фактором ризику [3].

Популяційна фракція атрибутивного ризику. Для оцінки в популяції долі захворюваності, пов'язаної з фактором ризику захворюваності даною хворобою в цілому, використовується популяційна фракція атрибутивного ризику. Вона розраховується як відношення популяційного атрибутивного ризику до всього числа осіб даної популяції, які захворіли відповідною хворобою за той самий період часу [3].

Методологія ризику. При аналізі ризику негативного впливу навколишнього середовища на здоров'я населення виділяють етапи ідентифікації та кількісного розрахунку ризику [3].

Методологічні основи для ідентифікації факторів ризику негативного впливу навколишнього середовища на здоров'я людини складають [3]:

1. Припущення, що фактор ризику виникає при виявленні однонаправленої кореляції між присутністю (або зростанням) прикмети і присутністю (або зростанням) явища, яке вивчається.

2. Такий зв'язок має бути послідовним у часі. Для його виявлення вимагається проведення перспективних досліджень, і мірою зв'язку є частота виникнення нових випадків захворювань за певний період часу. В одномоментних дослідженнях неможливо довести, що ознака, яка спостерігається, є фактором ризику.

3. Повторюваність виявленого зв'язку в однакових умовах. Неможливість повторення в однотипній ситуації або повторення в різних умовах змушує думати про дію інших закономірностей.

4. Ознака вважається фактором ризику, поки його зв'язок із захворюваністю є самостійним і незалежним. Важливо завжди мати на увазі, що відсутність інформації про існування інших факторів ризику не значить, що їх не існує в дійсності.

5. Наявність такої величини ризику, яка досягає деякого практичного значення порогу відбору. Наприклад, критерієм ознаки як фактору ризику може бути така величина відносного ризику, при якій захворюваність зростає як мінімум у два рази порівняно з контрольною групою.

6. Ознака називається фактором ризику в тих випадках, в яких його зв'язок із захворюванням залишається до кінця не розкритим і оцінюється як ймовірність [3].

Екологічний аспект ризику. Аналіз ризику, як і в цілому питань взаємодії людини з природою та гарантій безпеки її існування, вимагає детального вивчення стану природного середовища, системного підходу [3].

Головним завданням аналізу ризику стосовно екологічної безпеки є вивчення найрізноманітніших сторін взаємодії різних антропогенних факторів з елементами біосфери та наслідків цього впливу з метою виявлення їх характеристик і кількісної оцінки негативного впливу. Результати аналізу ризику потрібні для оптимізації взаємодії людини з природою [3].

Аналіз ризику як фактору національної безпеки України, зокрема її екологічних систем, потребує аналізу різних видів взаємодії людини з природою [2, 3].

Перший вид – це стихійна антропогенна взаємодія, коли людина в процесі господарської діяльності використовує природне середовище як деякий "амортизатор" між джерелами взаємодії та людиною. Надходження відходів у природне середовище від підприємств є прикладом такої взаємодії[2, 3].

Другий вид – взаємодія з навколишнім середовищем, головним чином з ненавмисним впливом на природу та перетворенням біосфери. Це будівництво міст, обробка сільськогосподарських угідь, видобуток корисних копалин відкритим способом і т. ін. [2, 33].

Третій вид – використання навколишнього середовища шляхом цілеспрямованого широкомасштабного перетворення природи. Це свідомий вплив. Приклади його - будівництво водосховищ, вплив на метеорологічні процеси з метою викликати додаткові опади тощо [2, 3].

У статті співробітників Окріджської національної лабораторії (США) відзначається, що управління навколишнім середовищем, яке ґрунтується на

концепції ризику, найбільш оптимальне в тому випадку, коли цей ризик можна кількісно оцінити [2, 3].

Аналіз ризику в екологічній безпеці включає такі етапи [2, 3]:

Перший – це вивчення ефектів впливу різних факторів на навколишнє середовище. Він полягає в аналізі реакцій організмів, популяцій, екологічних систем на численні взаємодії у різних середовищах і наслідків від цієї взаємодії (хвороби, смерть окремих організмів, популяцій, екосистем) [2, 3].

Другий – кількісна оцінка ризику (етап математичного моделювання), яка є ймовірною характеристикою тієї загрози, що виникає для навколишнього середовища при можливих антропогенних забрудненнях. Математичне моделювання екологічних процесів і систем з метою аналізу ризику - це насамперед виявлення потоків сполук - біогеохімічних циклів. Один із найчастіше використовуваних тут класів математичних моделей – лінійні стаціонарні балансові моделі. Використовуючи цей клас моделей, вчені на прикладі деяких пестицидів показали, що обмеження для антропогенних викидів у навколишнє середовище можуть виникнути не в результаті забруднення того геохімічного середовища, в яке вони безпосередньо потрапили, а в результаті вторинного забруднення інших середовищ. Тому такі ефекти слід ґрунтовно вивчати при стратегічному плануванні розвитку нових промислових районів, впровадженні нових технологій і прогнозуванні глобальних екологічних ефектів від забруднення техногенними сполуками [2].

При оцінці екологічного ризику необхідно мати на увазі, що основою екологічних систем є термодинамічні структури, які можуть утворюватися та зберігатися без порушення другого закону термодинаміки. Структура, функції та еволюція екосистем, що вміщують хімічні сполуки, залежать від обміну речовин та енергії з навколишнім середовищем, а також від зв'язків між процесами, які збільшують або зменшують ентропію всередині даної екосистеми. При незворотних процесах характеристика будь-якої структури залежить від певних умов, а їх розвиток відбувається якісними стрибками (фазовими переходами), які відповідають проходженню певних порогових

значень. Зростанню локальної ентропії сприяють і хімічні перетворення речовин, і біологічні процеси (утворення первинної продукції, дихання), причому швидкість процесів є нелінійною функцією [2, 3].

Отже, що для побудови математичних моделей оцінки ризику екологічних систем, які вміщують техногенні сполуки, й аналізу впливу на екосистеми необхідно ввести нелінійність і досліджувати їх на основі 4 базових характеристик: ієрархічність, нелінійність, відкритість, нерівноважність [2, 3].

Третій етап – управління ризиком. На цьому етапі визначаються еколого-економічні позиції допустимих навантажень на область, регіон з урахуванням економічних аспектів, у тому числі співвідношень витрати – вигода. Особливість цього етапу – велика різноманітність управлінських рішень [2, 3].

Оцінка ризику для екологічних систем має ґрунтуватися на об'єктивних оцінках екологічного збитку. Приклади таких оцінок - ймовірність вимирання популяції або зменшення багатства рослинного та тваринного світу [2, 3].

Оцінка ризику – це аналіз причин його виникнення і масштабів прояву в окремих ситуаціях. При цьому виділяють наступні елементи [3].

- оцінка і виявлення потенційної небезпеки;
- кількісна оцінка реакції людей (демографічні показники);
- визначення масштабів впливу чинників екологічного ризику, його частоту тривалість.

В оцінці ризику можна виділити чотири основних напрямки [2, 3].

Перший – *інженерний*. Як правило, цей підхід є розрахунком імовірностей аварій. Основні зусилля спрямовуються на збір статистичних даних про аварії та пов'язані з ними викиди токсичних сполук у навколишнє середовище [2].

Другий – *модельний*. Розробляються математичні моделі процесів, які призводять до небажаних наслідків для людини та навколишнього середовища [2].

Третій – *експертний*. При використанні перших двох підходів для оцінки ризику часто зустрічаються випадки, коли недостатньо статистичних даних або не зовсім зрозумілі деякі принципові залежності. Тоді єдине джерело даних – експерти. Перед ними ставиться завдання ймовірнісної оцінки тих чи інших подій, пов'язаних із аналізом ризику [2].

Четвертий – *соціологічний*. За допомогою цього методу визначають сприйняття населенням і його окремими групами того чи іншого ризику. Широко відомі дослідження, в яких визначалась оцінка ризику для різних видів діяльності, що давалася людьми під час соціологічного опитування. Були виявлені цікаві дані. Наприклад, люди віддають перевагу добровільному ризику (наприклад, альпінізм, куріння) перед примусовим. Охочіше йдуть на ризик, якщо вони можуть на нього впливати [2].

На думку багатьох дослідників, важливу роль у сучасній оцінці індивідуального сприйняття ризику відіграють географічні та соціальні фактори, культурні традиції і психологія конкретних груп населення. Врахування географічного фактору спочатку передбачало реакцію людини на природні небезпеки, стихійні лиха, характерні для даного регіону. Нині рамки таких спостережень розширились і враховують наслідки розвитку техніки та технологій [2].

Дослідження показали, що індивідуальне сприйняття ризику тісно пов'язане із соціальним статусом і культурними традиціями населення. За спостереженнями соціологів, при існуванні загрози люди виробляють для себе певну стратегію поведінки, яка зменшує в них почуття невизначеності та страху. Тому при розбіжності існуючих оцінок ризику його образ навіть при наявності доказів існування з великими труднощами зникає із свідомості людей. Коли у людей ще не склалася думка, спостерігається протилежна ситуація – вони терпляче ставляться до формулювання проблеми. Спостереження показують, що інформація про ризик, подана в різних формах (наприклад, дані про смертність або, навпаки, виживання), здатна змінити індивідуальне сприйняття ризику та поведінку людей [2, 3].

Розглядаючи всі чотири підходи до оцінки ризику, слід зауважити, що вони мають різні галузі застосування та не позбавлені недоліків [2, 3].

Оцінка ризику, тобто прогнозування технологічних і екологічних катастроф у регіонах, - ключова ланка визначення рівня екологічної небезпеки. Попередня робота в цьому напрямку має ряд переваг порівняно з іншими методами управління екологічною безпекою. По-перше, цілком реально отримати кількісну оцінку очікуваного збитку; по-друге, є можливість порівняти та врахувати ризик від усіх можливих факторів, а також дати комплексну оцінку ризику [2, 3].

Таким чином, оцінка ступеня ризику – якісна і кількісна оцінка ризику присутності або використання забруднювачів, яка спрямована на визначення ризику для здоров’я або довкілля [2, 3].

На практиці оцінка екологічного ризику проводиться вченими, які збирають, аналізують і пояснюють відомості про заподіяне забруднення [2].

Схема аналізу ризику включає широкий спектр взаємопов'язаних проблем і різних етапів: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком [2].

Першим кроком оцінки ризику є виявлення найбільш серйозних джерел небезпеки (факторів ризику) та їхнє ранжування з метою визначення реальної загрози для людини та навколишнього середовища на основі побудови карт ризику; визначення порогів стійкості технічних і екологічних систем; використання імітаційного моделювання. Тут велику роль відіграють наукові дослідження. Саме представники фундаментальної науки звернули увагу широкої громадськості на такі глобальні екологічні проблеми, як можливість зміни клімату й озонового прошарку, значні генетичні наслідки антропогенного впливу на природу та людину [2].

Для ідентифікації небезпеки важливі прийоми апробації, відбору, моделювання поведінки різних хімічних сполук у середовищі, моніторингу та діагностики. При цьому першим постає питання – що являє собою ця небезпека, а при розрахунку ризику – яка її величина. Як правило, при

характеристиці причин техногенних або екологічних катастроф виділяють фактори технічного, технологічного й організаційного характеру. Особлива увага приділяється людському фактору. Однак проблему ідентифікації факторів ризику слід розробити глибше. Причини катастроф варто шукати не тільки на мікро-, а й на макрорівні, аналізуючи весь комплекс протиріч, які виникають у народному господарстві та пов'язані з глибокою кризою в економіці, що супроводжується кризою практично в усіх сферах життя суспільства - екологічній, політичній, соціальній і духовній [2].

2.3 Методика оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров’я людей від забруднення атмосферного повітря

В продовж тривалого часу оцінка ризику для здоров’я людей, обумовленого забрудненням довкілля, була на відповідальності експертів з токсикології та гігієни. Це було пов’язано з необхідністю врахування великої кількості факторів, які обумовлюють характер впливу шкідливих речовин на організм людини. На зараз розроблені методики, які дозволяють отримати приблизні оцінки ризику на основі деяких узагальнених показників (клас небезпеки, кратність перевищення ГДК і т.д.).

Несприятливі зміни у здоров’ї людей, обумовлені щоденним або професійним контактом з токсичними речовинами, в загальному випадку мають вірогідністний характер. Це обумовлено значними варіаціями в фізичному стані людей, а також неможливо точно контролювати такі визначальні параметри ризику, як доза, час контакту, специфіка надходження речовини в організм та інші.

Для характеристики частоти негативних змін в здоров’ї населення в медицині використовують термін «захворюваність».

Захворюваність – статистичний показник, який визначається як відношення число захворівших до середньої чисельності населення на території спостереження в період, для якого розраховується цей показник [5].

$$З = \frac{p(N_з)}{N}, \tag{2.1}$$

де *З* – захворюваність, 1/рік;

$p(N_з)$ – частота захворюваності, людей/рік;

N – чисельність населення, людей.

Захворюваність – величина, яка має розмірність потенціального ризику, близько пов'язана з поняттям екологічного ризику, однак не є тотожною йому. Ризик слід розглядати як додаткову захворюваність, пов'язану з потраплянням в організм екотоксикантів [5]:

$$З = a + b\ R_з \tag{2.2}$$

де *a* – фонова захворюваність, 1/рік;

b – коефіцієнт пропорційності;

$R_з$ – ризик захворюваності, 1/рік.

Ризик захворюваності є функцією дози токсиканта, який поступив в організм середньостатистичного представника даної групи населення за все життя. Відносно до забруднення атмосферного повітря доза токсиканта може бути оцінена на основі даних про концентрацію токсиканта в повітрі та тривалості перебування людей в умовах забрудненої атмосферного повітря [5].

Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення довкілля на здоров'я, що може бути реалізовано в формі миттєвих токсичних або хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних), використовуються, як правило, *дві групи моделей*: порогові та безпорогові [5].

Як відомо, гостра токсичність (миттєвий токсичний прояв) має яскраво виражений пороговий характер. Для оцінки ризику миттєвих токсичних проявів можна використати *модель індивідуальних порогів дії*. Стосовно

забруднення атмосфери ця модель може бути в загальному виді описана наступною формулою [5]:

$$RI_з = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a+b\lg c} \exp\left(-\tau^2/2\right) d\tau, \tag{2.3}$$

де a та b – параметри які залежать від токсикологічних властивостей речовини;

c – концентрація токсиканта в атмосферному повітрі;

τ – параметр інтегрування.

Ризик токсичних ефектів, який розглядався вище, є умовним індивідуальним ризиком, який дорівнює вірогідності летального наслідку (або захворювання) при умові реалізації механізму впливу [6].

Інтеграл у формулі (2.3) не може бути виражений через елементарні функції. Значення коефіцієнтів a та b визначаються на основі спеціальних токсикологічних досліджень властивостей речовин і, як правило, надаються тільки у спеціалізованих літературних джерелах. Для виконання практичних розрахунків є логічним пов’язати коефіцієнти a та b зі значеннями традиційних параметрів, які використовуються для характеристики токсичних речовин і нормування їх вмісту в об’єктах довкілля, таких як клас токсичності речовини, гранично допустима концентрація і т.д. В [5] пропонується наступний варіант формули (2.3):

$$RI_з = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a+b\lg(c/\text{ПДК}_{\text{м.р.}})} \exp\left(-\tau^2/2\right) d\tau, \tag{2.4}$$

де $ГДК_{мр}$ – гранично допустима максимально разова концентрація хімічної речовини в повітрі населених місць, мг/м^3. Така концентрація

токсиканта при вдихання протягом 30 хвилин не повинна викликати рефлекторних (в тому числі субсенсорних) реакцій в організмі людини [7].

Значення коефіцієнтів *a* та *b*, рекомендовані авторами [5] для виконання розрахунків представлені в таблиці 2.2.

Оцінка ризику, яку виконують за таким алгоритмом, припускає реалізацію сценарію, при якому населення піддається впливу токсиканта, концентрація якого в повітрі *c* (мг/м^3), а час експозиції (час перебування в умовах забрудненої атмосфери) не менше 30 хвилин [6].

Таблиця 2.2 – Значення емпіричних коефіцієнтів рівнянь (2.3), (2.4) [6]

Клас небезпеки токсиканта	**Характеристика речовини**	***a***	***b***
1-й	Надзвичайно небезпечні	-9,15	11,6
2-й	Високонебезпечні	-5,51	7,49
3-й	Помірно небезпечні	-2,35	3,73
4-й	Малонебезпечні	-1,41	2,33

Права частина рівняння (2.4) є функцією від кратності перевищення ГДК токсиканта в атмосферному повітрі ($c/ГДК_{мр}$), яка визначена в діапазоні від 0 до ∞ (при $c/ГДК_{мр}$ = 0 параметр інтегрування τ перетворюється в - ∞). Залежність $R_з$ від $c/ГДК_{мр}$ представлена на рис. 2.1 [6].

Для вираження *ризику хронічної інтоксикації* – $R_з$ (в тому числі й канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, частіше всього використовують лінійно-експоненціальну (безпорогову) модель [5]:

$$Rз = 1 - exp\left(-UR \times \tau \times c^{ß}\right) \quad (2.5)$$

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 – *t*;

β – коефіцієнт, який враховує особливості токсичних властивостей речовин.

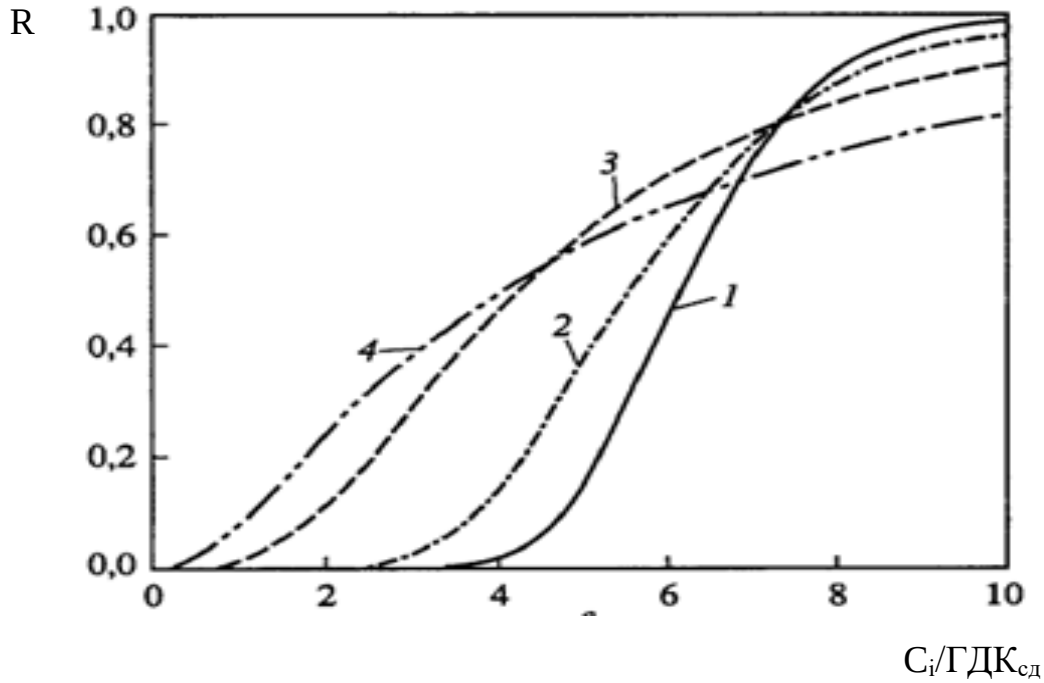


Рис. 2.1 – Залежність ризику виникнення миттєвих токсичних проявів від кратності перевищення $ГДК_{мр}$ для речовин різних класів небезпеки (1- надзвичайно небезпечні, 2-високонебезпечні, 3-помірно небезпечні, 4-малонебезпечні) [6]

Параметри рівняння (2.5) можна виразити у виді, більш зручному для виконання практичних розрахунків [5]:

$$Rз = 1 - exp\left[\left[-0{,}174 \times \left(\frac{c}{ГДК_{сд} \times К_з}\right)^{ß} \times \tau\right]\right] \qquad (2.6)$$

де $ГДК_{сд}$ – гранично допустима середньодобова концентрація хімічної речовини у атмосферному повітрі населених місць, мг/м^3. Ця концентрація не повинна негативно впливати на організм людини прямо чи опосередковано при невизначено тривалому (десятки років) вдиханні [7].

Параметри β та $К_з$, рекомендовані для розрахунків [5] для часу експозиції 25 років, представлені в таблиці 2.3. Крім того, незалежно від класу

небезпеки речовини, при концентрації, яка не перевищує значення ГДК, *β = 1,00* [5].

Таблиця 2.3 – Параметри для розрахунку ризику хронічної інтоксикації (канцерогенного ризику), пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря [6]

Клас небезпеки токсиканта	**Характеристика речовини**	***β***	***$K_з$***
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

На рисунку 2.2 представлені залежності ризику хронічних захворювань, обумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення ГДК для речовин різних класів небезпеки, побудовані на основі даних табл. 2.3.

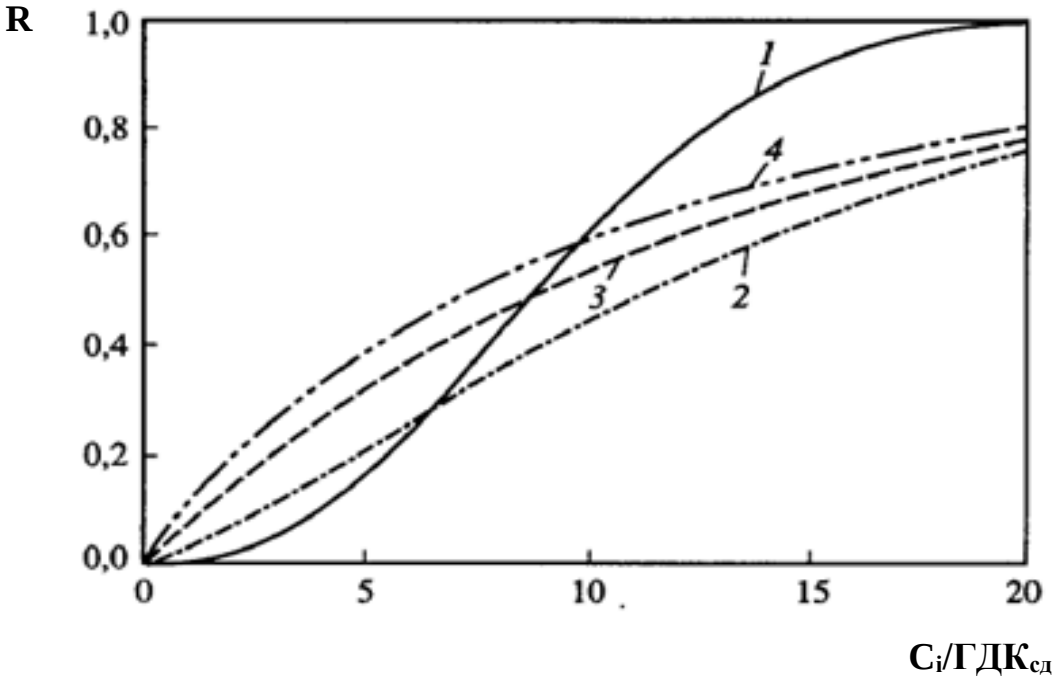


Рис. 2.2 – Потенційний ризик захворюваності населення як функції кратності перевищення концентрації токсиканта в атмосферному повітрі для речовин різних класів небезпеки (1-надзвичайно небезпечні, 2- високонебезпечні, 3-помірно небезпечні, 4-малонебезпечні) [6]

3. ОЦІНКА ВПЛИВУ ОКРЕМИХ ПОЛЮТАНТІВ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

3.1 Характеристика вихідної для дослідження інформації

Для виконання оцінки впливу полютантів повітряного басейну на стан здоров’я населення міста Запоріжжя в першу чергу потрібно проаналізувати стан атмосферного повітря міста та оцінити ступінь його забруднення.

В якості вихідної для дослідження інформації використовуємо середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі з офіційних джерел інформації – Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області [8, 9, 10, 11] за дев’ятирічний період – 2016-2020 рр. Систематизована за роками інформація представлена у табл. 3.1.

Табл. 3.1 – Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, мг/м^3 [8, 9, 10, 11]

	Клас небезпеки	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Пил	***3***	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,12	0,105
Оксид вуглецю	***4***	2,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2
Діоксид азоту	***2***	0,092	0,1	0,088	0,088	0,08	0,088	0,08	0,08	0,072
Фенол	***2***	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Хлористий водень	***2***	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Фтористий водень	***2***	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
Формальдегід	***2***	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005
Діоксид сірки	***4***	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,005
Оксид азоту	***4***	0,072	0,072	0,06	0,06	0,12	0,06	0,048	0,048	0,048

Спостереження за станом повітряного басейну відбувалися за наступними дев'яти показниками: двоокисом азоту, двоокисом сірки, окисом азоту, окисом вуглецю, пилом, фенолом, фтористим воднем, хлористим воднем, формальдегідом.

Для встановлення динаміки змін показників кратності перевищення відповідних ГДК впродовж 2016-2020 рр. побудовані гістограми для дев'яти полютантів. Результати представлені на рис. 3.1-3.9.

Аналізуючи графічний матеріал слід відмітити, що впродовж досліджуваного періоду жодного разу не відмічалися перевищення ГДК за двоокисом сірки (рис. 3.2), окисом вуглецю (рис. 3.4), пилом (рис. 3.5), хлористим воднем, а за фтористим воднем (рис. 3.7) порівняно з цими показниками відмічались мінімальні значення показника кратності перевищення ГДК, крім того його концентрації рівні нулю в 2013-2018 роках.

Концентрації у атмосферному повітрі інших чотирьох інгредієнтів перевищували відповідні ГДК:

- *за двоокисом азоту* (рис. 3.1) в 2020 р. показник кратності дорівнював – 1,8 ГДК; в 2016, 2018, 2019 рр. – 2,0 ГДК, в 2014, 2015, 2017 рр. – 2,2 ГДК, в 2012 р. – 2,3 ГДК; максимального значення показник кратності досягає у 2013 р. – 2,5 ГДК;
- *за окисом азоту* (рис. 3.3) перевищень ГДК не відмічається у 2018-2020 рр., досягає концентрація інгредієнта значення в 1,0 ГДК в 2014, 2015 та 2017 рр., в 2012-2013 рр. показник кратності дорівнював 1,2 ГДК, а максимального значення він досяг в 2016 р. – 2,0 ГДК.
- *за фенолом* (рис. 3.6) впродовж всього періоду дослідження спостерігаються перевищення концентраціями інгредієнту відповідного ГДК в 2 рази;
- *за формальдегідом* (рис. 3.9) перевищення концентраціями 1,3 ГДК відбувалося у 2017-2018 рр., перевищення 1,7 ГДК спостерігалось у 2012, 2014-2016, 2019-2020 рр., а максимальне значення показника кратності перевищення ГДК (2,0) зафіксоване в 2013 р.

Рис. 3.1 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для двоокису азоту (м. Запоріжжя)

Рис. 3.2 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для двоокису сірки (м. Запоріжжя)

Рис. 3.3 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для окису азоту (м. Запоріжжя)

Рис. 3.4 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для окису вуглецю (м. Запоріжжя)

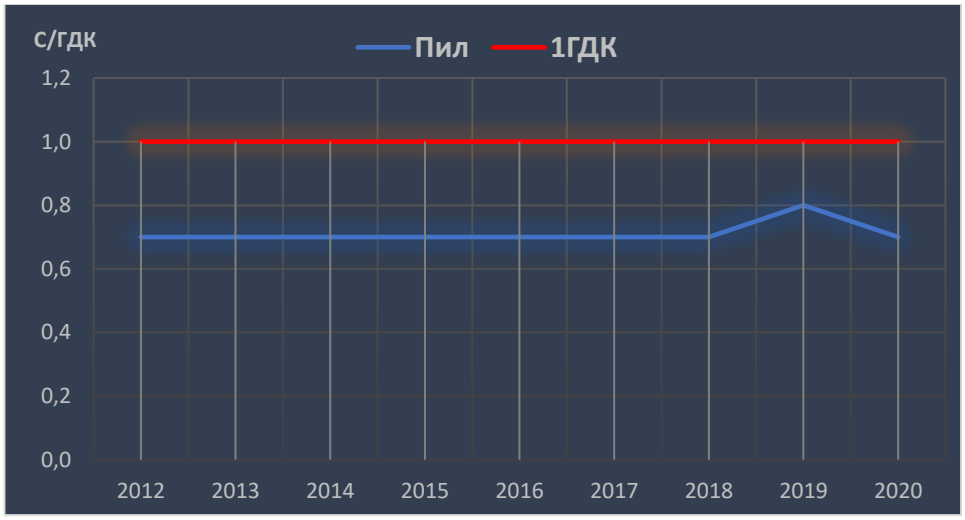


Рис. 3.5 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для пилу (м. Запоріжжя)

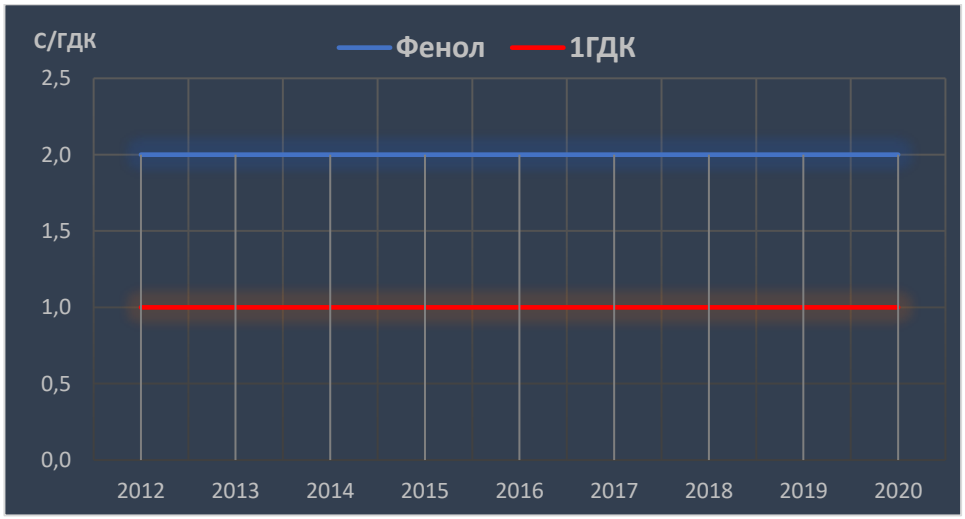


Рис. 3.6 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для фенолу (м. Запоріжжя)

Рис. 3.7 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для фтористого водню (м. Запоріжжя)

Рис. 3.8 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для хлористого водню (м. Запоріжжя)

Рис. 3.9 – Динаміка зміни показників кратності перевищення ГДК для формальдегіду (м. Запоріжжя)

3.2 Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя

Перш ніж дослідити вплив забруднення атмосферного повітря комплексом полютантів на стан здоров'я населення слід встановити (кваліфікувати) ступінь забруднення атмосферного повітря у м. Запоріжжя впродовж дев'ятирічного періоду дослідження – 2012-2020 рр. З цією метою застосовуємо: ***Індекс забруднення атмосфери***, ***Комплексний ІЗА*** (*КІЗА*), ***Індекс*** $\boldsymbol{I_5}$ як інтегральні показники якості атмосферного повітря.

В [12] вказано, що 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 [12]:

$$I = \left(\frac{q_p}{ГДК_{мр}}\right)^{C_i}, \tag{3.1}$$

або $$I = \left(\frac{\overline{q}}{ГДК_{сд}}\right)^{C_i}, \tag{3.2}$$

де q_p та $\overline{q}$ – фактичні максимальна та середня концентрації ЗР в атмосферному повітрі, мг/м^3;

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 [12].

Комплексний ІЗА (*КІЗА*) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного *n* речовинами, присутніми в атмосфері міста. *КІЗА* розраховується за формулою [12]:

$$I_n = \sum_{i=1}^{n} I_i = \sum_{i=1}^{n} \left(\left(\frac{\overline{q}}{ГДК_{сд}} \right)^{C_i} \right)_i , \tag{3.3}$$

Розраховується *КІЗА* по одному або *К* постах міста як сума всіх *ІЗА*. Комплексний *ІЗА* враховує *n* речовин, що присутні в атмосфері [12].

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою *КІЗА* можна використати значення одиничних індексів *ІЗА* тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто [12]:

$$I_5 = \sum_{i=1}^{5} I_i \tag{3.4}$$

За ***величиною індексу*** $\boldsymbol{I_5}$ виділяють чотири рівні забруднення [12]:

1) *безпечний* ($I_5 \leq 5$);

2) *підвищений* ($5 < I_5 \leq 7$);

3) *високий* ($7 < I_5 \leq 13$);

4) *дуже високий* ($I_5 > 13$) [12].

Існує також інша характеристика рівня забруднення атмосферного повітря за величиною I_5. Величини I_5 менші 2,5 відповідають чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабко забрудненій атмосфері; від 7,6 до 12,5 – забрудненій атмосфері; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій атмосфері; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій атмосфері; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері [12].

Результати розрахунку показників *ІЗА*, *КІЗА*, I_5, які застосовані для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) представлені в табл. 3.2.

Табл. 3.2 – Результати розрахунку показників ***ІЗА***, ***КІЗА***, $\boldsymbol{I_5}$, які застосовані для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя (2012-2020 рр.)

ІЗА	***2012***	***2013***	***2014***	***2015***	***2016***	***2017***	***2018***	***2019***	***2020***
Пил	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7
Оксид вуглецю	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Діоксид азоту	3,0	3,3	2,8	2,8	2,5	2,8	2,5	2,5	2,1
Фенол	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Хлористий водень	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Фтористий водень	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Формальдегід	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,4	1,4	2,0	2,0
Діоксид сірки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Оксид азоту	2,1	2,3	2,0	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9	1,7
КІЗА	**11,4**	**11,9**	**10,7**	**10,7**	**10,2**	**10,1**	**9,5**	**10,4**	**9,8**
$\boldsymbol{I_5}$	**10,2**	**11,2**	**10,0**	**10,0**	**9,5**	**9,4**	**8,9**	**9,6**	**9,0**
	Клас забруднення: ***III клас*** Рівень забруднення: ***високий*** (7,0 < $\boldsymbol{I_5}$ < 13,0) Характеристика рівня забруднення: ***забруднена*** (7,6 < $\boldsymbol{I_5}$ < 12,5)								

Індекси забруднення атмосфери (ІЗА), як нормовані характеристики забруднення атмосфери кожним забруднюючим компонентом, розраховуємо за формулою *(3.2)* для всього періоду дослідження.

Комплексний ІЗА (*КІЗА*), як кількісну характеристику рівня забруднення атмосфери, утвореного *комплексом полютантів розраховуємо за формулою (3.3).*

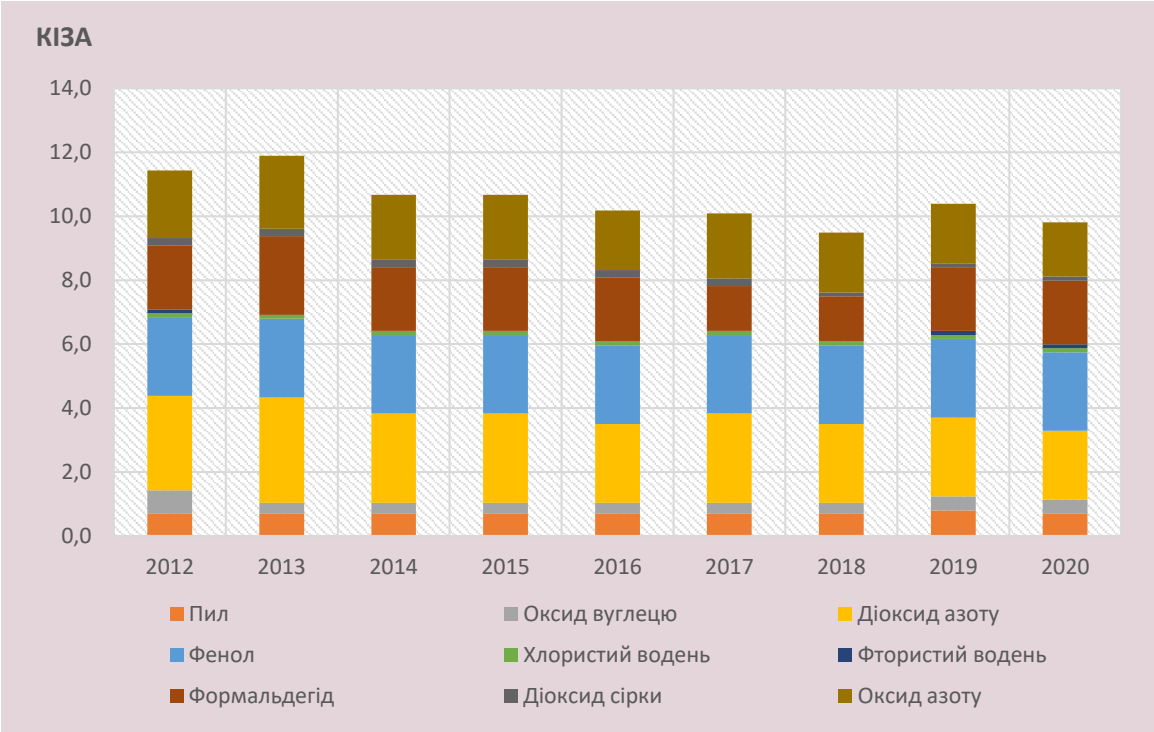
Індекс I_5 , як показник інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери розраховуємо за формулою *(3.4)* з використанням значень одиничних індексів *ІЗА* тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші.

Результати розрахунку показників *КІЗА* та I_5 репрезентовані графічно на рис. 3.10. Слід зазначити, що для розрахунку КІЗА за методикою враховуються всі одиничні ***ІЗА*** і за графіком ходу цього показника можна виконувати порівняльний аналіз рівня забруднення атмосфери, який формується комплексом забруднюючих речовин; а $\boldsymbol{I_5}$ крім порівняльного аналізу дозволяє кваліфікувати забруднення атмосфери шляхом присвоєння за числовими значеннями показника відповідних: класу, рівня та характеристики рівня забруднення, що є дуже важливим з позиції необхідності кваліфікувати стан атмосферного повітря.

Значення показників *КІЗА* для всього періоду дослідження рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя змінювалися у діапазоні «9,5 – 11,9». Мінімальне числове значення КІЗА відмічається у 2018 р. (9,5), а максимальні у 2012 (11,4) та 2013 (11,9) роках.

Так як розраховані числові значення показника $\boldsymbol{I_5}$ коливаються у діапазоні «8,9 – 10,2», то на основі двох підходів до кваліфікації рівня забруднення атмосфери за цим показником встановлюємо, що впродовж 2012-2020 рр. стан атмосферного повітря м. Запоріжжя кваліфікується ***ІІІ класом*** забруднення ***високого*** ($7{,}0 < \boldsymbol{I_5} < 13{,}0$) рівня з характеристикою рівня забруднення – ***забруднена*** ($7{,}6 < \boldsymbol{I_5} < 12{,}5$). Інші кваліфікації стану атмосферного повітря впродовж всього дев’ятирічного періоду дослідження

не відмічалися, що свідчить про постійний стабільно високий рівень забруднення атмосфери у м. Запоріжжя.



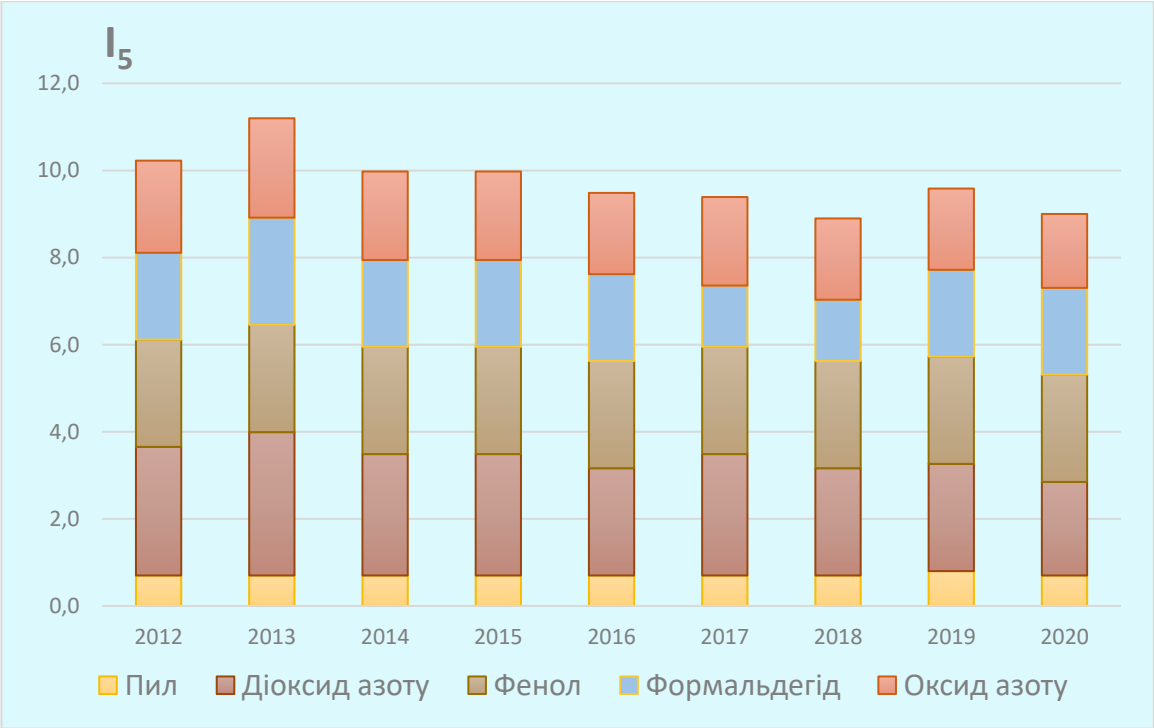


Рис. 3.10 – Динаміка зміни показників *КІЗА* та I_5 *(м. Запоріжжя, 2012-2020 рр.)*

3.3 Оцінка ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя

На наступному етапі дослідження з метою оцінки впливу комплексу полютантів на стан здоров'я населення м. Запоріжжя впродовж 2012-2020 рр. застосовуємо *Методику оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря* (див. підрозділ 2.3). На її основі виконана оцінка канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря міста.

Основні положення *Методики* полягають у твердженні про те що: «Ризик захворюваності є функцією дози токсиканта, який поступив в організм середньостатистичного представника даної групи населення за все життя. Відносно до забруднення атмосферного повітря доза токсиканта може бути оцінена на основі даних про концентрацію токсиканта в повітрі та тривалості перебування людей в умовах забрудненої атмосферного повітря. Для врахування та аналізу негативного впливу забруднення довкілля на здоров'я, що може бути реалізовано в хронічних проявах (в тому числі канцерогенних та імунотоксичних) використовуємо лінійно-експоненціальну (безпорогову) модель».

Базуючись на вищезазначеному твердженні за формулою (2.6) розраховуємо ризик хронічної інтоксикації – $R_з$. При цьому використовуємо числові значення параметрів β та $K_з$ з табл. 2.3. Необхідна для розрахунків інформація про класи небезпеки забруднюючих речовин систематизована в табл. 3.1.

Розрахунки ризику інтоксикації виконуємо для часу експозиції (τ), який змінюється у діапазоні 1-24 годин, тобто від однієї до двадцяти чотирьох годин знаходження в умовах забрудненого атмосферного повітря. Отже, результати розрахунку канцерогенного ризику хронічної інтоксикації від забрудненого атмосферного повітря у залежності від часу експозиції для міста Запоріжжя (2012-2020 рр.) представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку канцерогенного ризику хронічної інтоксикації населення від забрудненого атмосферного повітря у залежності від часу експозиції для м. Запоріжжя (2012-2020 рр.)

Забруднюючі речовини	**Час експозиції (від 1 до 12), години**											
	Rз1	***Rз2***	***Rз3***	***Rз4***	***Rз5***	***Rз6***	***Rз7***	***Rз8***	***Rз9***	***Rз10***	***Rз11***	***Rз12***
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*
2012 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,05	0,09	0,14	0,18	0,22	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
Діоксид азоту	0,05	0,09	0,14	0,18	0,22	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
Оксид азоту	0,08	0,15	0,21	0,27	0,33	0,38	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,61
2013 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид азоту	0,05	0,10	0,15	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,39	0,42	0,46	0,48
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18

Оксид азоту	0,08	0,15	0,21	0,27	0,33	0,38	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,61
2014 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид азоту	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
Оксид азоту	0,07	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,56
2015 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид азоту	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
Оксид азоту	0,07	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,56
2016 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25

Діоксид азоту	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
Оксид азоту	0,12	0,22	0,31	0,39	0,46	0,52	0,58	0,63	0,67	0,71	0,74	0,77
2017 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид азоту	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид сірки	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
Оксид азоту	0,07	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,56
2018 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид азоту	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Формальдегід	0,02	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25
Діоксид сірки	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
Оксид азоту	0,05	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49
2019 р.												
Пил	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31
Оксид вуглецю	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31
Діоксид азоту	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
Оксид азоту	0,05	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49
2020 р.												
Пил	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28
Оксид вуглецю	0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31
Діоксид азоту	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35
Фенол	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Хлористий водень	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
Фтористий водень	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Формальдегід	0,03	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33
Діоксид сірки	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11
Оксид азоту	0,05	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49

Продовження табл. 3.3

Забруднюючі речовини	Час експозиції (від 13 до 24), години											
	Rз13	***Rз14***	***Rз15***	***Rз16***	***Rз17***	***Rз18***	***Rз19***	***Rз20***	***Rз21***	***Rз22***	***Rз23***	***Rз24***
1	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
2012 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70
Діоксид азоту	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,66	0,68	0,70
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,64	0,67	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85
2013 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,51	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,73
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,64	0,67	0,69	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85

2014 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80
2015 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80
2016 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63

Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
2017 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43
Діоксид сірки	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
Оксид азоту	0,58	0,61	0,64	0,66	0,68	0,70	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79	0,80
2018 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44
Діоксид азоту	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Формальдегід	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43

Діоксид сірки	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
Оксид азоту	0,52	0,54	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74
2019 р.												
Пил	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52
Оксид вуглецю	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52
Діоксид азоту	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
Оксид азоту	0,52	0,54	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74
2020 р.												
Пил	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48
Оксид вуглецю	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52
Діоксид азоту	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58
Фенол	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Хлористий водень	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,61	0,63
Фтористий водень	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Формальдегід	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,55
Діоксид сірки	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20
Оксид азоту	0,52	0,54	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74

На рисунках 3.11-3.28 репрезентовані графічно індивідуальні для кожного полютанта та сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя для 2012-2020 років. Рисунки згруповані попарно для кожного року дослідження.

Логічно, що зі збільшенням часу експозиції збільшується значення канцерогенного ризику, що пов'язано із прямою залежністю між цими параметрами та відповідає встановленій у *Методиці оцінки ризиків токсичних ефектів для здоров'я людей від забруднення атмосферного повітря* графічній залежності ризику хронічних захворювань, обумовлених забрудненням атмосферного повітря, від кратності перевищення ГДК для речовин різних класів небезпеки (див. рис. 2.2).

Для всього періоду дослідження виявилося, що найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відмічаються від впливу на організм людини **окису азоту** (рис. 3.11, 3.13, 3.15, 3.17, 3.19, 3.21, 3.23, 3.25, 3.27).

На рисунках 3.12, 3.14, 3.16, 3.18, 3.20, 3.22, 3.24, 3.26, 3.28 репрезентовані сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції для кожного року дослідження. Сумарний канцерогенний ризик, який не перевищує одиницю, можна вважати допустимим для організму людини, яка знаходиться в умовах відкритого атмосферного повітря і піддається негативному впливу комплексу забруднювальних речовин. Час експозиції, який змінюється від 1 до 24 годин може бути як «безпечним» та і «небезпечним» для людини в умовах відкритого атмосферного повітря.

Аналізуючи сумарні канцерогенні ризики хронічної інтоксикації населення, яке перебуває в умовах відкритого атмосферного повітря у м. Запоріжжя упродовж різного часу експозиції для кожного року дослідження встановимо безпечні умови для організму людини.

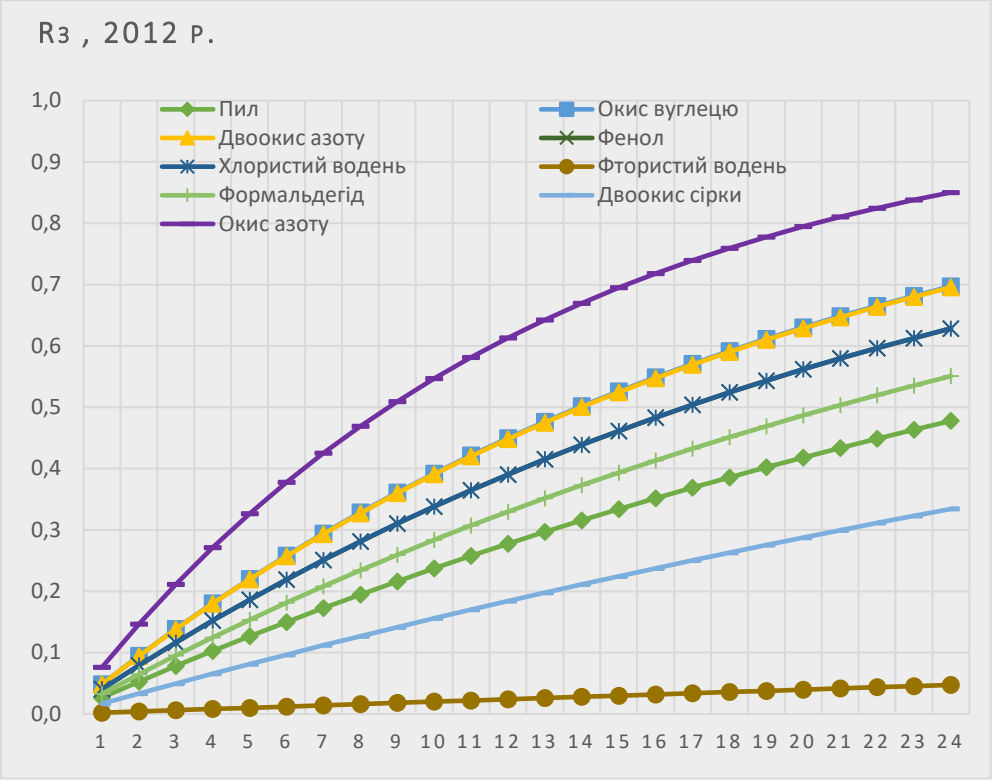


Рис. 3.11 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2012 р.

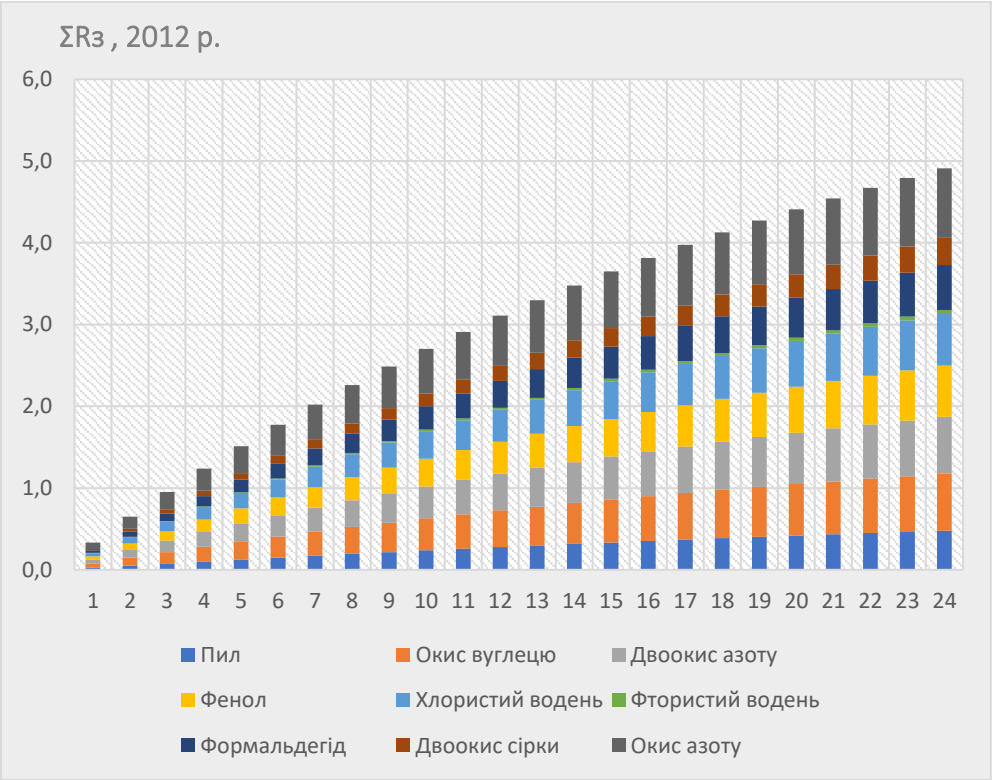


Рис. 3.12 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2012 р.

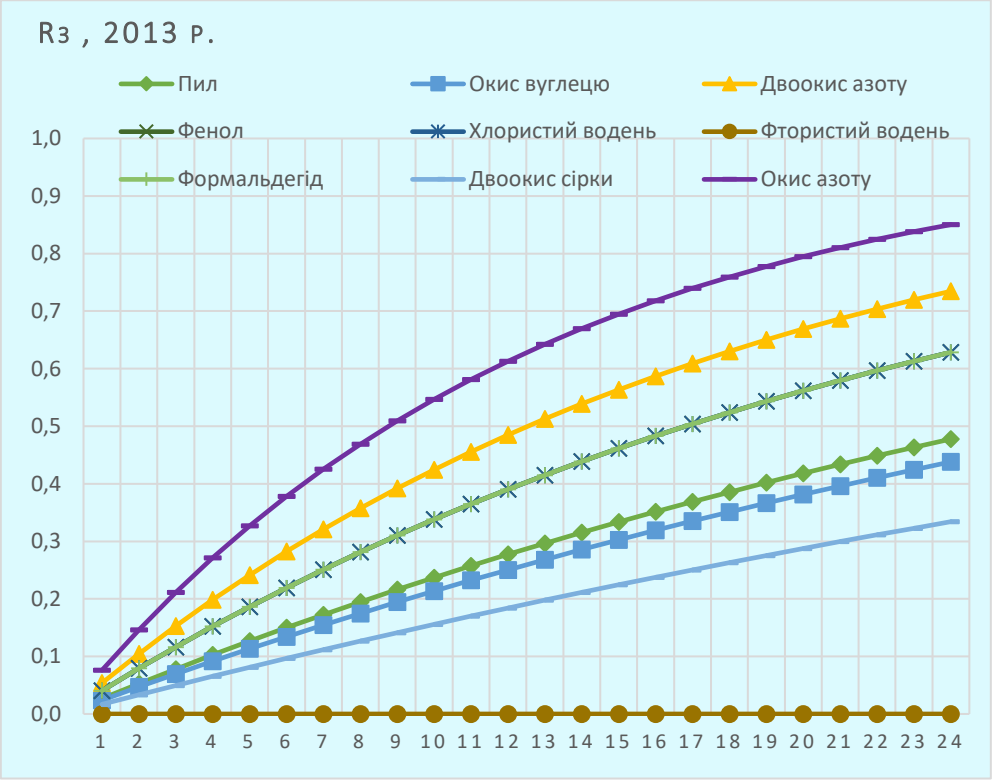


Рис. 3.13 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2013 р.

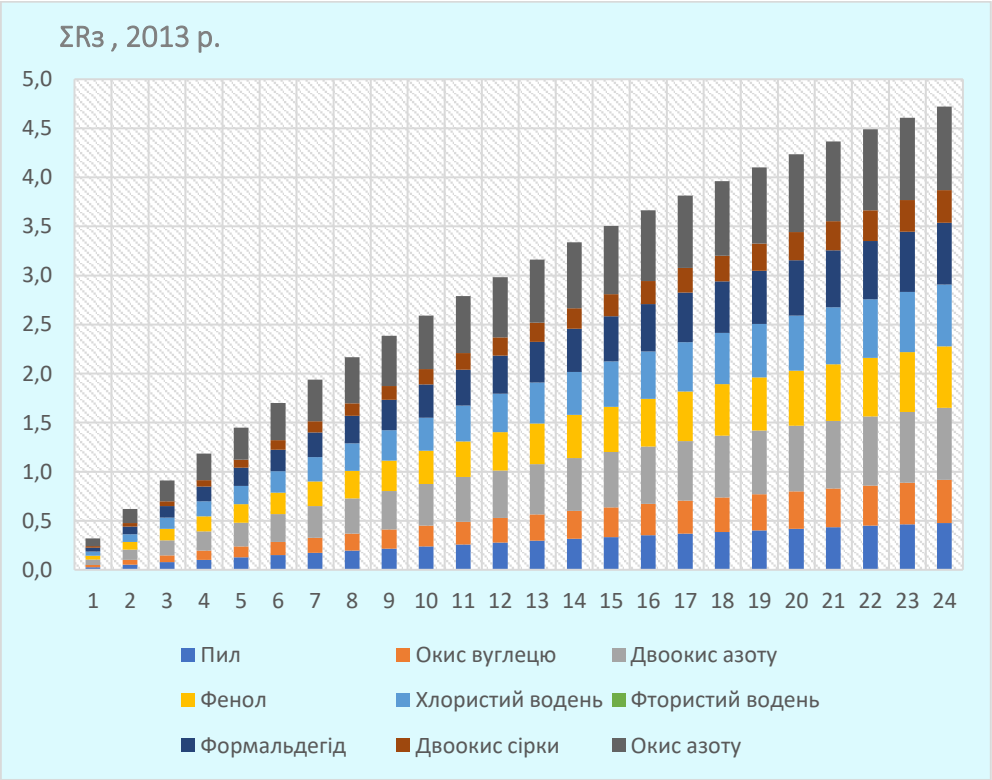


Рис. 3.14 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2013 р.

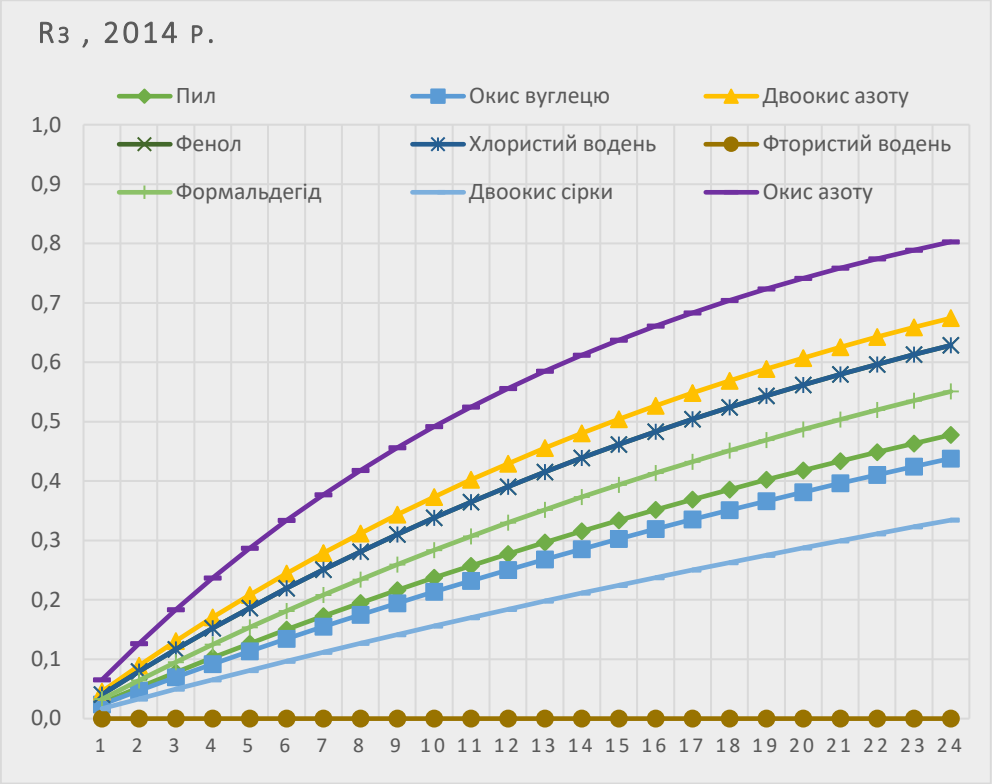


Рис. 3.15 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2014 р.

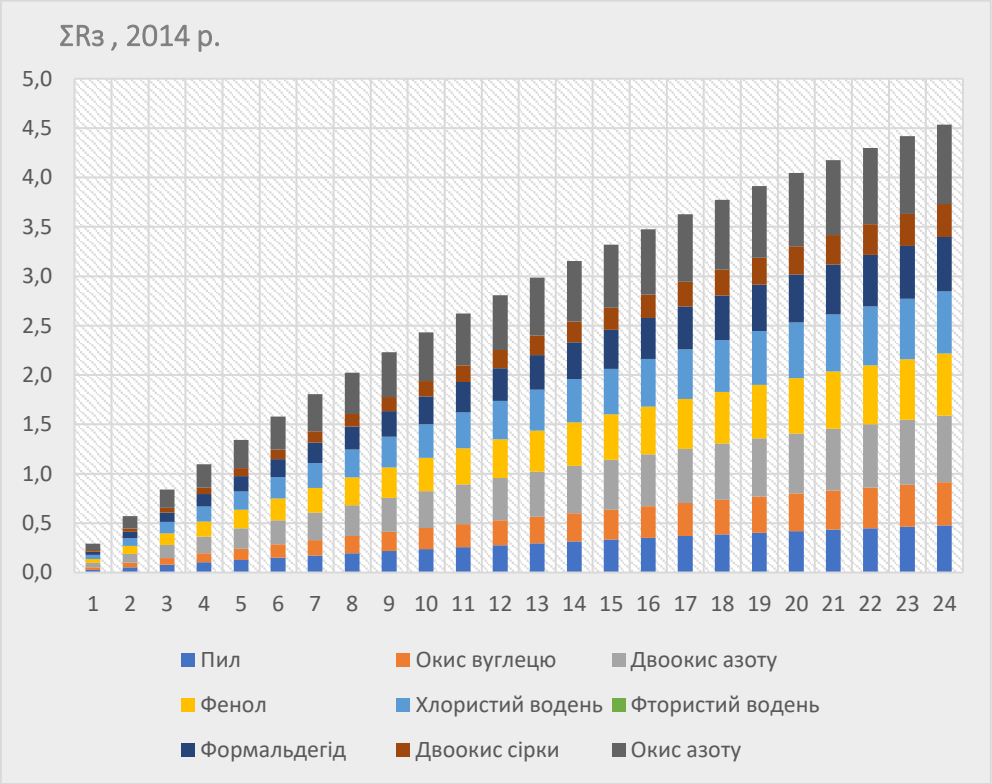


Рис. 3.16 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2014 р.

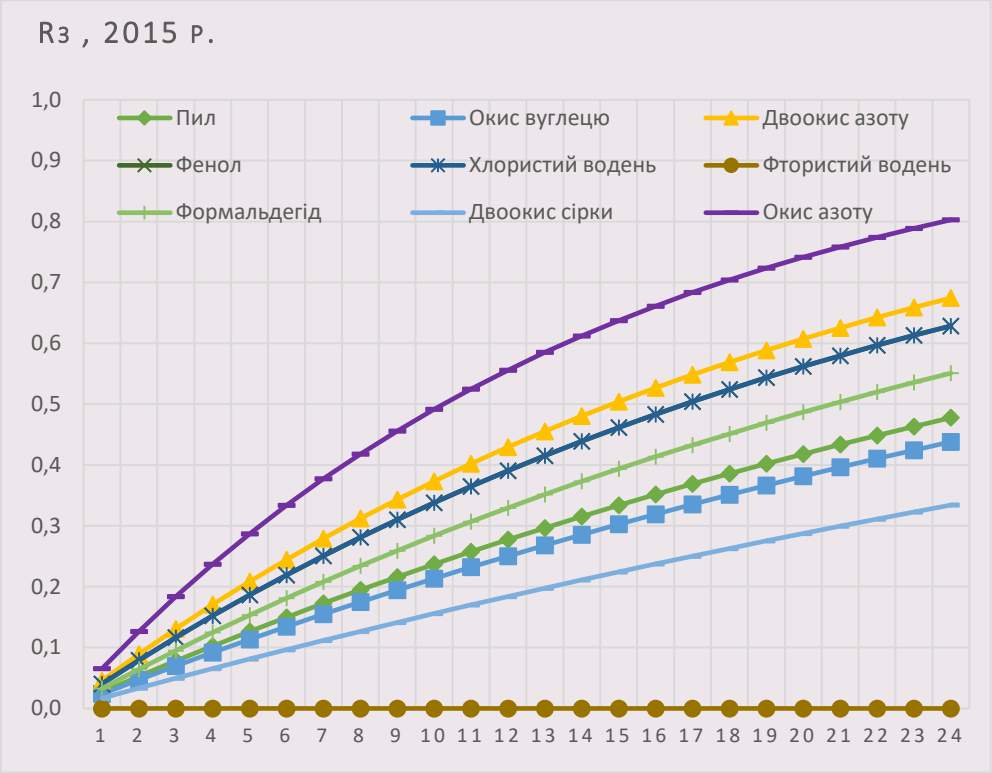


Рис. 3.17 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2015 р.

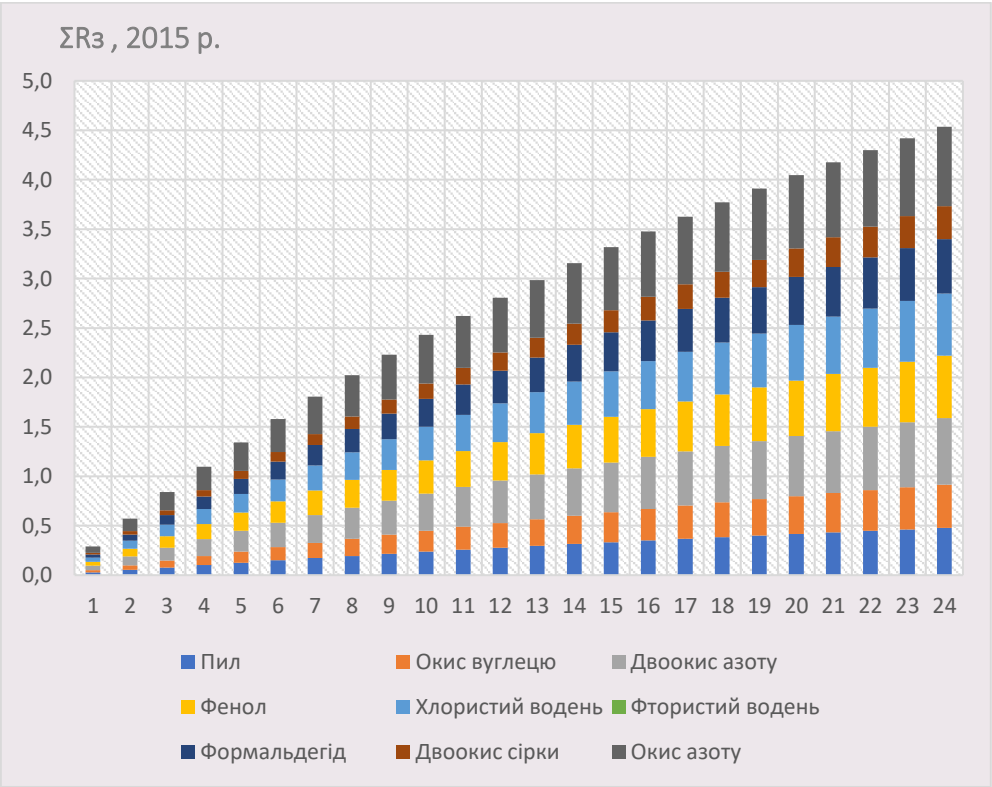


Рис. 3.18 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2015 р.

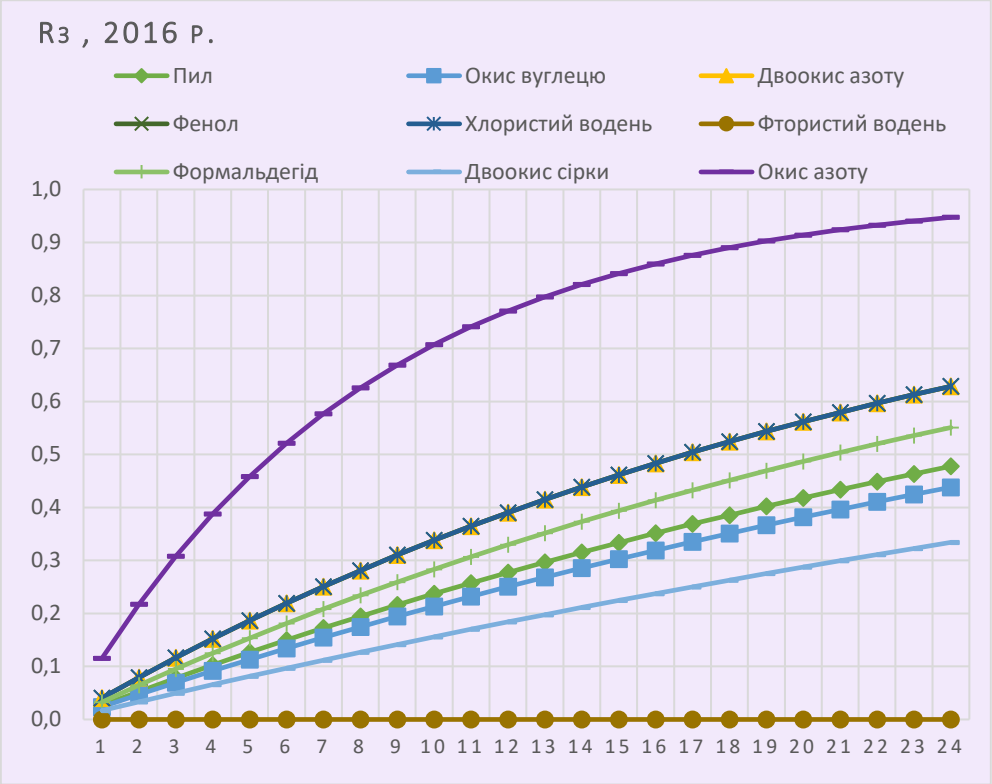


Рис. 3.19 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2016 р.

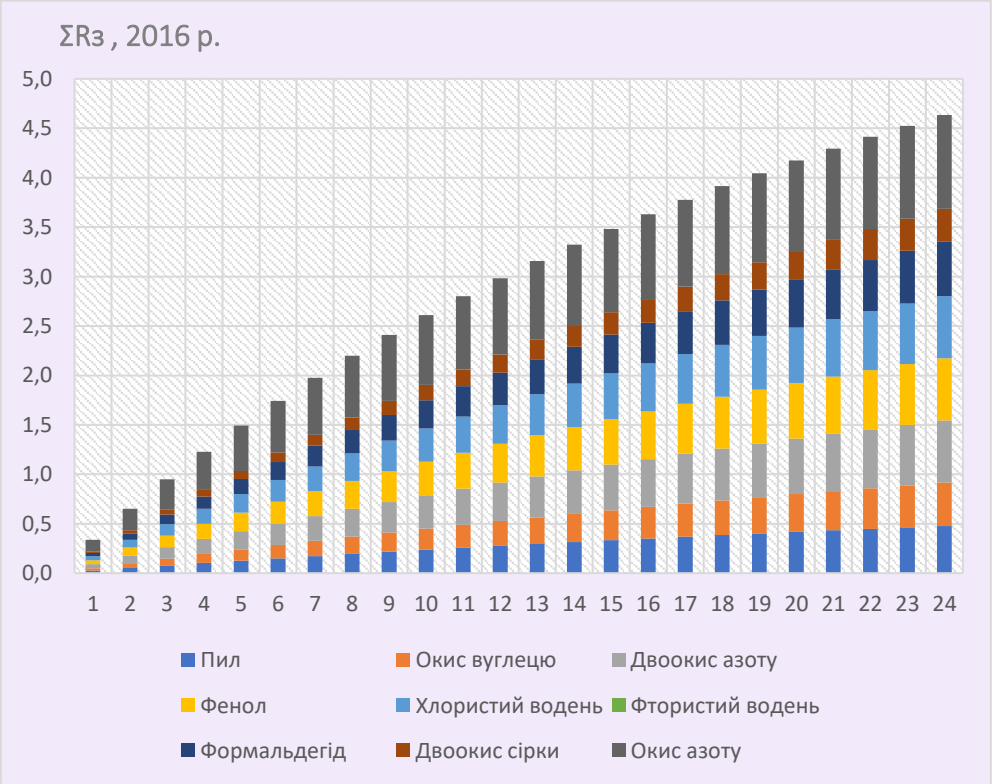


Рис. 3.20 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2016 р.

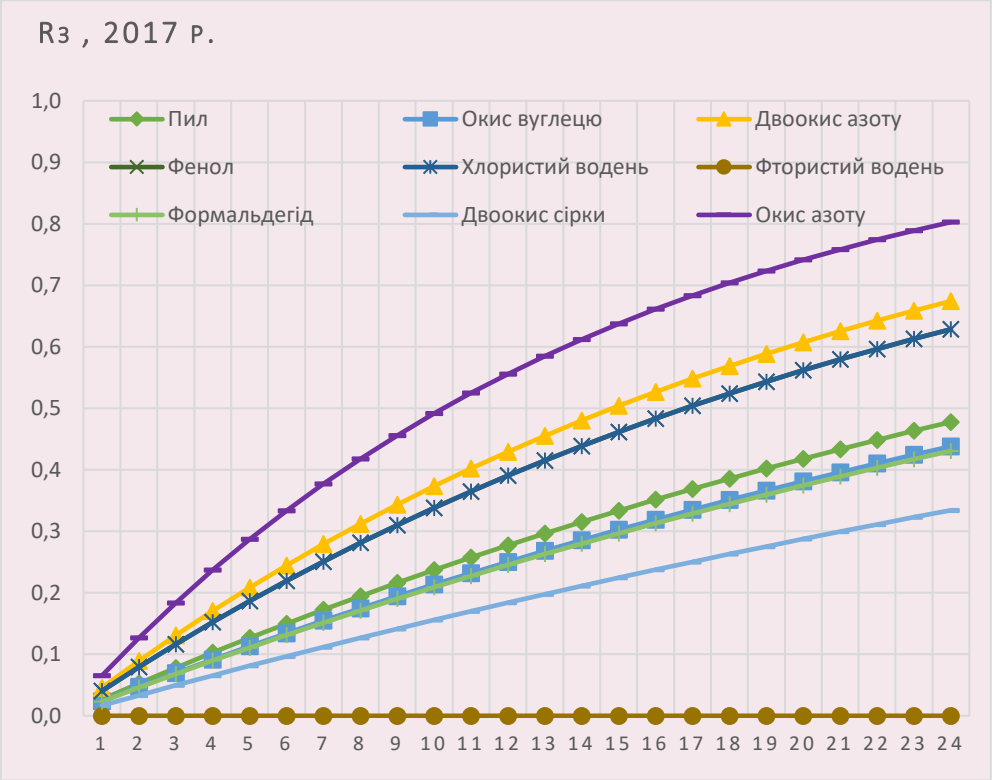


Рис. 3.21 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2017 р.

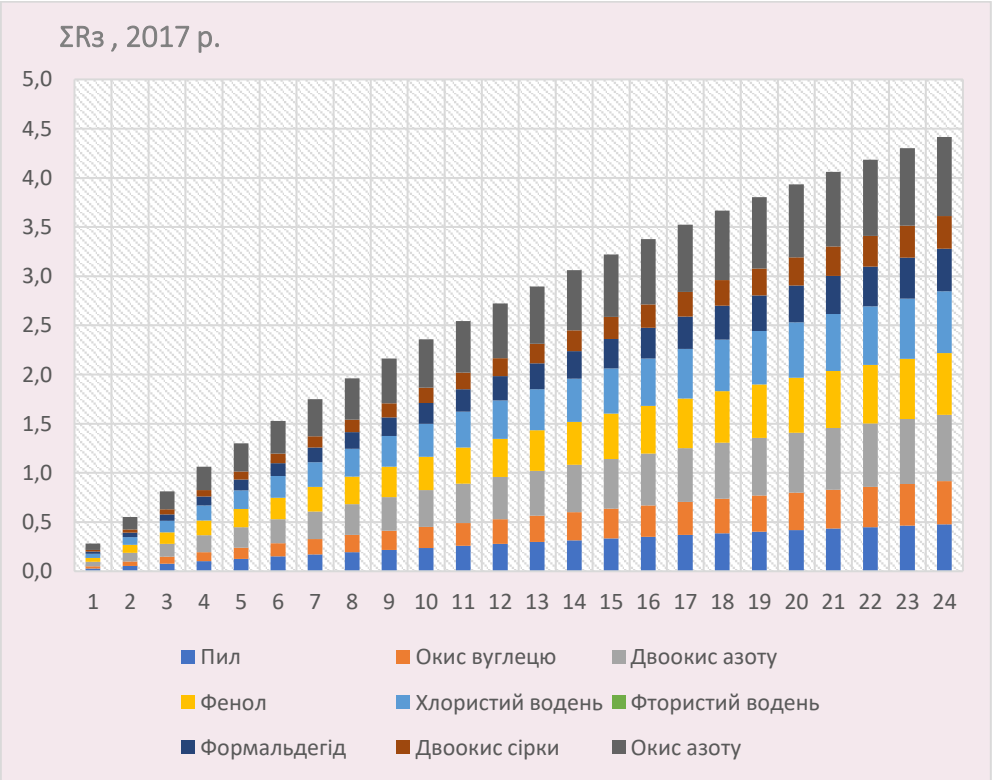


Рис. 3.22 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2017 р.

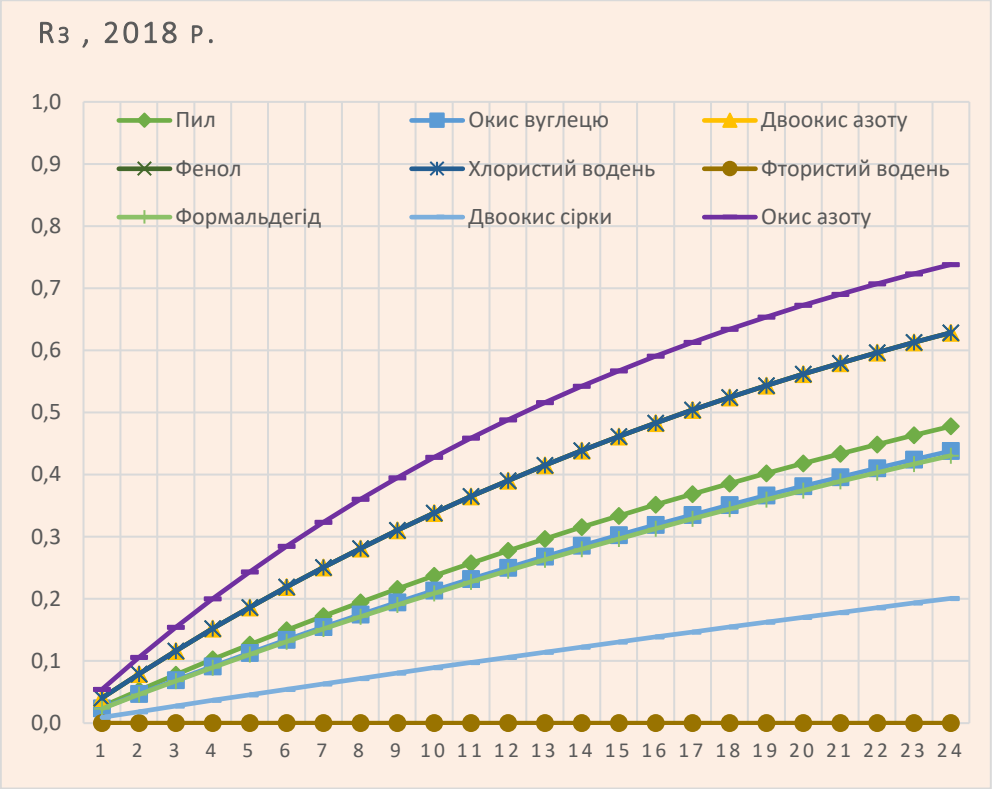


Рис. 3.23 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2018 р.

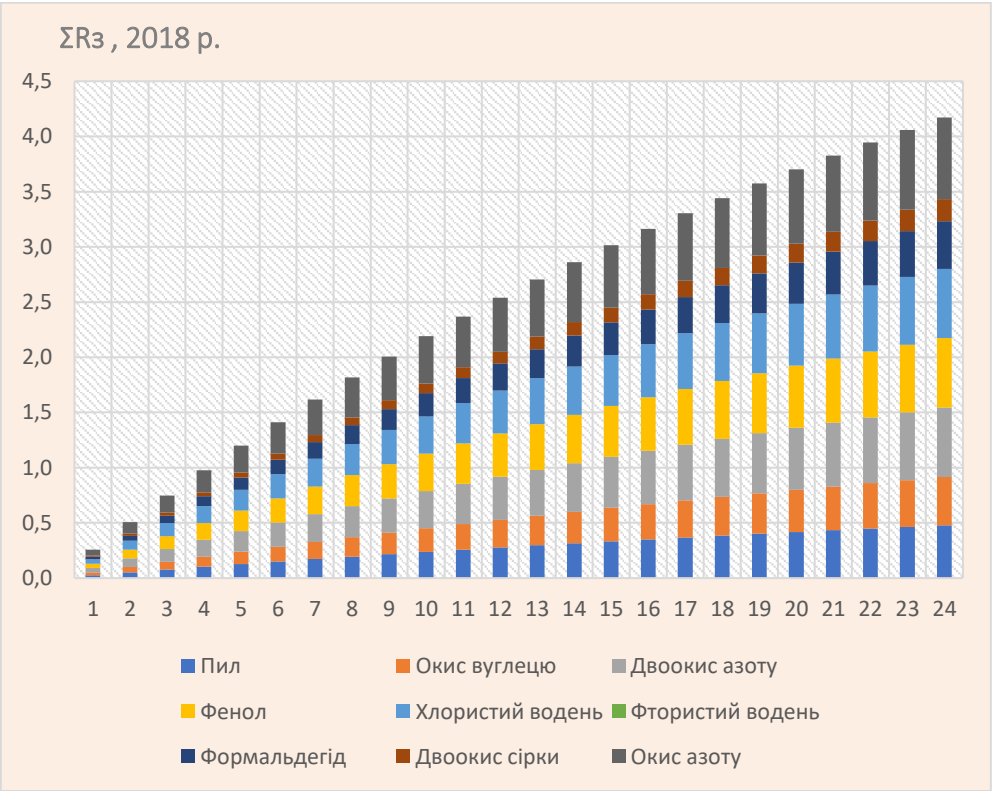


Рис. 3.24 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2018 р.

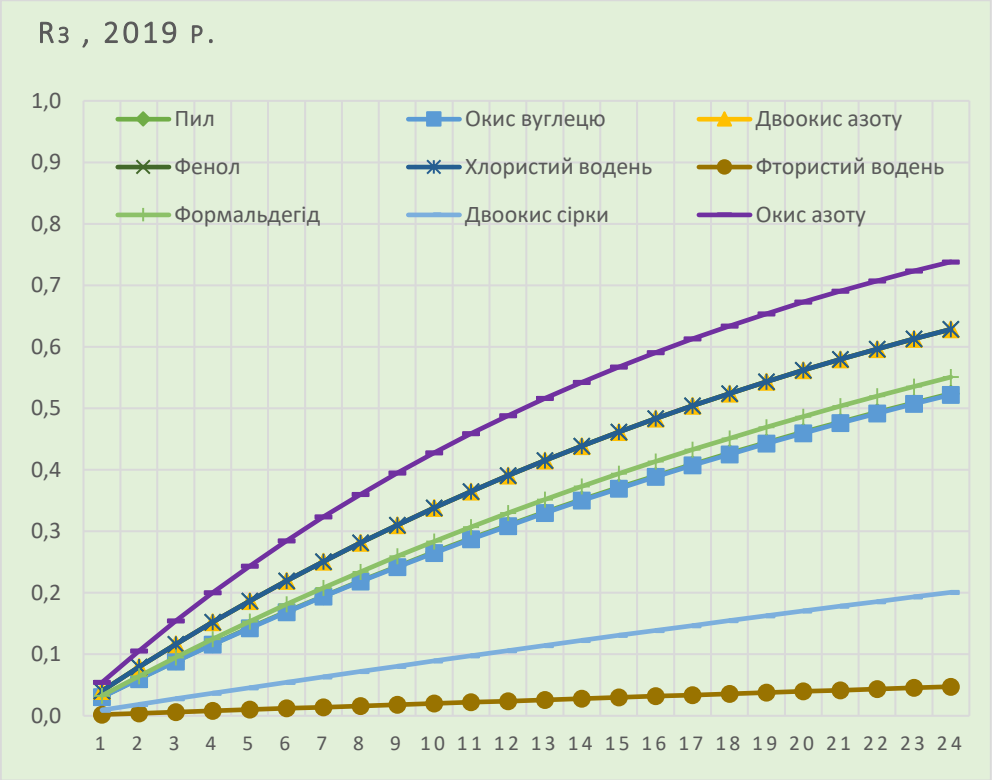


Рис. 3.25 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2019 р.

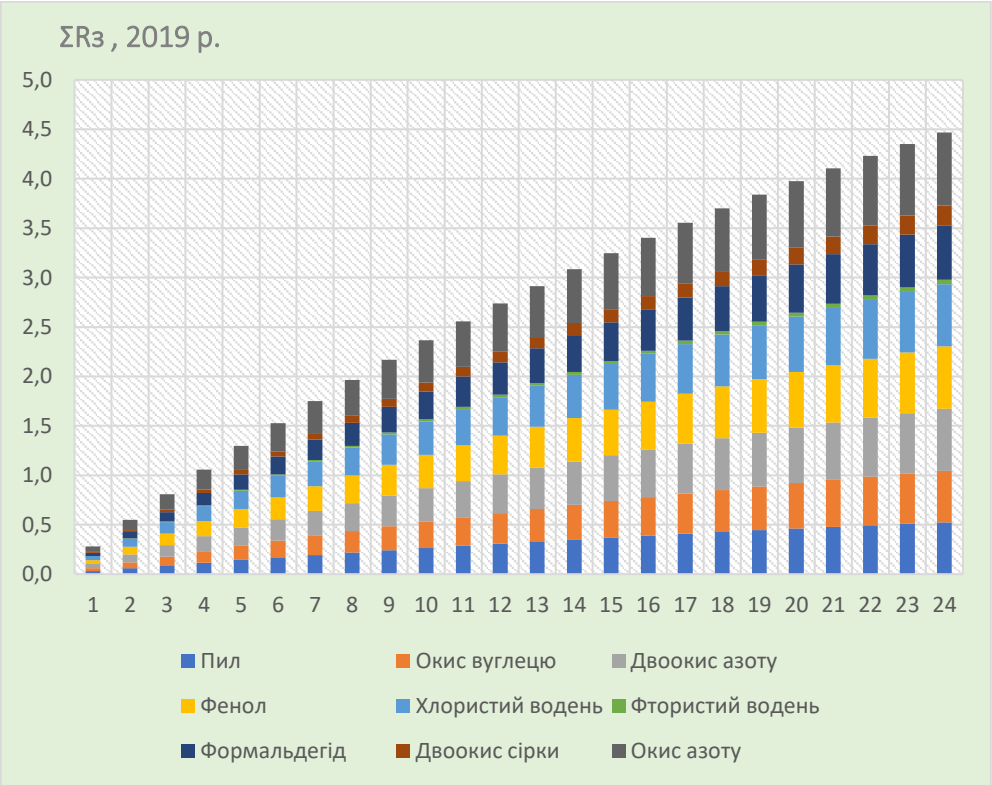


Рис. 3.26 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2019 р.

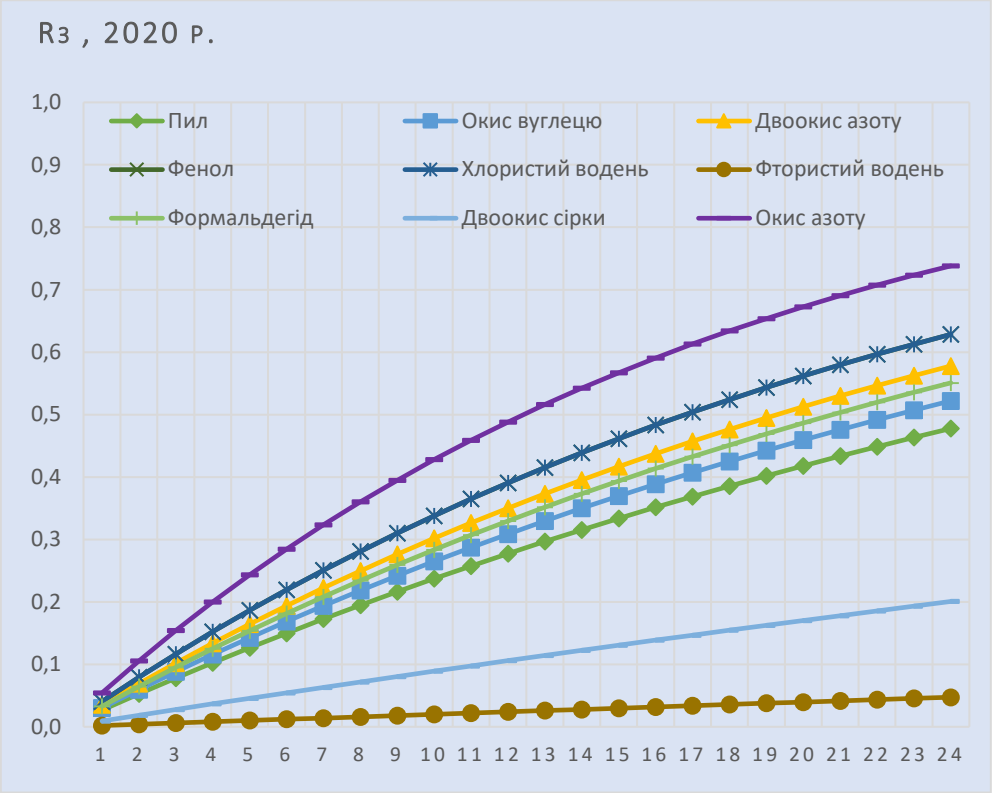


Рис. 3.27 – Канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення у залежності від часу експозиції на відкритому повітрі м. Запоріжжя, 2020 р.

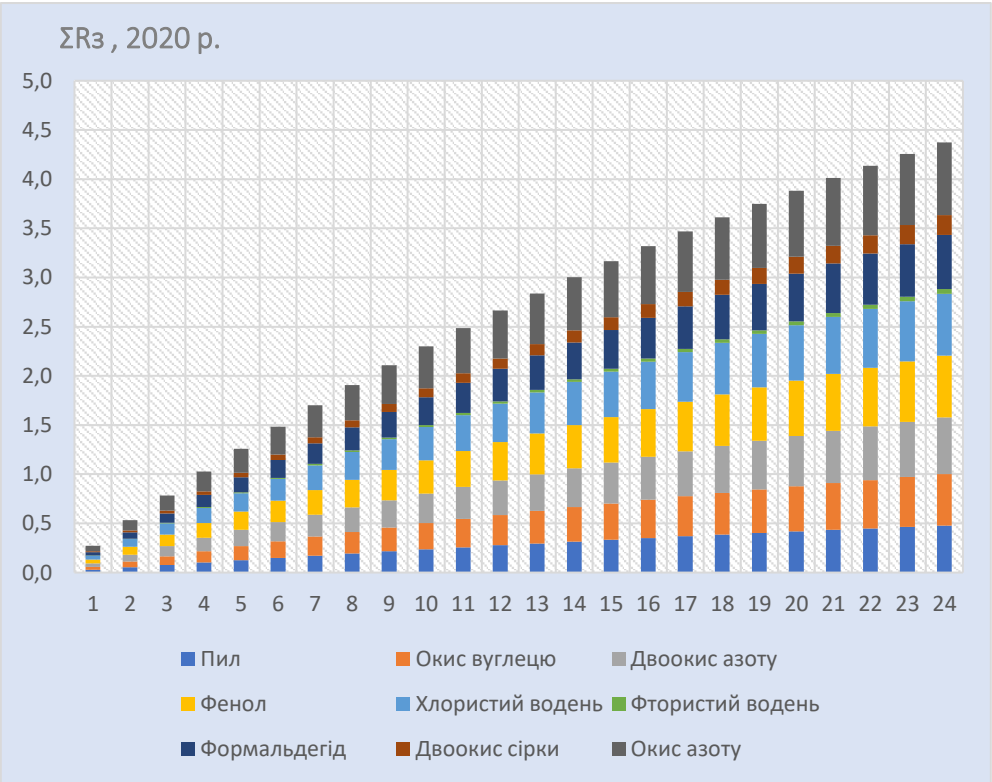


Рис. 3.28 – Сумарний канцерогенний ризик хронічної інтоксикації населення м. Запоріжжя, 2020 р.

У більшості випадків (крім 2018 р.) за значеннями сумарного канцерогенного ризику безпечними для здоров'я населення є такі умови, коли час експозиції, а отже і тривалість перебування на відкритому повітрі, забрудненому встановленим комплексом полютантів, не перевищує 3 години на добу. А в 2018 р. безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 4 годин на добу.

За результатами встановленого часу безпечного перебування людини в умовах відкритого повітря за наявного комплексу забруднюючих речовин у ньому для м. Запоріжжя побудована гістограма, яка представлена на рис. 3.29.

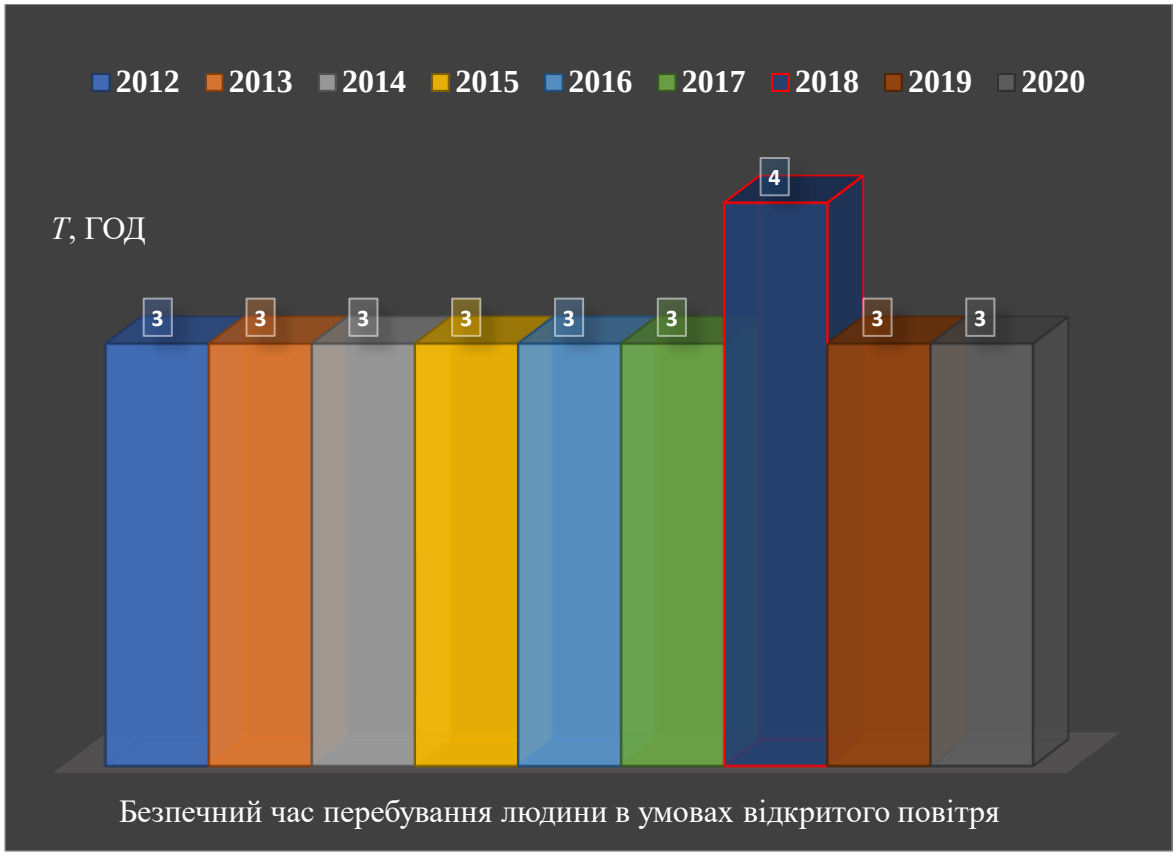


Рис. 3.29 – Час безпечного перебування людини в умовах відкритого повітря, м. Запоріжжя, 2012-2020 рр.

З метою порівняння сумарних канцерогенних ризиків хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції для м. Запоріжжя (2012-2020 рр.) побудована гістограма, яка представлена на рисунку 3.29.

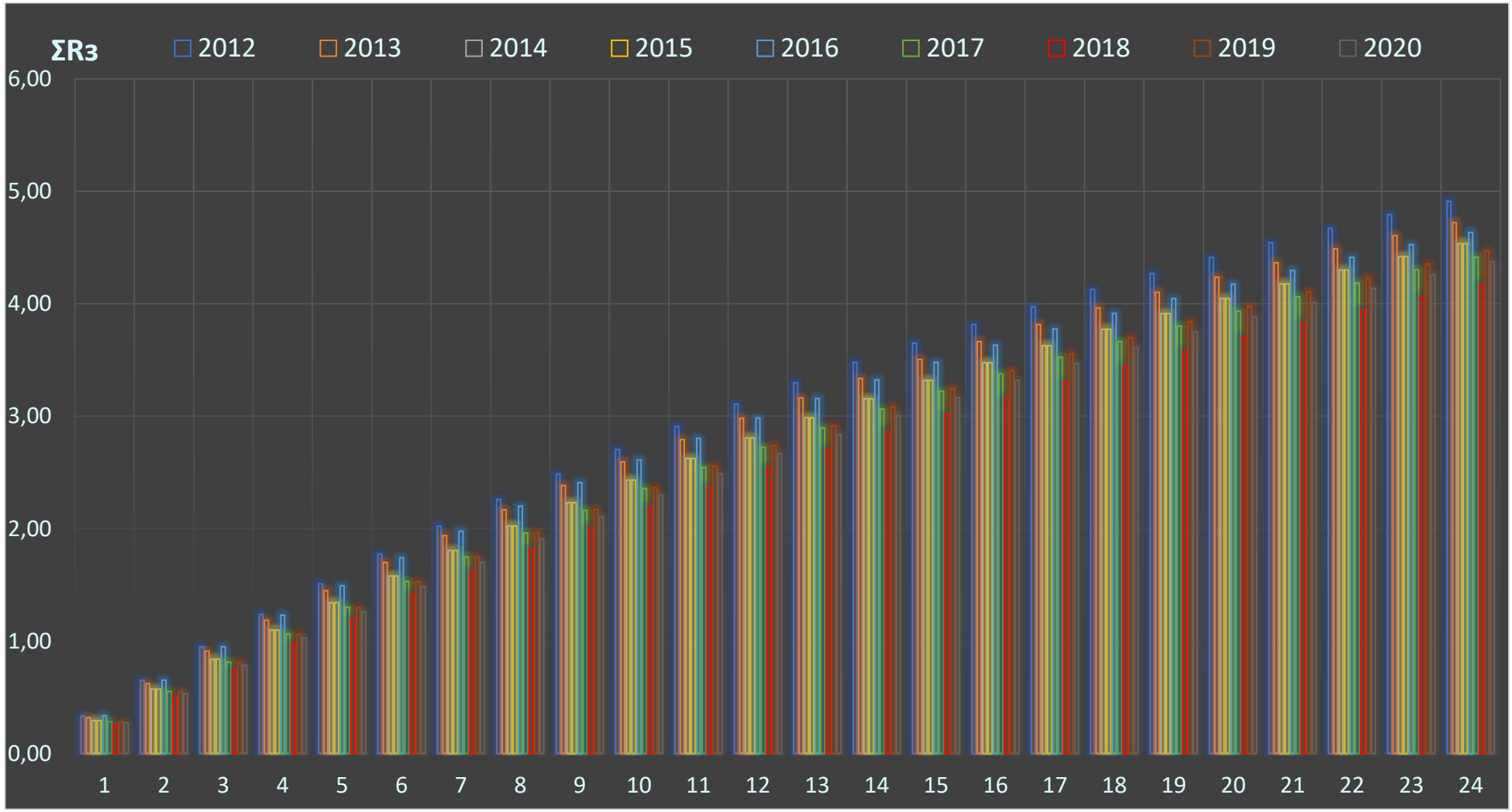


Рис. 3.30 – Порівняння сумарних канцерогенних ризиків хронічної інтоксикації у залежності від часу експозиції для м. Запоріжжя (2012-2020 рр.)

ВИСНОВКИ

За результатами виконаного дослідження слід встановити наступні висновки:

1) Впродовж досліджуваного періоду жодного разу не відмічалися перевищення ГДК за двоокисом сірки, окисом вуглецю, пилом, хлористим воднем, а за фтористим воднем порівняно з цими показниками відмічались мінімальні значення показника кратності перевищення ГДК, крім того його концентрації рівні нулю в 2013-2018 роках.
2) Концентрації у атмосферному повітрі перевищували відповідні ГДК для таких інгредієнтів:

– за двоокисом азоту відмічаються досягнення концентрацією значень 1,0 ГДК у 2014 та 2015 рр., в 2012-2013 рр. показник кратності дорівнював 1,2 ГДК, в 2020 р. – 1,8 ГДК, в 2016, 2018-2019 рр. – 2,0 ГДК, а максимальне значення відмічалося у 2017 р. у розмірі 2,2 ГДК;
– за окисом азоту перевищень ГДК не відмічається у 2018-2020 рр., досягає концентрація значення в 1,0 ГДК в 2017 р., а перевищення спостерігаються в 2016 р. в 2,0 ГДК, в 2014-2015 рр. в 2,2 ГДК, в 2012 р. 2,3 ГДК, максимального значення показник кратності досягає у 2013 р. – 2,5 ГДК;
– за фенолом впродовж всього періоду дослідження спостерігаються перевищення концентраціями інгредієнту відповідного ГДК в 2 рази;
– за формальдегідом перевищення концентраціями 1,3 ГДК відбувалося у 2017-2018 рр., перевищення 1,7 ГДК спостерігалось у 2012, 2014-2016, 2019-2020 рр., а максимальне значення показника кратності перевищення ГДК (2,0) зафіксоване в 2013 р.

3) За показником I_5 встановлюємо, що впродовж 2012-2020 рр. стан атмосферного повітря м. Запоріжжя кваліфікується III класом

забруднення високого рівня з характеристикою рівня забруднення – забруднена. Інші кваліфікації стану атмосферного повітря впродовж всього дев’ятирічного періоду дослідження не відмічалися, що свідчить про постійний стабільно високий рівень забруднення атмосфери у м. Запоріжжя.

4) Для всього періоду дослідження виявилося, що найвищі канцерогенні ризики хронічної дії відмічаються від впливу на організм людини окису азоту.
5) У більшості випадків (крім 2018 р.) за значеннями сумарного канцерогенного ризику безпечними для здоров’я населення є такі умови, коли час експозиції, а отже і тривалість перебування на відкритому повітрі, забрудненому встановленим комплексом полютантів, не перевищує 3 години на добу. А в 2018 р. безпечним є перебування в умовах відкритого атмосферного повітря не більше 4 годин на добу. Такий нетривалий період безпечного часу перебування в умовах атмосферного повітря міста Запоріжжя пов'язаний з високим рівнем його забруднення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1) Екологічний паспорт Запорізької області за 2019 рік. Екологічні паспорти регіонів. Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля. Режим доступу: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000142/142094.pdf (дата звернення: 03.05.2022)
2) Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищепа А.М., Бахарєв В.С., Харламова О.В. Екологічна безпека: підручник. Кременчук: КНУ, 2011. 337 с.
3) Екологічний ризик, аналіз та методологія URL: https://bit.ly/3wMJOsI (дата звернення: 20.05.2022) URL: https://bit.ly/3sbPcCO
4) COUNCIL DIRECTIVE 96/82/EC of 9 December 1996 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances URL: https://bit.ly/3rBfDlW (дата звернення: 03.05.2022)
5) Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка рисков здоровью. СПб.: АО «Дельта», 1997. 100 с.
6) Алымов В.Т., Тарасов Н.П. Техногенный риск: Анализ и оценка.. М.: ИКЦ Академкнига, 2005. 118 с.
7) Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л.: Химия, 1985. 528 с.
8) Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Запорізької області за 2016 рік. Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля. Режим доступу: https://bit.ly/3w5l9hh (дата звернення: 03.05.2022)
9) Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Запорізької області за 2017 рік. Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля. Режим доступу: https://bit.ly/3pq62LY (дата звернення: 20.05.2022)

10) Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Запорізької області за 2018 рік. Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля. Режим доступу: https://bit.ly/3wPh0hT (дата звернення: 20.05.2022)

11) Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Запорізької області за 2020 рік. Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля. Режим доступу: https://bit.ly/3FgrydA (дата звернення: 03.05.2022)

12) 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: 03.05.2022)

ДОДАТОК

Публікації за темою кваліфікаційної роботи магістра

1. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Вплив окремих полютантів повітряного басейну на стан здоров'я населення міста Запоріжжя. Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ. 2022.
2. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Врахування негативного впливу забруднення атмосферного повітря на здоров’я, що реалізується в хронічних проявах. // International scientific innovations in human life. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom. 2021. Pp. 257-*262. URL:* https://bit.ly/3KPRzBD (дата звернення: 03.05.2022).
3. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Оцінка якості атмосферного повітря м. Запоріжжя (Україна). XI Международная научно-практическая конференция «ACTUAL TRENDS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH» 6-8 июня 2021 года Мюнхен, Германия.
4. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел на стан атмосферного повітря м. Запоріжжя. Збалансоване природокористування.
5. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел на стан атмосферного повітря м.Запоріжжя. IV Международная научно-практическая конференция “Priority directions of science and technology development”, 20-22 декабря 2020 года Киев, Украина.
6. *Коваленко К.С.*, Колісник А.В. Розрахунок екологічного ризику скорочення тривалості життя під впливом окремих забруднюючих речовин атмосферного повітря. Вісник КНУ ім. Остроградського, вип. 6 (125)/2020