

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(нова назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота/проект**

рівень вищої освіти другий (магістерський)

на тему «Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом»

Виконав: студент (ка) 2 курсу, групи 8.1839

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(назва)

Освітньої програми «Технології захисту  
навколишнього середовища»

(назва)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

Тарабан Є.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, доцент, к.т.н. Белоконь К.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор, д.т.н. Куріс Ю.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2020



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(шифр)

Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»

(назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Г.Б. Кожемякін

«01» 12 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Тарабан Євгенії Василівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом»

керівник роботи Белоконь Каріна Володимирівна, доцент, кандт. техн. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце знаєня)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» 10 2020 року № 1584-с

2. Строк подання студентом 01.12.2020

3. Вихідні дані до роботи концентрації формальдегіду за 2016-2020 рр., референтні концентрації при гострому та хронічному впливах

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, сучасний стан проблеми забруднення навколишнього середовища формальдегідом, характеристика формальдегіду, як канцерогенної речовини, напрямки та методи дослідження, розрахунок та аналіз канцерогенного ризику для здоров'я населення, охорона праці та техногенна безпека, висновки, список використаних джерел, додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 18 слайдів: мета та завдання кваліфікаційної роботи, наукова новизна та



практичне значення кваліфікаційної роботи, вплив викидів формальдегіду на здоров'я населення, розрахунок індивідуального ризику, розрахунок популяційного канцерогенного ризику, характеристика районів, що досліджувалися, індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду, заходи, спрямовані на зменшення рівня формальдегіду від стаціонарних джерел забруднення, висновки

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент Белоконь К.В.		
2	доцент Белоконь К.В.		
3	доцент Белоконь К.В.		
4	доцент Белоконь К.В.		
5	доцент Белоконь К.В.		
6	доцент Белоконь К.В.		

7. Дата видачі завдання 0.1.09.2020

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу	01.09-15.09 2020	
2	Аналіз зібраного матеріалу	15.09-01.10 2020	
3	Виконання 1 розділу	01.10-10.10 2020	
4	Виконання 2 розділу	11.10-18.10 2020	
5	Виконання 3 розділу	19.10-30.10 2020	
6	Виконання 4 розділу	01.11-10.11 2020	
7	Виконання 5 розділу	11.11-16.11 2020	
8	Виконання 6 розділу	17.11.-30.11.2020	
9	Розробка презентації	01.11-01.12.2020	
10	Перевірка роботи консультантами	01.11-01.12.2020	
11	Попередній захист роботи	01.12.2020	
12	Захист роботи у ЕК	15.12.2020	

Студент

(підпис)

Тарабан Є.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

Белоконь К.В.

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Рижков В.Г.

(ініціали та прізвище)

## Анотація

Тарабан Є.В. Кваліфікаційна робота «Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом».

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник К.В. Белоконь. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Розглянуті найбільш поширені забруднюючі речовини, які надходять в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та їх вплив на здоров'я людини. Проведено оцінку канцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря формальдегідом. Розраховані ризики виникнення канцерогенних ефектів. Проаналізовані заходи щодо зниження негативного впливу викидів промислових підприємств на здоров'я населення м. Запоріжжя.

Ключові слова: АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ГАЗООЧИСТКА, КАНЦЕРОГЕН, КАТАЛІЗАТОР, ОЦІНКА РИЗИКУ, РЕФЕРЕНТНА ДОЗА, ФОРМАЛЬДЕГІД.

## Abstract

Taraban Ye.V. Qualification work «Analysis of measures to reduce carcinogenic risk to public health from formaldehyde air pollution».

Scientific supervisor is K.V. Belokon of qualifying work for obtaining master's degree in higher education on specialty № 183 «Environmental Protection Technologies». Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2020.

The most common air pollutants from stationary sources, its dynamic of

emissions into the air and their impact on human health were considered. An assessment of the carcinogenic risk to the health of the population of Zavodskoy and Voznesenovskoy districts of the city of Zaporizhzhia from air pollution with formaldehyde was carried out. The risks of carcinogenic effects were calculated. Measures have been developed to reduce the negative impact of industrial emissions on the health of the population of Zaporizhzhia.

Keywords: ATMOSPHERIC AIR, GAS PURIFICATION, CARCINOGENIC, CATALYST, RISK ASSESSMENT, REFERENCE DOSE, FORMALDEHYDE.

#### Аннотация

Тарабан Е.В. Квалификационная работа «Анализ мероприятий по уменьшению канцерогенного риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом».

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель К.В. Белоконь. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра прикладной экологии и охраны труда, 2020.

Рассмотрены наиболее распространенные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух от стационарных источников, динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и их влияние на здоровье человека. Проведена оценка канцерогенного риска для здоровья населения Заводского и Вознесенского районов города Запорожье от загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом. Рассчитаны риски возникновения канцерогенных эффектов. Проанализированы мероприятия для снижения негативного влияния выбросов промышленных предприятий на здоровье населения города Запорожье.

Ключевые слова: АТМОСФЕРНИЙ ВОЗДУХ, ГАЗООЧИСТКА, КАНЦЕРОГЕН, КАТАЛИЗАТОР, ОЦЕНКА РИСКА, РЕФЕРЕНТНАЯ ДОЗА, ФОРМАЛЬДЕГИД.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1 СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ .....	16
1.1. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря .....	16
1.2. Стаціонарні джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря	18
1.3. Пересувні джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря ...	20
1.4. Забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя формальдегідом .....	21
1.5. Висновок до 1 розділу .....	35
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМАЛЬДЕГІДУ ЯК КАНЦЕРОГЕННОЇ РЕЧОВИНИ .....	36
2.1. Джерела утворення формальдегіду .....	36
2.2. Токсичність формальдегіду та наслідки його впливу.....	40
2.3. Перша допомога при отруєнні формальдегідом .....	42
2.4. Висновок до 2 розділу .....	43
РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	44
3.1. Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля .....	44
3.2. Оцінка ризику .....	45
3.2.1. Ідентифікація небезпеки .....	46
3.2.2. Оцінка експозиції .....	49
3.2.3. Оцінка залежності «доза – відповідь».....	54
3.2.4. Характеристика ризику для здоров'я населення .....	56
3.3. Управління ризиком .....	62
3.4. Інформування про ризик .....	62
3.5. Висновки до 3 розділу .....	63
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ.....	64
4.1. Характеристика об'єкту дослідження .....	64
4.1.1. Характеристика Вознеснівського району.....	66
4.1.2. Характеристика Заводського району.....	67
4.2. Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів формальдегіду .....	69
4.3. Результати етапу оцінки експозиції формальдегіду .....	71

4.4	Результати етапу залежності «доза–відповідь» формальдегіду .....	72
4.5	Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення .....	73
4.6	Висновки до 4 розділу .....	96
<b>РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ .....</b>		<b>100</b>
5.1	Характеристика утворення викидів формальдегіду .....	100
5.2	Заходи зі зменшення викидів формальдегіду .....	104
5.3	Способи очистки викидів від формальдегіду .....	105
5.3.1	Абсорбційно–біохімічна установка .....	105
5.3.2	Застосування газоконвертору .....	109
5.3.3	Газоочистка від органічних домішок каталітичним методом .....	113
5.3.4	Плазмокаталітична технологія очищення повітря .....	119
5.4	Порівняльна характеристика газоочисних установок .....	122
5.5	Висновки до 5 розділу .....	124
<b>РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....</b>		<b>125</b>
6.1	Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	125
6.2	Заходи з поліпшення умов праці .....	128
6.3	Виробнича санітарія .....	129
6.4	Заходи з електробезпеки .....	131
6.5	Заходи з пожежної та техногенної безпеки .....	135
6.6	Розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів .....	136
6.7	Висновки до 6 розділу .....	138
<b>ВИСНОВКИ .....</b>		<b>139</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>		<b>145</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>		<b>151</b>
Додаток А .....		151
Додаток Б .....		153
Додаток В .....		155

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ICR	індивідуальний канцерогенний ризик
PCR	популяційний канцерогенний ризик
RfC	референтна концентрація
ARfC	референтна концентрація за гострого інгаляційного впливу
SF <sub>i</sub>	фактор канцерогенного потенціалу при інгаляційному впливі
US EPA	Агентство з охорони довкілля США
ГДК	гранично допустима концентрація
ГДК <sub>м.р.</sub>	гранично допустима максимально разова концентрація
ГДК <sub>с.д.</sub>	гранично допустима середньодобова концентрація
МОЗ	Міністерства охорони здоров'я України
ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України»	Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України»
МАВР	Міжнародне агентство з вивчення раку
рр.	Роки
CH <sub>4</sub>	Метан
H <sub>2</sub> O	Вода
CH <sub>3</sub>	Метил
CH <sub>2</sub> O	Формальдегід
CO	Оксид вуглецю
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Метанол
HO <sub>2</sub>	Пероксильний радіал
O <sub>2</sub>	Кисень
NO	Гольмій
АБХУ	Абсорбційно-біохімічна установка
Pd	Паладій



Pt	Платина
НДІОГАЗ	Навчально–дослідний інститут очистки газів
ПКТУ	Плазмокаталітична установка
Вдоск.	Вдосконалені
ДПХ – 105	Каталізатор мідно–хромовий
АП–56	Алюмоплатиновий каталізатор
АПК – 2	Алюмопаладієвий каталізатор
П–5	Паладієвовмістний каталізатор
АзІННафтХім	Азейбарджанський інститут нафти та хімії
TiO <sub>2</sub>	Оксид титану
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Оксид алюмінію
ПЕОП	Прикладна екологія та охорона праці

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Техногенне забруднення навколишнього середовища – один з найбільш впливових чинників, від якого залежить стан здоров'я населення. За ступенем хімічної небезпеки для людини забруднення атмосферного повітря залишається провідним фактором ризику. Між тим його рівень і характер залежить від особливостей промислового розвитку населеного пункту та різноманітності джерел забруднення [1].

Забруднення атмосферного повітря може спричиняти гостру і хронічну, специфічну і неспецифічну дію на організм людини. Може збільшуватись кількість хворих з гіпертонічною хворобою, злоякісними новоутвореннями, патологією органів дихання [2].

Саме тому оцінка сучасного рівня забруднення атмосферного повітря у нашій країні є надзвичайно актуальною проблемою [1].

Особливу увагу слід приділити таким домішкам, як завислі речовини (аерозолі, пил), монооксид вуглецю, двоокису азоту та формальдегіду. Адже середні концентрації в атмосферному повітрі саме цих речовин останнім часом стрімко збільшуються.

Агентством із питань захисту навколишнього середовища США (U. S. EPA) формальдегід класифікується як імовірний канцероген для людини. Канцерогенні речовини чинять значний негативний вплив на здоров'я, оскільки не мають порогу шкідливої дії, і незначна кількість молекул канцерогенної речовини може призвести до порушення стану здоров'я людини. [1]

Таким чином, **метою** кваліфікаційної роботи є порівняльний аналіз рівнів канцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря викидами формальдегіду та проаналізувати заходи зі зменшення канцерогенного ризику.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних **завдань**:

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення Вознесенівського та Заводського районів, що зазнає впливу від викидів антропогенних джерел;
- оцінити токсичність викидів формальдегіду, що характеризує вплив на здоров'я населення із урахуванням вимог етапу ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза–відповідь»;
- розрахувати та оцінити індивідуальні та популяційні канцерогенні ризики (ICR, PCR);
- проаналізувати методи з мінімізації канцерогенного ризику.

**Об'єкт дослідження** – вплив викидів формальдегіду на формування канцерогенного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії антропогенних джерел викидів.

**Предмет дослідження** – канцерогенні ризики для здоров'я населення, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря формальдегідом.

**Методи дослідження.** При виконанні кваліфікаційної роботи було використано загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів. Статистична обробка результатів проводилась з використанням комп'ютеризованої програми Microsoft Excel.

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше науково обґрунтована та надана ризикометрична оцінка впливу атмосферних забруднень на стан здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя за період 2016 – 2020 рік. Обґрунтовано заходи щодо управління та мінімізації канцерогенного ризику для здоров'я населення, зумовленого впливом антропогенного забруднення довкілля.



### **Практичне значення одержаних результатів.**

Отримані результати щодо оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя формальдегідом можуть бути впроваджені в практичну діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», Управління з питань охорони здоров'я Запорізької міської ради, Управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради.

### **Особистий внесок автора.**

Автором самостійно опрацьовано дані за п'ять років (2016–2020 рр.) з концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі досліджуваних районів міста Запоріжжя; проаналізовані результати канцерогенного впливу формальдегіду на здоров'я населення з урахуванням міжнародно-визнаних підходів та вимог щодо проведення етапу ідентифікації небезпеки оцінки ризику для здоров'я населення; розраховані канцерогенні ризики та проведено їх аналіз за п'ять років (2016–2020 рр.). Проаналізовані заходи зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом.

### **Відомості про апробацію результатів роботи.**

Основні положення кваліфікаційної роботи представлені та обговорені на III спеціалізованому міжнародному екологічному форумі «Еко Форум – 2019», конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019», Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів і молодих учених «Молода академія –2019», Науково-практичній конференції Ввсеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія» у 2019 р., XXIV Науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, Науково-практичній конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія» у 2020 р., конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020», IV Спеціалізованому міжнародному

Запорізькому екологічному форумі "Еко Форум - 2020", XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, XI Всеукраїнській конференції молодих вчених «Молоді вчені 2020 - від теорії до практики».

### **Відомості про публікації здобувача.**

За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано 2 фахових статті та 10 наукових праць у матеріалах наукової конференції.

Список публікацій магістранта:

1. Белоконь К. В., Михайлуца О. М., Зануда Т. О., Тарабан Є. В. Прогнозування розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових підприємств, що містять оксид вуглецю і вуглеводні. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2019. № 2 (35). С. 104-109.

2. Белоконь К. В., Троїцька О. О., Тарабан Є. В. Аналіз та оцінка ризику впливу забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення м. Запоріжжя. III спеціалізований міжнародний екологічний форум «Еко Форум – 2019». Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2019. С. 31-32.

3. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Аналіз та оцінка ризику впливу забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення Заводського району м. Запоріжжя. *Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019»*. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Т. 5 С. 367-369.

4. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами металургійних підприємств м. Запоріжжя. *Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів і молодих учених «Молода академія –2019»*. Дніпро: НМетАУ, 2019. Т. 1 С. 133-134.

5. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Дослідження забруднення атмосферного повітря промислового міста як фактор ризику для здоров'я його мешканців. *Науково-практична конференція всеукраїнського конкурсу*

студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія». Полтава : РолтНТУ, 2019. С. 49.

6. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка сумарного рівня забруднення атмосфери В м. Запоріжжя. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці. Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. Т. 2 С. 131.

7. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств. Науково-практична конференція Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія». Полтава: Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка, 2020. С. 61.

8. Белоконь К. В., Тарабан Є. В., Столпакова О. В. Покращення екологічного стану атмосфери промислового міста шляхом каталітичного окиснення викидів оксиду вуглецю у відхідних газах металургійних підприємств. Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020». Запоріжжя: ЗНУ, 2020. Т. 5 С. 164-166.

9. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя формальдегідом. IV Спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форум "Еко Форум - 2020". Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2020. С. 335-336.

10. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом. XXV науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (24-27 листопада 2020). Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С. 361.

11. Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Тарабан Є. В., Столпакова О. В. Дослідження впливу модифікування Ni-Al сплавів на їх каталітичні властивості при знешкодженні газових викидів в атмосферу. *Збірник*



*наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2020. № 1 (36). С. 153-158.

12. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Дослідження каталітичної активності інтерметалідних каталізаторів для знешкодження відхідних газів промислових підприємств. XI Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2020 - від теорії до практики». Дніпро: Дніпро-Дике Поле, 2020. С. 199-202.

### **Структура та обсяг магістерської роботи.**

Кваліфікаційна робота викладена на 157 сторінках, обсяг основного тексту – 144 сторінок і складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, який включає посилання на 47 джерел, та 3 додатка. Робота ілюстрована 18 таблицями та 59 рисунками.

## РОЗДІЛ 1 СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

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. Найбільшими забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає приблизно 90,0 % викидів всіх забруднюючих речовин.

Значний внесок валових викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, вносить автотранспорт, частка викидів якого в загальному валовому викиді щорічно зростає. Викиди забруднюючих речовин від автотранспорту, які утворюються в процесі згорання палива, викидаються в нижні, приземні шари атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їх розсіювання є найгіршими. У відпрацьованих газах двигунів автомобілів міститься більш 200 токсичних хімічних сполук, велика частина яких представляє різні вуглеводні. Через таке різноманіття і складність ідентифікації окремих сполук до розгляду звичайно приймаються найбільш представлені компоненти чи їх групи. [3]

### **1.1. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря**

У період з 2016 року по 2019 рік викиди в атмосферне повітря міста Запоріжжя, в середньому, становили 252,22 тис. т, з них – 174 тис. т від стаціонарних джерел та 78, 22 тис. т від пересувних джерел. Порівняння

кількості викидів в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел в період з 2016 по 2019 роки вказана в табл. 1.1 та рис.1.1 [2].

Оцінка динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (табл. 1.1) в період з 2016 року по 2017 роки вказує на збільшення кількості викидів від стаціонарних джерел (рис. 1.1). Збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря обумовлене збільшенням обсягів виробництва найбільшими підприємствами–забруднювачами [3].

Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами за період з 2017 року по 2019 рік показав зменшення кількості викидів (табл. 1.1, рис. 1.1). Зменшення обумовлене зменшенням обсягів виробництва найбільших підприємств–забруднювачів і виконання на підприємствах природоохоронних заходів, встановлених умовами дозволів на викиди та регіональними програмами [4].

Оцінка динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (табл. 1.1) в період з 2016 року по 2017 роки вказує на збільшення кількості викидів від пересувних джерел (рис. 1). Збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря обумовлене збільшенням кількості автотранспорту, скорочення кількості пасажирського електротранспорту та застарілими моделями автотранспорту [2].

Таблиця 1.1 – Динаміка викидів в атмосферне повітря

Роки	Викиди в атмосферне повітря, тис. т		
	стаціонарні джерела	пересувні джерела	разом
2016	167	76,071	243,07
2017	180,9	80,189	261,09
2018	174,7	77,345	252,05
2019	173,4	79,278	252,68



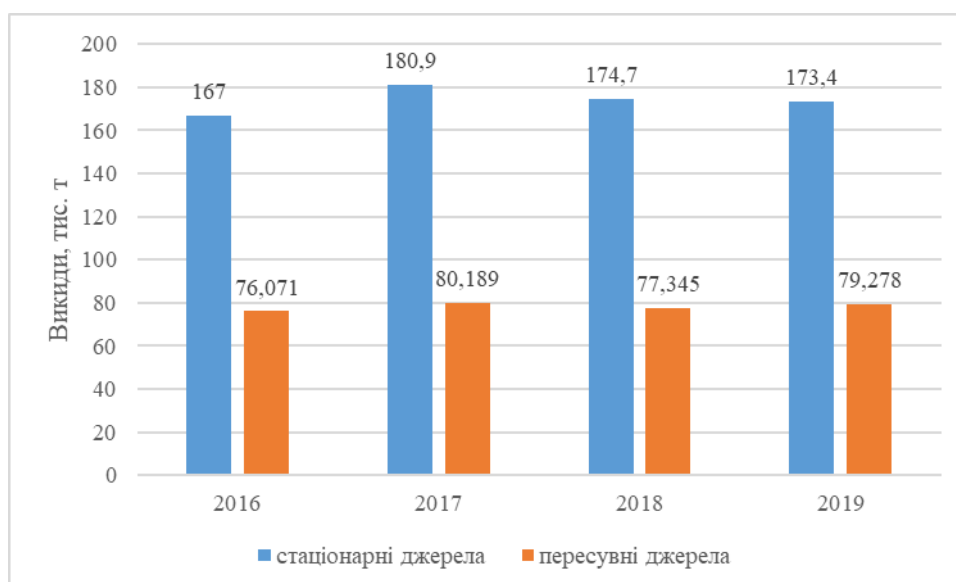


Рисунок 1.1 – Динаміка обсягів викидів стаціонарних та пересувних забруднювачів атмосферного повітря

## 1.2 Стаціонарні джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Найбільшими забруднювачами атмосферного повітря в регіоні залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає приблизно 90,0 % викидів всіх забруднюючих речовин. Це такі підприємства, як: ПАТ «Запоріжсталь», ПрАТ «Дніпроспецсталь», АТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано–магнієвий комбінат», ПрАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів» та інші. Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по основним промисловим підприємствам представлена в табл. 1.2. [2].

На рис. 1.2 представлена динаміка викидів найбільших забруднювачів атмосферного повітря. Найбільший внесок в забруднення атмосферного повітря вносить ПАТ «Запоріжсталь».

Таблиця 1.2 – Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел

Назва підприємства	Динаміка обсягів викидів в атмосферне повітря, тис. т/рік			
	2016	2017	2018	2019
ПАТ «Запоріжсталь»	50,719	50,834	52,294	51,831
ПАТ «Запорізький завод феросплавів»	8,588	7,656	7,512	7,061
ПАТ «Запорізький абразивний комбінат»	1,766	1,974	2,488	2,412
ПрАТ «Запоріжжкокс»	1,98	1,946	1,804	1,625
ПАТ «Український графіт»	1,082	1,254	1,426	1,359
ПАТ «Запоріжвогнетрив»	0,327	0,35	0,281	0,307
ТОВ «Запорізький титано – магнієвий комбінат»	0,971	0,92	0,816	0,761
ПАТ(АТ) «Мотор Січ»	0,86	0,707	0,575	0,548

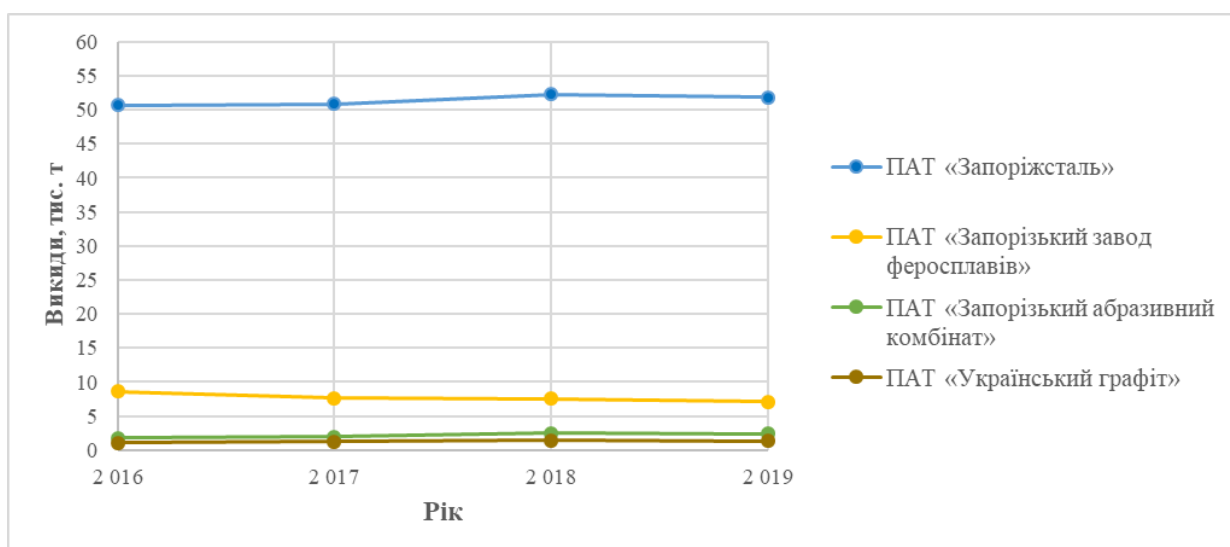


Рисунок 1.2 – Динаміка обсягів викидів найбільших стаціонарних забруднювачів атмосферного повітря

### 1.3 Пересувні джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Автомобільний транспорт є одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища, джерелом небезпечних хімічних забруднень атмосферного повітря, водоймищ, річок, сільського господарства, а також шуму та вібрації. Негативний екологічний вплив автотранспорту особливо відчутний у містах, а також уздовж автомагістралей, де концентрація забруднюючих речовин часто у декілька разів перевищує гранично допустимі та небезпечні для життя людини рівні. Для транспортних засобів використовують пальне з різних видів нафтопродуктів і мастил, які у складі відпрацьованих газів дизельних та бензинових двигунів внутрішнього згорання забруднюють фактично всі об'єкти довкілля. Збільшення викидів від автотранспорту відбувається через: збільшення кількості і погіршення технічного стану автомобільного парку, незадовільну якість палива, відставання темпів розвитку вулично–шляхової мережі, труднощі обліку великої кількості автотранспорту як джерела забруднення атмосфери (приватний автотранспорт, транзит), недостатньо розвинену законодавчу та юридичну базу для ефективного управління автотранспортом як екологічно небезпечним об'єктом [3].

Автомобільний транспорт в процесі функціонування викидає з відпрацьованими газами токсичні речовини, створює високий рівень шуму, забруднює ґрунти та водойми в результаті змиву та протоку паливо–мастильних матеріалів, що спричиняє утворення пилу та інших забруднюючих речовин, які здійснюють несприятливу дію на навколишнє природне середовище та безпосередньо на людину [5].

Контроль стаціонарних джерел викидів жорстко нормується відповідними нормативно–правовими актами, у той же час, реальний дієвий



механізм систематичного контролю викидів пересувних джерел фактично відсутній.

Основними екологічними проблемами автомобільного транспорту є:

- постійно зростає кількість автомобілів на душу населення;
- основна частина викидів від автомобільного транспорту припадає на міста та найбільші автомобільні траси;
- автомобільні викиди концентруються у приземному шарі повітря – саме там, де дихають люди;
- двигуни автомобілів часто бувають невідрегульованими, зношеними, що спричиняє додаткові викиди у атмосферу;
- викиди автотранспорту містять до 200 хімічних сполук, деякі з яких надзвичайно токсичні.

Проблем щодо якості атмосферного повітря у регіоні, додають такі аспекти:

- високий рівень зносу та збереження низької технологічності системи пасажирського транспорту;
- скорочення рухомого складу тролейбусних машин (з 154 од. у 2010 р. до 49 од. у 2018 р. (на 68,2 %)), чисельності трамвайних вагонів (відповідні показники становили 184 та 132 од., 28,3 %) [4].

#### **1.4 Забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя формальдегідом**

Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» в рамках моніторингу проводить контроль якості атмосферного повітря в міських та сільських населених пунктах у місцях проживання та відпочинку населення.

Впродовж 2016 року Центром всього проведено 13517 досліджень атмосферного повітря (2015 – 11742), у 2,3 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій (у 2015 році вказані перевищення склали 2,4 %). В тому числі у міських поселеннях проведено 10272 дослідження атмосферного повітря, в 3,0 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій, у сільських поселеннях проведено 3245 – в 0,12 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій.

В м. Запоріжжя в рамках моніторингу виконано 1368 лабораторно – інструментальних досліджень атмосферного повітря (в 2015 р. – 1456), з них не відповідало гігієнічним нормативам 220 – 16,08% (у 2015 р. – 15,86 %).

В 2016 році, як і в минулі роки, перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі обумовлювали показники – пил, фенол, сірководень, сірковуглець. Перевищення за вищевказаними інгредієнтами реєструвалися в межах від 1,1 до 2,2 ГДК.

Найбільше забруднення атмосфери в 2016 році по районах визначалося в Вознесенівському, Шевченківському, Заводському та Дніпровському (район 6– го селища). Як і в попередні роки, нижче середньобагаторічного показника (17,5 %) реєструвалося забруднення атмосфери в Хортицькому та Комунарському районах [5].

У 2017 році фахівцями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» моніторинг за станом атмосферного повітря проводився у 15 містах та 23 сільських поселеннях області шляхом підфакельних досліджень в зоні впливу джерел викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту у місцях проживання та відпочинку населення.

Впродовж 2017 року лабораторіями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проведено 12399 (2016р. – 13517) досліджень атмосферного повітря, у 3,3 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій (у 2016 році вказані перевищення склали 2,3 %). У тому числі в міських поселеннях проведено 10342 (2016р. – 10272) досліджень атмосферного повітря, в 3,9 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій,

у сільських поселеннях проведено 2057 (2016р. – 3245) – в 0,24 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій.

За вказаний період у м. Запоріжжя в рамках моніторингу виконано 1237 лабораторно–інструментальних досліджень атмосферного повітря (в 2016 р. – 1368), з них не відповідало гігієнічним нормативам 221 – 17,86 % (у 2016 р. – 16,08 %). Найбільше забруднення атмосфери в 2017 р. по районах визначалося у Вознесенівському, Шевченківському, Заводському та Дніпровському (район 6–го селища). Як і в попередні роки, нижче середньобогаторічного показника (17,3 %) реєструвалося забруднення атмосфери в Хортицькому та Комунарському районах м. Запоріжжя.

В 2017 році моніторинг проводився по 22 інгредієнтам, перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі обумовлювали показники – пил, фенол, сірководень, сірковуглець. Перевищення за вищевказаними інгредієнтами реєструвалися в межах від 1,1 до 2,2 ГДК.

Основний внесок у забруднення атмосфери вносять промислові підприємства, викиди яких становлять 50 – 60 % від загального валового викиду шкідливих речовин. Значний внесок – від 40 до 50 %, вносить автотранспорт, частка викидів якого в загальному валовому викиді щорічно зростає [3].

У 2018 році фахівцями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проводився моніторинг за станом атмосферного повітря у 15 містах та 23 сільських населених пунктах області шляхом підфакельних досліджень в зоні впливу джерел викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту у місцях проживання та відпочинку населення.

Впродовж 2018 року лабораторіями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проведено 12 272 дослідження атмосферного повітря (у 2017 р. – 12 399), у 2,85 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій (у 2017 році вказані перевищення склали 3,3 %). У тому числі в міських поселеннях проведено 9 666 досліджень атмосферного повітря, в 3,6 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій, у сільських

поселеннях проведено 2 606 – в 0,1 % виявлені перевищення гранично – допустимих концентрацій.

За вказаний період у м. Запоріжжя оцінка впливу на здоров'я людини стану атмосферного повітря проводилась у 60 умовно–фіксованих точках спостереження у житловій забудові міста по 22–х інгредієнтах. Проведено 1 191 лабораторно–інструментальне дослідження атмосферного повітря, з них не відповідало нормативним показникам 211 – 7,7% ( у 2017 р.– 7,86 %). Протягом року перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі реєструвались в межах від 1,1 до 2,9 ГДК та обумовлювалось такими показниками: пил (32,7 % від загальної кількості відхилень), фенол (34,6 %), сірководень (22,3 %), сірковуглець (7,1 %), азоту діоксид (3,3 %).

Серед районів м. Запоріжжя найбільше забруднення атмосфери у 2018 році зафіксовано у Вознесенівському (39 % від загальної кількості перевищень) та Заводському (37,5 %) районах. Нижче середньобагаторічного показника (17,3 %) реєструвалося забруднення атмосфери в Дніпровському (15,2 %), Шевченківському (6,3 %) та Олександрівському (1 %) районах м. Запоріжжя. У Хортицькому та Комунарському районах перевищення не реєструвались [4].

У 2019 році фахівцями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» здійснювався моніторинг за станом атмосферного повітря.

Впродовж 2019 року лабораторіями ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» проведено 3457 моніторингових досліджень атмосферного повітря, з них у 301 (8,68 %) виявлені перевищення гранично-допустимих концентрацій. Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (58%), металургійне виробництво(35%), виробництво коксу та продуктів нафтоперероблення (1%), виробництво харчових продуктів (1%) інші види діяльності (1%).

За вказаний період у м. Запоріжжя проведено 1382 дослідження атмосферного повітря, з них 205 (14,8 %) не відповідали нормативним показникам.

Протягом року перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі обумовлювали наступні показники: пил (26,8% від загальної кількості відхилень), фенол (35,2 %), сірководень (23,9 %), сірковуглець (10,7 %), азоту діоксид (2,9 %), аміак (разово), перевищення яких реєструвались в межах від 1,1 до 2,9 ГДК.

Найбільше забруднення атмосфери в 2019 році зафіксовано у Вознесенівському (41,9 % від загальної кількості перевищень), Заводському (39,5 %), Шевченківському (8,8 %), Дніпровському (7,8 %) районах. В Олександрівському районі зазначена кількість становила 2 %. У Хортицькому та Комунарському районах перевищення не реєструвались.

Основний внесок у забруднення атмосфери вносять промислові підприємства, викиди яких становлять 50-60 % від загального валового викиду шкідливих речовин.

Багаторічний моніторинг якості атмосферного повітря свідчить про стабільно високе його забруднення як на межі санітарно-захисних зон, так і в житлових районах.

Основною причиною забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя залишаються застарілі технології та устаткування, на базі яких функціонують підприємства і які не можуть забезпечити дотримання сучасних гігієнічних нормативів [2].

Середньорічна концентрація формальдегіду в досліджуваних районах, яка визначена у зонах замірів ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», представлені в додатку А (табл. А.1, табл. А.2, табл. А.3).

В 2016 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх вулицях, окрім Морфлотської вулиці, де рівень концентрації формальдегіду більший в 1,3 рази (рис. 1.3).

В 2017 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.4).

В 2018 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.5).

В 2019 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях, на вулиці Морфлотській рівень концентрації близький до максимально разової гранично допустимої концентрації та становить 0,99 ГДК (рис. 1.6).

В 2020 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.7).

Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Заводському районі за період з 2016 року по 2020 рік (рис. 1.8) показав, що найбільші рівні концентрації спостерігаються на вулиці Морфлотській за весь досліджуваний період. Найбільші рівні концентрації формальдегіду на досліджуваних вулицях Заводського району спостерігаються у 2020 році.

Аналіз середньорічних концентрацій в Заводському районі за період з 2016 року по 2018 рік (рис. 1.9) показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. В період з 2018 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2018 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.



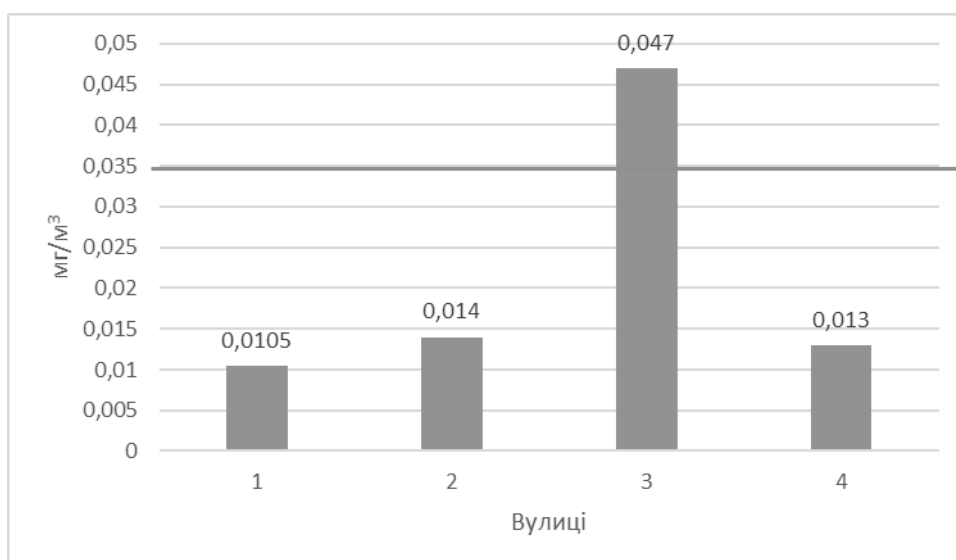


Рисунок 1.3 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2016

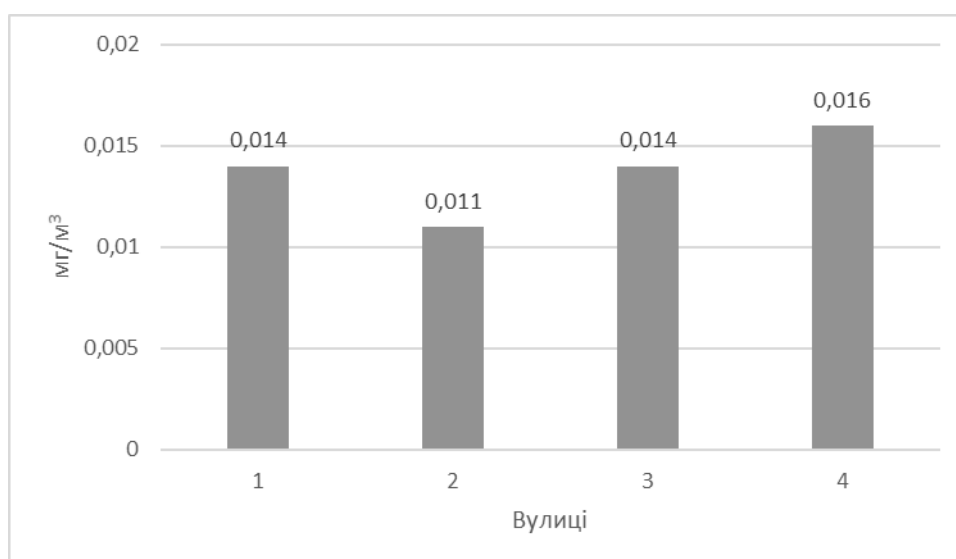


Рисунок 1.4 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2017

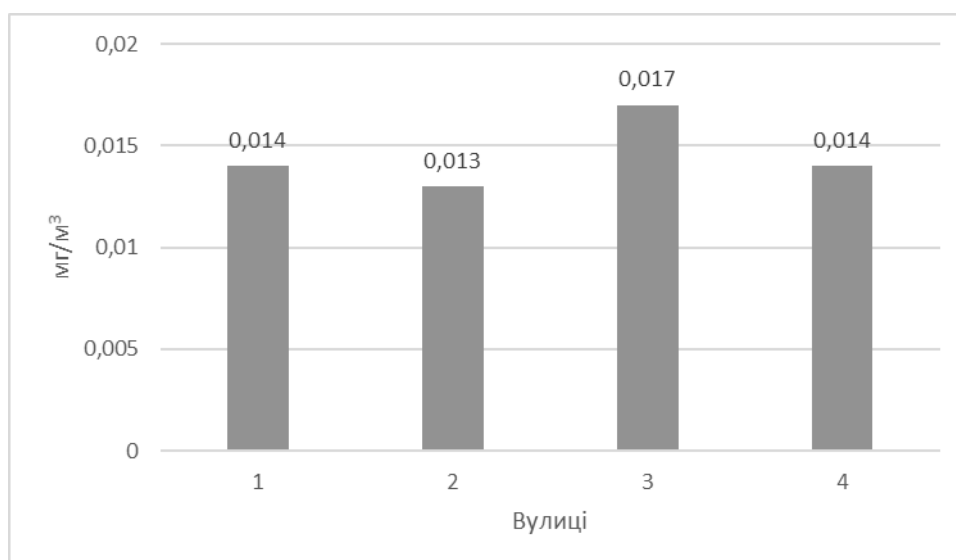


Рисунок 1.5 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2018

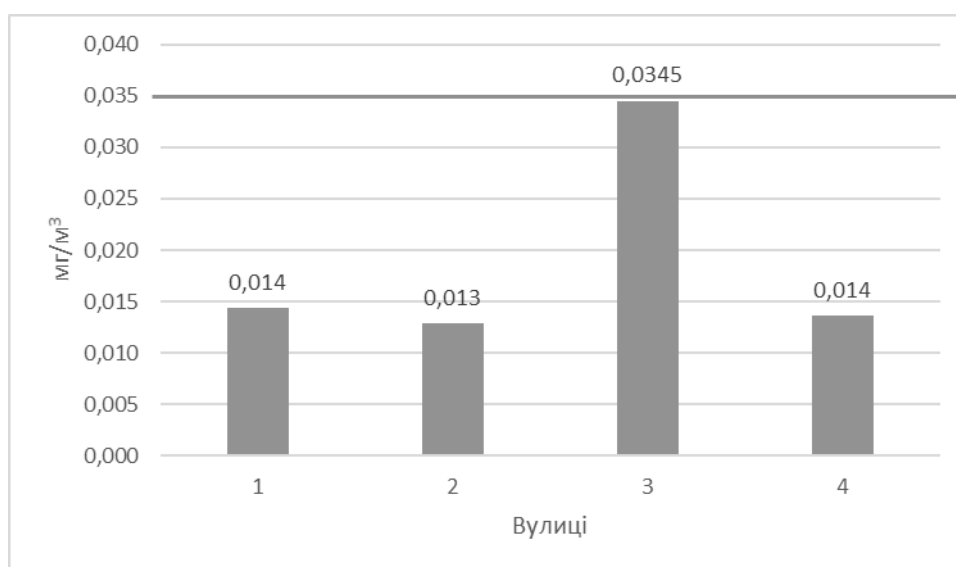


Рисунок 1.6 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019

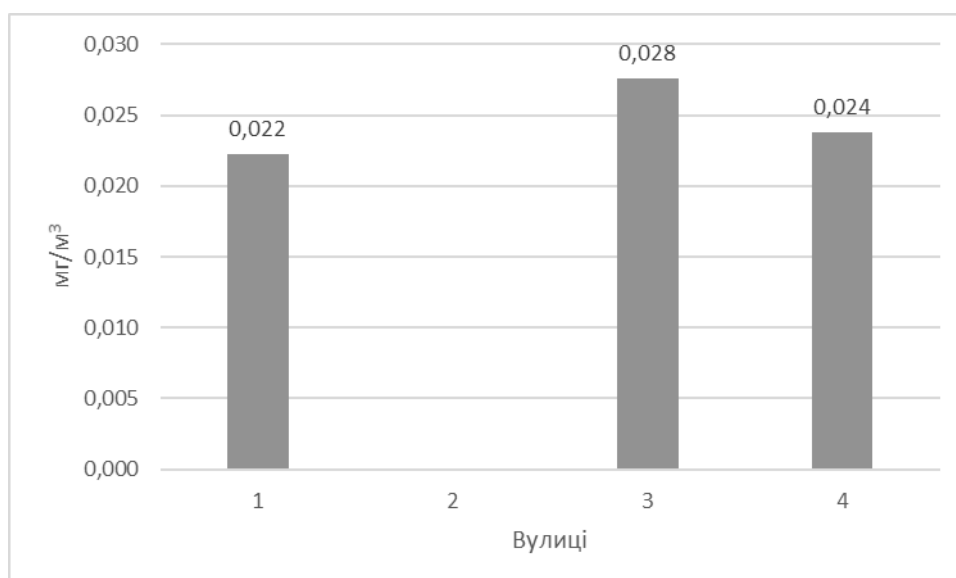


Рисунок 1.7 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2020

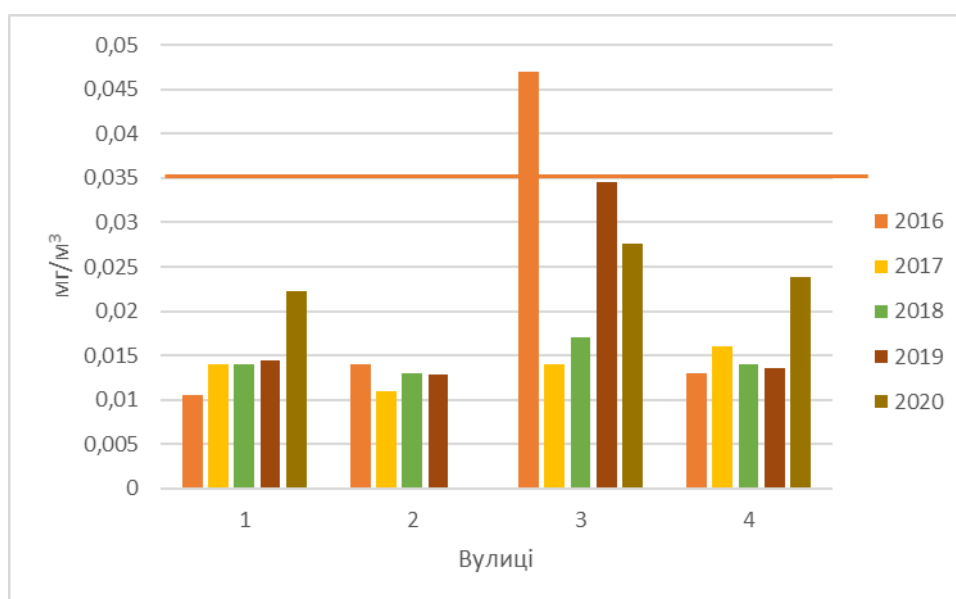


Рисунок 1.8 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Заводського району за досліджуваний період

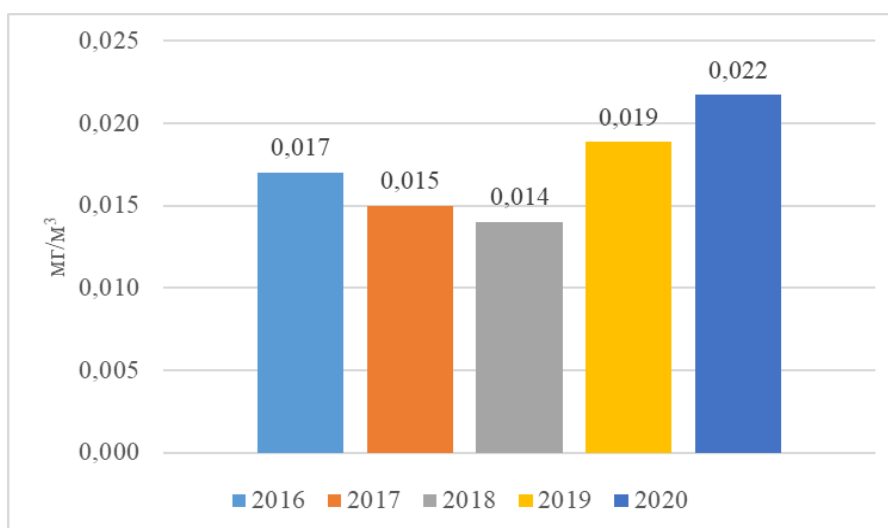


Рисунок 1.9 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на в Заводському районі за досліджуваний період

В 2016 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх вулицях. (рис. 1.3).

В 2017 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.10).

В 2018 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.11).

В 2019 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району не перевищують максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях. (рис. 1.12).

В 2020 році рівні концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району не перевищують

максимально разову граничну концентрацію на всіх досліджуваних вулицях (рис. 1.13).

Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2020 рік показав (рис. 1.15), що найбільші рівні концентрації спостерігаються на проспекті Соборному за весь досліджуваний період. Найбільші рівні концентрації формальдегіду на досліджуваних вулицях Вознесенівського району спостерігаються у 2020 році.

Аналіз середньорічних концентрацій в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2017 рік (рис. 1.16) показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. В період з 2017 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2017 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.

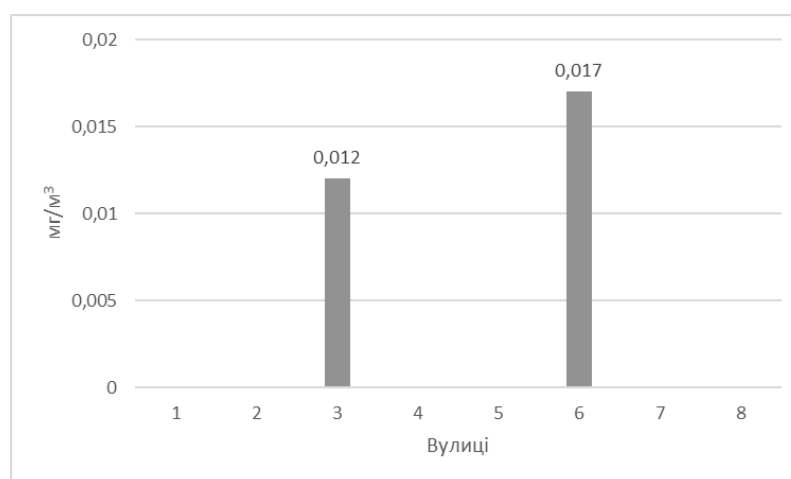


Рисунок 1.10 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2016

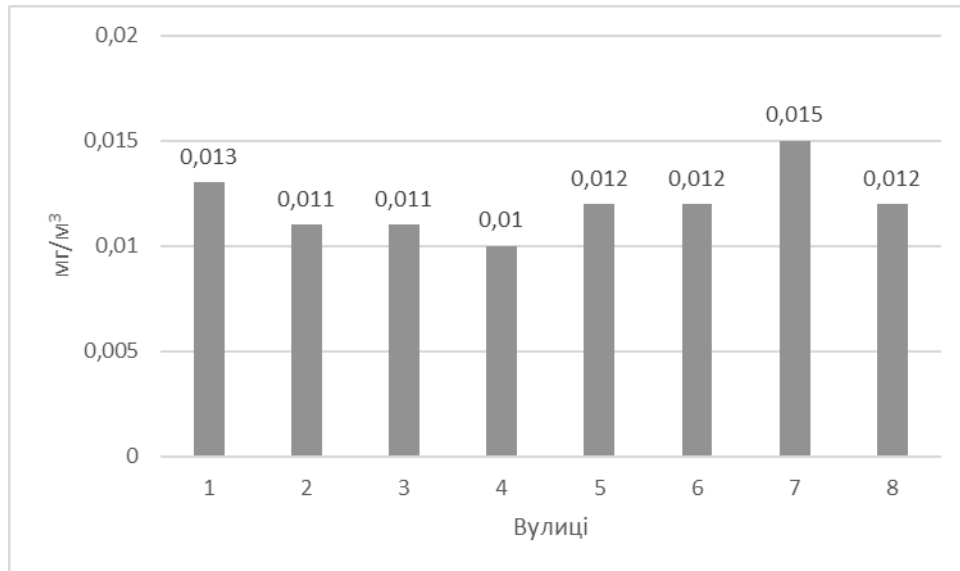


Рисунок 1.11 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2017

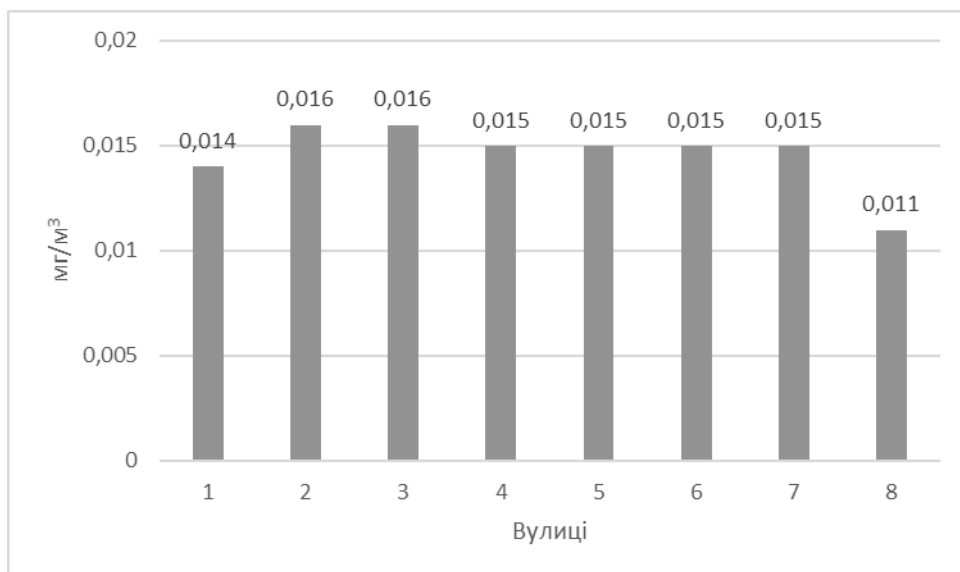


Рисунок 1.12 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2018



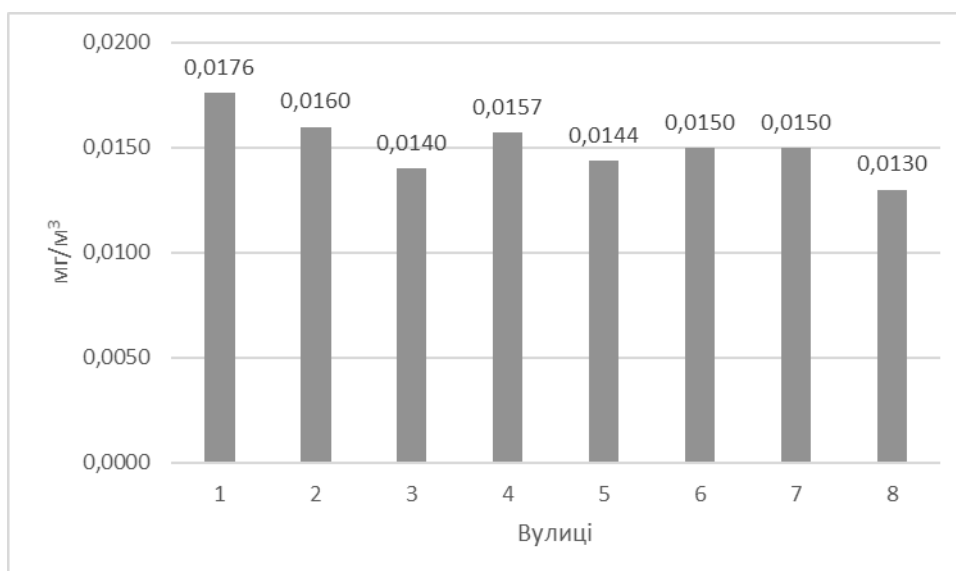


Рисунок 1.13 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019

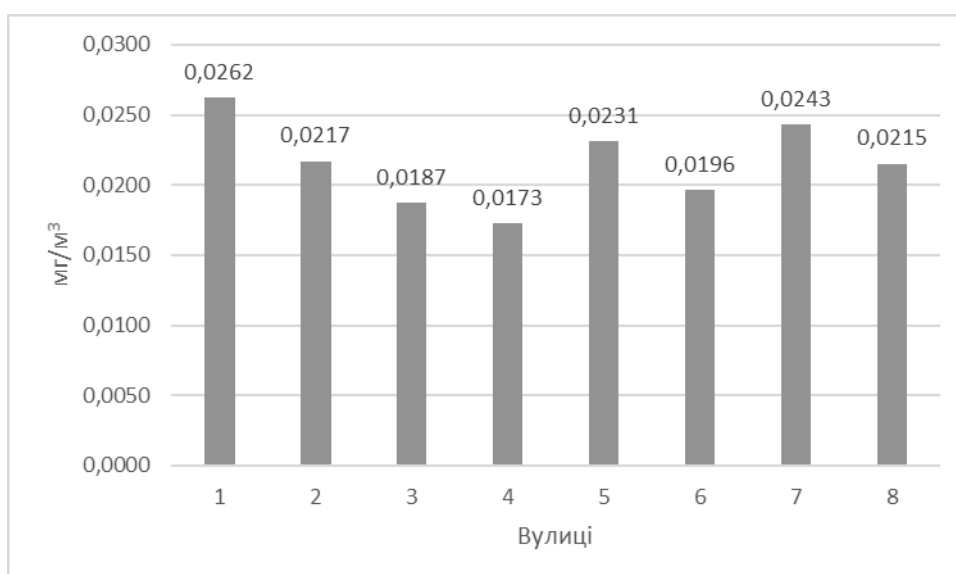


Рисунок 1.14 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2020

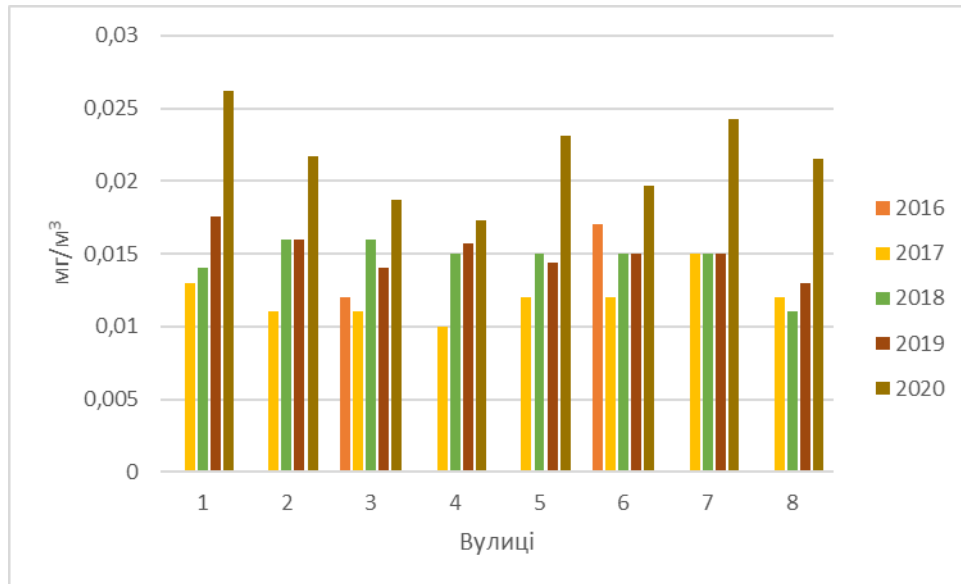


Рисунок 1.15 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на досліджуваних вулицях Вознесенівсько району за досліджуваний період

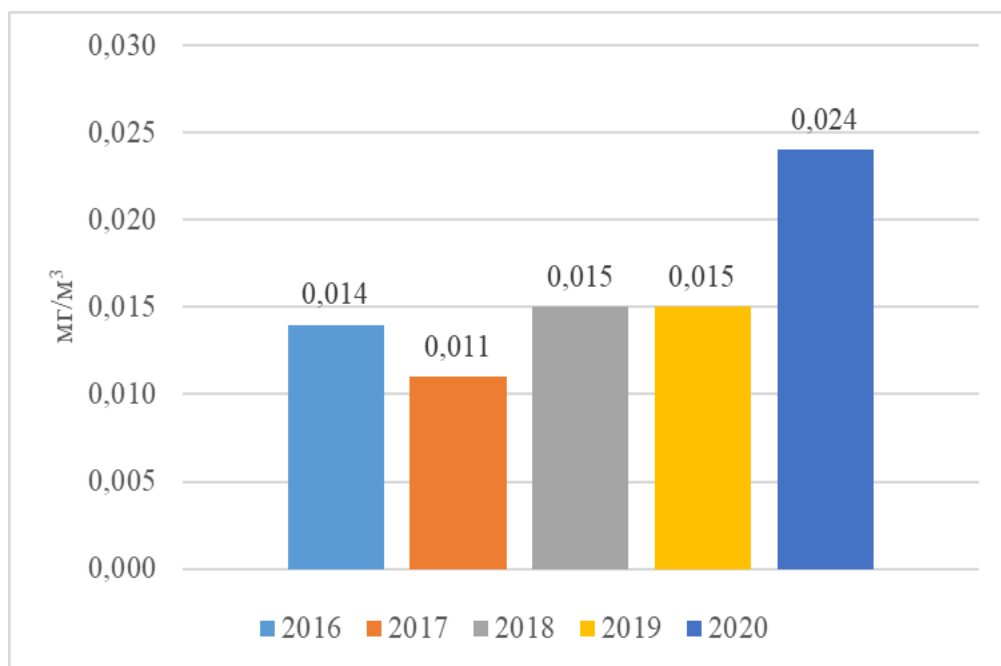


Рисунок 1.16 – Рівні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі на в Вознесенівського районі за досліджуваний період

## 1.5 Висновок до 1 розділу

Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Заводському районі за період з 2016 року по 2020 рік показав, що найбільші рівні концентрації спостерігаються на вулиці Морфлотській за весь досліджуваний період.

Аналіз середньорічних концентрацій в Заводському районі за період з 2016 року по 2018 рік показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. В період з 2018 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2018 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.

Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2020 рік показав, що найбільші рівні концентрації спостерігаються на проспекті Соборному за весь досліджуваний період.

Аналіз середньорічних концентрацій в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2017 рік показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. В період з 2017 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2017 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.

## РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМАЛЬДЕГІДУ ЯК КАНЦЕРОГЕННОЇ РЕЧОВИНИ

**Формальдегід (метаналь, мурашиний альдегід)** (від лат. *formica* – мурашка) – хімічна речовина з формулою  $H_2CO$ , найпростіший із альдегідів, перший член гомологічного ряду аліфатичних альдегідів. Чистий мономерний формальдегід при звичайних умовах є безбарвним газом із характерним різким запахом [6].

### 2.1 Джерела утворення формальдегіду

Формальдегід належить до атмосферних забруднювачів, що надходять у повітря від значної кількості різноманітних джерел. Можна виділити наступні групи джерел надходження формальдегіду в атмосферне повітря:

#### **I. Антропогенні джерела:**

**1. Підприємства, що використовують формальдегід у своїй діяльності.** Формальдегід використовується при виробництві деревної продукції; ізоляційних матеріалів з карбомідоформальдегідних матеріалів; мінеральної вати та скловати; паперової продукції; лаків та фарб; текстилю; продуктів для чистки та догляду; дезінфікуючих засобів та консервантів; косметики.

В металургії формальдегід використовується в якості антикорозійної речовини для металу, в ливарному виробництві він входить до складу в'язучих речовин для виробництва стрижнів. Крім того, джерелами забруднення повітря формальдегідом є плавильні агрегати, печі термічної обробки та сушки для форм і ківшів.

У сільському господарстві формальдегід використовується як фумігант для профілактики плісняви та гнилі в зерні, в птахівництві – для дезінфекції інкубаційних яєць та обладнання, в харчовій промисловості – для зберігання сухих продуктів, риби та деяких масел і жирів, дезінфекції контейнерів [7].

**2. Стаціонарне спалювання палива та відходів.** Формальдегід утворюється завдяки фотохімічному окисненню вуглеводнів чи інших попередників, що вивільняються в процесі горіння як проміжний продукт. Зі збільшенням температури горіння реакційної суміші викиди формальдегіду збільшуються [8].

**3. Пересувні джерела.** Джерелом викидів формальдегіду від автотранспорту є вихлопні гази, в складі яких міститься більше цієї домішки порівняно з викидами стаціонарних установок, що спалюють паливо. Це спричинено тим, що в двигунах внутрішнього згорання тривалість горіння обмежена частками секунди, а холодні стінки камери перешкоджають повному згоранню пального, що призводить до викидів продуктів неповного згорання. В [20] зазначається, що обсяги надходження формальдегіду в атмосферне повітря від різних автомобілів значною мірою визначаються типом пального – найбільша кількість цієї забруднювальної речовини надходить у повітря від автомобілів, що працюють на метані (табл. 2.1). Тому саме зі зростанням частки автомобільного транспорту, який працює на природному газі, і може бути пов'язано підвищення концентрацій формальдегіду в повітрі міст України [9], що спостерігається протягом останніх 5-7 років.

**4. Матеріали, що містять формальдегід (відбувається його випаровування).**

**5. Міські пожежі, звалища побутових та промислових відходів.** Вище зазначені антропогенні джерела формальдегіду належать до групи первинних.

Крім того, органічні сполуки практично усіх класів фотоокислюючись в атмосфері, утворюють формальдегід (або інші карбонільні сполуки).

Відповідно цей процес є важливим вторинним антропогенним джерелом утворення формальдегіду у великих містах та промислових регіонах. Основними антропогенними джерелами викидів вуглеводнів, крім вихлопних газів автомобілів, є випаровування бензину, природного та зрідженого газу, нафтопереробка, лакофарбова промисловість, виробництво поліетилену.

Таблиця 2.1 – Вміст окремих забруднювальних речовин (мг/м<sup>3</sup>) у вихлопних газах автомобілів, що використовують різне паливо

Речовина	Тип палива		
	Газ метан	Бензин А–80	Бензин А–95
Формальдегід	0,177	0,057	0,074
Оксид азоту	0,242	0,102	0,058
Діоксин азоту	0,180	0,051	0,077
Сірчистий газ	0,008	0,147	0,008
Оксид вуглецю	10,0	60	12

Зазначається, що оскільки формальдегід належить до реакційно здатних сумішей, то його вміст в атмосфері формується як результат динамічної рівноваги між джерелами та стоками. Тривалість перебування в атмосфері визначається процесами фоторозкладу та взаємодією з реакційно здатними частинками. Тривалість перебування формальдегіду значною мірою визначається інтенсивністю сонячної радіації (яка залежить від географічної широти місцевості і висоти Сонця над горизонтом) і може суттєво відрізнятись в різні се–зони та частини доби.

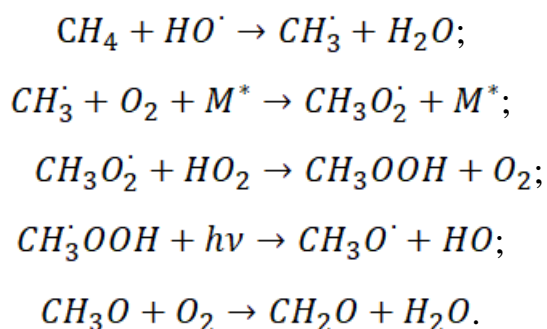
Утворення формальдегіду в реакційній суміші за умов близьких до атмосферних зафіксовано в процесах фотохімічного окислення метану, етану, ізопрену, етилену, 1-бутену, пропілену, ізопрену, толуолу, алкенів С5-С8, метанолу, диметилсульфіду, стиролу, окремих ацетиленових вуглеводнів. За наявності в повітрі оксидів азоту утворення формальдегіду з органічних домішок відбувається за участю атомів кисню та озону, що утворюються в результаті фотолізу NO<sub>2</sub>. Ці процеси відбуваються в безвітряну ясну сонячну



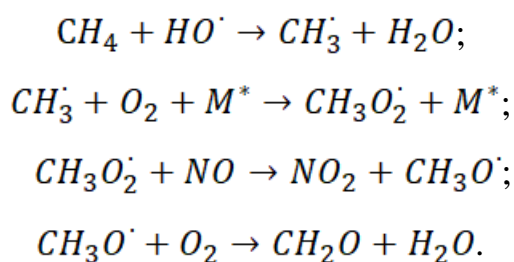
погоду – за метеорологічних умов, що сприяють накопиченню домішок та подальшими їх трансформаціями [10].

**II. Природні джерела.** Природні джерела формальдегіду поділяють на первинні та вторинні. До первинних природних джерел належать лісові пожежі та виділення тваринами, також до цієї групи джерел належать виділення рослинами та вулканічні гази. Значно більша частка формальдегіду в природі формується з вторинних джерел – при фотоокисленні різноманітних органічних сполук біологічного походження. Одним з основних попередників формальдегіду у фоновій атмосфері є метан (при фотоокисленні метану в атмосфері формальдегід утворюється як проміжний продукт) [10].

Послідовність хімічних реакцій утворення формальдегіду у чистому повітрі представлена у формулах [11]:



Послідовність хімічних реакцій утворення формальдегіду у забрудненому, великою кількістю оксидом азотом повітрі представлена у формулах [11]:



Отже, у великих містах надходження формальдегіду в атмосферне повітря формується за рахунок первинних джерел (тобто – безпосередньо із джерел викидів) та вторинних (утворення цієї забруднювальної домішки з прекурсорів за сприятливих умов унаслідок фотохімічних реакцій в атмосфері) [10].

## 2.2 Токсичність формальдегіду та наслідки його впливу

Формальдегід має нейротоксичну, місцево–подразнюючу, гепатоксичну дію (рис. 2.1). Всмоктується через слизові оболонки дихальних шляхів і шлунково–кишкового тракту. Виводиться через легені і з сечею у вигляді нетоксичних метаболітів.



Рисунок 2.1 – Симптоми впливу формальдегіду на організм

Гостра токсичність:  $LD_{50} = 100$  мг/кг (щур, перорально).  $LD_{50} = 42$  мг/кг (миша, перорально).  $LD_{50} = 385$  мг/кг (миша, перорально).  $LD_{50} = 260$  мг/кг (морська свинка, внутрішньошлунково).  $LD_{50} = 270$  мг/кг (кролик, нашкірно).

$LC_{50} = 578 \text{ мг/м}^3$  (щур, 4 години).  $LC_{50} = 505 \text{ мг/м}^3$  (миша, 2 години).  $LC_{50} = 454 \text{ мг/м}^3$  (миша, 4 години).  $LC_{50} = 1000 \text{ мг/м}^3$  (щур, 30 хвилин).

Кумулятивність: помірна (щур, 19 мг/кг, внутрішньошлунково, 20 днів; Функціональна кумуляція).

Клінічна картина гострого отруєння: при вдиханні: гіперемія обличчя, сильне подразнення слизових оболонок очей і верхніх дихальних шляхів (сльозотеча, першіння в горлі, різкий кашель, асфіксія, нежить, печіння за грудиною, порушення ритму дихання), сплутаність свідомості, у важких випадках – кома. При пероральному надходженні (формаліну): опіки травного тракту, печіння у роті, за грудиною і в надчеревній ділянці. Блювання з кров'ю. Спрага. Токсичний шок. Ураження печінки (жовтяниця) і нирок (олігурія). Озноб, кашель, задишка, бронхіт, ларингіт, пневмонія, психомоторне збудження.

Органи і системи, що зазнають найбільшого ураження: центральна нервова система, верхні дихальні шляхи, шлунково=кишковий тракт, печінка, нирки, селезінка, наднирники, очі, шкіра.

Подразнююча дія: шкіра: так (людина – розм'якшення, ламкість, болючість нігтьового ложа, пухирчасті висипання, на шкірі, пізніше виникають вогнища некрозу і щільні вузлики; можливий розвиток мокрої екземи. Очі: так (людина). Дихальні шляхи: так (людина).

Канцерогенна дія. Людина існує доказ позитивного зв'язку між впливом формальдегіду і раком носової порожнини та придаткових пазух носа, між впливом формальдегіду і лейкімією. Оцінка Міжнародного агентства з вивчення раку: група 2A/B1 (речовина, ймовірно канцероген для людини).

Включена в «Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів з вірогідною канцерогенністю для людини (група 2)» [25]. Може підсилювати канцерогенний ефект інших речовин [13].

### 2.3 Перша допомога при отруєнні формальдегідом

Загальні заходи: вивести потерпілого із зони аварії, забезпечити доступ свіжого повітря, спокій, тепло, зручне положення тіла, умови для вільного дихання. У разі необхідності звернутися за медичною допомогою.

У разі необхідності – серцево–судинні засоби, стимулятори дихання, заспокійливі засоби. Проведення активної детоксикації, введення антидотів, форсований діурез, симптоматична терапія.

Інгаляція: Вивести потерпілого із зони аварії, забезпечити доступ свіжого повітря, спокій, тепло, зручне положення тіла, умови для вільного дихання. Інгаляція водяної пари з додаванням кількох крапель нашатирного спирту. При болісному кашлі – лібексин, гірчичники, банки. При утрудненому диханні дати зволожений кисень., застосувати штучне дихання. У разі необхідності звернутися за медичною допомогою.

Заковтування: очистити ротову порожнину від залишків продукту та ретельно прополоскати. Промити шлунок 1% розчином бікарбонату натрію або аміаку. Дати випити воду з 1% розчином карбонату амонію або розбавлене молоко, дати активоване вугілля і сольове проносне. У разі необхідності звернутися за медичною допомогою.

Попадання в очі: промивати проточною водою при широко розкриті очній щілині до усунення симптомів подразнення, не менше 20 хвилин. Холодні примочки на очі. Ввести в порожнину кон'юнктиви 1–2 краплі 2% розчину новокаїну. Персикового або вазелінового масла. У разі необхідності звернутися за медичною допомогою [13].

## 2.4 Висновок до 2 розділу

У другому розділі розглянуто характеристики забруднюючої речовини – формальдегіду. Наведено джерела утворення формальдегіду – природні та антропогенні. Описано токсичну дію формальдегіду та наслідки його впливу на здоров'я людини. Формальдегід має нейротоксичну, місцево-підразнюючу, гепатоксичну та канцерогенну дії та може підсилювати канцерогенний ефект інших речовин. Міжнародного агентства з вивчення раку включає формальдегід в групу ймовірних канцерогенів. Наведено заходи з першої допомоги при отруєнні формальдегідом.

## РОЗДІЛ 3 НАПРЯМИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально–економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів.

У той же час, шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого–гігієнічних досліджень можна виявити і кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних з шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику.

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінка ризику; управління ризиком; інформування про ризик.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

При цьому визначення ризику від забруднення атмосферного повітря дозволяє прогнозувати імовірність і медико–соціальну значимість можливих порушень здоров'я при різних сценаріях його впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях.

Визначення факторів ризику, доведення їх ролі у порушенні здоров'я людини, а також кількісна характеристика залежностей шкідливих ефектів від рівнів впливу конкретних факторів дозволяє оцінити реальну загрозу здоров'ю населення, що проживає на певних територіях, і дає об'єктивні підстави для впровадження профілактичних заходів.

Одночасно результати можна використовувати для розрахунків економічних втрат суспільства у результаті погіршення здоров'я населення або визначення затрат на впровадження профілактичних заходів та поліпшення навколишнього природного середовища.

Отже, сучасна методологія оцінки ризиків для здоров'я та управління ними у разі впровадження її у практику державного санітарно–епідеміологічного нагляду, дозволяє вирішити як традиційні, так і нові задачі профілактичної медицини з урахуванням комплексу соціально–економічних та екологічних проблем [14].

### **3.2 Оцінка ризику**

Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме [15]:

- ідентифікацію небезпеки;
- оцінку експозиції;



- характеристику небезпеки (оцінку залежності „доза–відповідь”);
- характеристику ризику.

### 3.2.1 Ідентифікація небезпеки

Головним завданням цього етапу є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення [15].

#### **Етап ідентифікації небезпеки передбачає [16]:**

- виявлення всіх джерел забруднення навколишнього середовища та можливого їх впливу на людину;
- ідентифікацію всіх забруднюючих речовин;
- характеристику потенційних шкідливих ефектів хімічних речовин і оцінку наукової доведеності можливості розвитку цих ефектів у людини;
- виявлення пріоритетних для подальшого вивчення хімічних сполук;
- встановлення шкідливих ефектів, що викликаються пріоритетними речовинами при оцінюваних маршрутах впливу (включаючи пріоритетні забруднені середовища та шляхи надходження хімічних речовин в організм людини), тривалості експозиції (гострі, підгострі, хронічні, довічні) і шляхів їх надходження в організм людини (інгаляційне, пероральне, наскірне).

**Вибір показників небезпеки потенційно шкідливих факторів.** На етапі ідентифікації небезпеки при виборі показників небезпеки, необхідних для вирішення конкретних завдань оцінки ризику, формується попередній сценарій і визначаються попередні маршрути і шляхи впливу хімічних речовин, які в подальшому уточнюються на етапі оцінки експозиції.

Стандартними при оцінці ризику є сценарії для умов селітебної та

промислової зон, сільської місцевості та ін. Можливі також більш складні сценарії, що включають ті чи інші елементи різних стандартних сценаріїв. Сценарій впливу, як правило, включає в себе кілька маршрутів і шляхів впливу.

**Ідентифікація небезпеки** являє собою процес встановлення причинного зв'язку між впливом хімічної речовини і розвитком несприятливих ефектів для здоров'я людини, що передбачає поглиблений аналіз всіх наявних наукових даних про:

- особливості поведінки хімічної речовини в навколишньому середовищі і впливу на організм людини;
- шкідливі ефекти у людини і / або тварин та залежності ефектів від шляхів надходження речовини в організм, рівнів і тривалості впливу;
- можливі механізми розвитку порушень стану здоров'я.

Ідентифікація небезпеки здійснюється як для вихідного з'єднання, так і для токсичних продуктів його перетворень у навколишньому середовищі та в організмі людини.

Джерелами даних про потенційну небезпеку хімічної речовини є:

- фізико–хімічні властивості хімічної речовини;
- результати епідеміологічних досліджень;
- повідомлення про порушення стану здоров'я осіб, що піддавалися шкідливому впливу;
- результати клінічних досліджень, експериментів на лабораторних тваринах, аналізу залежності «хімічна структура – біологічна активність» [15,16].

**Аналіз інформації про показники небезпеки хімічних канцерогенів заснований на [15,16]:**

- встановленні ступеня доведеності канцерогенності досліджуваної речовини для людини;
- виявленні умов реального прояву канцерогенного ефекту;
- оцінки відповідності цих умов специфічним особливостям обраного



### 3.2.2 Оцінка експозиції

**Оцінка експозиції** – етап оцінки ризику, у процесі якого встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника [14].

**Найбільш важливими кроками при оцінці експозиції є [16]:**

- визначення маршрутів впливу;
- ідентифікація того середовища, яке переносить забруднюючу речовину;
- визначення концентрацій забруднюючої речовини;
- визначення часу, частоти і тривалості впливу;
- ідентифікація популяції, що піддається впливу.

На етапі оцінки експозиції проводиться остаточне уточнення сценарію впливу, що характеризує шлях (рух) речовини від місця його утворення до точки впливу на людину. З урахуванням обраного сценарію здійснюється аналіз наявних даних про рівні впливу хімічних речовин на людину – концентраціях речовини у всіх середовищах в аналізованій точці впливу. Сценарій впливу складається виходячи з цілей проекту та концептуальної моделі досліджуваної території.

Повний сценарій експозиції, що відображає вплив на населення в реальних умовах, включає оцінку надходження хімічних речовин в організм людини одночасно з різних середовищ (атмосферне повітря, питна вода, вода поверхневого водоймища, ґрунт, продукти харчування) різними шляхами (пероральний, інгаляційний, наскірний). Такий тип експозиції характеризується як багатосередовищний і комплексний вплив.

Залежно від мети проекту сценарій впливу може передбачати оцінку

надходження хімічних речовин тільки з одного середовища (наприклад, атмосферного повітря) і одним шляхом (наприклад, інгаляційним). У деяких випадках сценарій впливу може обмежуватися оцінкою надходження шкідливих агентів від певних джерел викидів (наприклад, тільки стаціонарні джерела / промислові підприємства або автотранспорт).

У всіх випадках, з метою створення найбільш сприятливих умов для подальшого процесу управління ризиком, **на стадії оцінки експозиції обов'язковим є виявлення [16]:**

- конкретного місця контакту людини із шкідливим агентом;
- відносного внеску кожного специфічного джерела забруднення цим агентом у цьому місці;
- факторів навколишнього середовища, що впливають на характер впливу, що дозволяє забезпечити ефективні і раціональні заходи щодо зниження ризику.

Загалом **на етапі оцінки експозиції проводиться аналіз [16]:**

- джерел забруднення навколишнього середовища;
- механізмів утворення і надходження забруднювачів;
- транспорту, накопичення і трансформації хімічних речовин у різних об'єктах зовнішнього середовища;
- середовищ, що впливають на людину, і шляхів надходження хімічних речовин з кожного впливаючого середовища;
- концентрацій забруднюючих речовин або продуктів їх трансформації в різних середовищах в точці впливу на людину (місце його перебування);
- населення та його чутливих підгруп, потенційно схильних досліджуваному впливу.

Визначення експозиції є складовою частиною не тільки оцінки ризику, а й процесу управління ризиком, тому що дозволяє встановити [15,16]:

- розподіл концентрацій в часі і просторі в різних об'єктах навколишнього середовища;
- популяції або субпопуляції з високим і низьким ризиком;

- пріоритетні, ефективні та найбільш економічні програми і заходи щодо зниження ризику;
- внесок у рівні впливу від різних джерел забруднення;
- фактори, що впливають на попадання забруднювачів у навколишнє середовище, шляхи поширення шкідливих речовин і шляхи надходження в організм людини;
- відповідність заходів, що застосовуються для зниження забруднення, досягненню безпечних для здоров'я рівнів.

Процес оцінки експозиції зазвичай складається з трьох основних етапів [26,27].

**Перший етап** – характеристика навколишнього оточення, яка передбачає аналіз основних фізичних параметрів досліджуваної області та характеристику популяцій, потенційно схильних до впливу.

**Другий етап** – ідентифікація маршрутів впливу, джерел забруднення, потенційних шляхів поширення і точок впливу на людину.

**Третій етап** – кількісна характеристика експозиції передбачає встановлення та оцінку величини, частоти і тривалості впливів для кожного аналізованого шляху, ідентифікованого на другому етапі. Найчастіше цей етап складається з двох стадій: оцінки впливаючих концентрацій і розрахунку надходження.

**Розрахунок середньодобових доз.** При оцінці канцерогенних ризиків використовують середні добові дози, усереднені з врахуванням очікуваної середньої тривалості життя людини (70 років). Такі дози позначаються як LADD. Стандартне рівняння для розрахунку LADD має наступний вигляд:

$$LADD = \frac{C \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365},$$

де *LADD* – середня добова доза або надходження (I), мг/(кг·добу);

$C$  – концентрація речовини в забрудненому середовищі, мг/л, мг/м<sup>3</sup>, мг/см<sup>2</sup>, мг/кг;

$CR$  – швидкість надходження впливаючого середовища (питної води, повітря, продуктів харчування і так далі), л/добу, м<sup>3</sup>/добу, кг/добу та ін.;

$ED$  – тривалість дії, років;

$EF$  – частота дії, днів/рік;

$BW$  – маса тіла людини, кг;

$AT$  – період усереднювання експозиції (для канцерогенів  $AT = 70$  років);

365 – число днів в році.

Для умов довічної експозиції в житловій зоні, тривалість якої включає більш одного вікового періоду життя, враховувалася дія: на дітей до 6 років, від 6 років до 18 років, на дорослих від 18 років. Для гострої дії розрахунок здійснювався за середніми параметрами людини.

В якості змінних виступає час усереднення експозиції, який залежить від виду токсичних ефектів, що оцінюються (табл. 3.2).

На останньому етапі розраховується довічна добова доза ( $LADD$ ) з однієї або декількох хронічних добових доз ( $ADDch$ ), як середньозважена доза для трьох періодів життя за формулою:

$$LADD = \frac{(ED_b \cdot ADDch_b) + (ED_c \cdot ADDch_c) + (ED_a \cdot ADDch_a)}{AT},$$

де  $LADD$  – довічна середня добова доза, мг/(кг·день);

$ED_b$  – тривалість експозиції для дітей молодшого віку (0 – < 6 років) – 6 років;

$ED_c$  – тривалість експозиції для дітей старшого віку (6 – < 18 років) – 12 років;

$ED_a$  – тривалість експозиції для дорослих (18 і більше років) – 18 років;

*ADDchb* – хронічна середня добова доза для дітей молодшого віку, мг/(кг·день);

*ADDchc* – хронічна середня добова доза для дітей старшого віку, мг/(кг·день);

*ADDcha* – хронічна добова доза для дорослого, мг/(кг·день);

*AT* – час осереднення, число років.

Таблиця 3.2 – Характеристика експозиції [16]

Параметр	Характеристика	Стандартне значення
<i>CR</i>	Швидкість надходження, м <sup>3</sup> /день	діти до 6 років – 4; діти від 6 до 18 років – 20; дорослі від 18 років – 22; середня людина – 20
<i>EF</i>	Частота дії, днів/рік	сценарій селітебний – 350
<i>ED</i>	Тривалість дії, років	діти до 6 років – 6; діти від 6 до 18 років – 12; дорослі від 18 років – 52; канцерогени – 70
<i>BW</i>	Маса тіла, кг	діти до 6 років – 15; діти від 6 до 18 років – 42; дорослі від 18 років – 70; середня людина – 60
<i>AT</i>	Період усереднювання експозиції, років	діти до 6 років – 6; діти від 6 до 18 років – 12; дорослі від 18 років – 52; канцерогени – 70

Тривалість впливу є ряд років, протягом яких триває даний спосіб впливу. У знаменнику стоїть середній час – період, на який усереднюється загальна доза або розподіляється пропорційно по блоках років.

Для канцерогенних ефектів середній час враховує тривалість життя людини, незважаючи на тривалість впливу.



Для умов експозиції в житловій зоні, тривалість якої може бути більше одного вікового періоду життя, необхідно розраховувати добову і хронічну *ADD* окремо для кожного періоду життя, тому що різним віковим періодам властиві специфічні значення величин контакту і маси тіла. [15]

### 3.2.3 Оцінка залежності «доза – відповідь»

**Оцінка залежності «доза–відповідь»** – це процес кількісної характеристики токсикологічної інформації і встановлення зв'язку між впливаючою дозою (концентрацією) забруднюючої речовини і випадками шкідливих ефектів у популяції, що експонується.

Аналіз залежності «доза–відповідь» **передбачає** встановлення причинної обумовленості розвитку шкідливого ефекту при дії даної речовини, виявлення найменшої дози, що викликає розвиток спостережуваного ефекту, та визначення інтенсивності зростання ефекту при збільшенні дози.

#### **Міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що [15,16]:**

- канцерогенні ефекти при впливі хімічних канцерогенів, що володіють генотоксичною дією, можуть виникати при будь-якій дозі, що викликає ініціювання пошкоджень генетичного матеріалу;
- для неканцерогенних речовин і канцерогенів з негенотоксичним механізмом дії передбачається існування порогових рівнів, нижче яких шкідливі ефекти не виникають.

**Метою даного етапу** є узагальнення та аналіз всіх наявних даних по гігієнічним нормативам, безпечним рівням впливу (референтних дозах і концентраціях), критичним органам/системам і шкідливим ефектам, а також оцінка застосовності цих даних для вирішення завдань, поставлених у проекті з оцінки ризику.

На даному етапі здійснюється спільний аналіз якісних даних про

показники небезпеки аналізованої хімічної сполуки, отриманих в процесі ідентифікації небезпеки, і відомостей про кількісні параметри залежностей «концентрація (доза) – відповідь».

Оцінка ризику суто конкретна і оцінює ризик розвитку конкретних шкідливих ефектів та/або ступінь правдоподібності поразки певних органів і систем організму людини.

Орієнтуватися слід на той шкідливий ефект, який виникає при дії найменшої з ефективних доз (критичний ефект, критичні органи / системи). Такий підхід використовується при встановленні референтних рівнів впливу хімічних речовин. При цьому, однак, не слід ігнорувати й інші шкідливі ефекти, що виникають при дозах, які перевищують порогову.

Характеристиками залежності «доза – відповідь», які використовуються для оцінки канцерогенного ризику, а також ризиків для здоров'я при впливі деяких найбільш поширених хімічних забруднень є [25,26]:

– величина нахилу залежності, що відображає зростання ймовірності розвитку шкідливої реакції при збільшенні дози (концентрації) на 1 мг/кг або 1 мг/м<sup>3</sup>;

– рівень впливу, пов'язаний з певною ймовірністю ефекту (показники цієї групи застосовуються для встановлення реперних, тобто опорних доз і концентрацій).

Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів використовуються такі показники залежностей «доза – відповідь», як максимальна недіюча доза і мінімальна доза, що викликає пороговий ефект (для неканцерогенів і канцерогенів, що володіють негенотоксичним механізмом дії). Ці показники є основою для встановлення рівнів мінімального ризику – **референтних доз (RfD)** і **концентрацій (RfC)** хімічних речовин.

**Референтна доза/концентрація (RfD/RfC)** – добовий вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, імовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров'я у чутливих груп населення.

Їх застосування характеризує правдоподібність відсутності шкідливих реакцій. Перевищення референтної (безпечної) дози не обов'язково пов'язане з розвитком шкідливого ефекту: чим вище впливаюча доза і чим більше вона перевершує референтну, тим вище ймовірність появи шкідливих відповідей.

### **3.2.4 Характеристика ризику для здоров'я населення**

Характеристика ризику інтегрує дані про небезпеку аналізованих хімічних речовин, величину експозиції, параметри залежності «доза–відповідь», отримані на всіх попередніх етапах досліджень, з метою кількісної та якісної оцінки ризику, виявлення та оцінки порівняльної значущості існуючих проблем для здоров'я населення.

На цьому етапі здійснюється розгляд всіх припущень, наукових гіпотез і невизначеностей, які здатні спотворити результати аналізу ризику і кінцеві висновки.

Характеристика ризику є сполучною ланкою між оцінкою ризику для здоров'я та управлінням ризиком.

**Характеристика ризику здійснюється у відповідності з наступними етапами.**

1. Узагальнення результатів оцінки експозиції і залежностей «доза (концентрація) – відповідь».
2. Розрахунок значень ризику для окремих маршрутів і шляхів надходження хімічних речовин.
3. Розрахунок ризиків для умов агрегованої (надходження однієї хімічної сполуки в організм людини всіма можливими шляхами з різних об'єктів навколишнього середовища) і кумулятивної (одночасний вплив декількох хімічних речовин) експозиції.
4. Виявлення та аналіз невизначеностей оцінки ризику.

5. Узагальнення результатів оцінки ризику та представлення отриманих даних особам, що беруть участь в управлінні ризиками [16].

**Провідними принципами характеристики ризику є [16]:**

- інтеграція інформації, отриманої в процесі ідентифікації небезпеки, оцінки експозиції та залежності «доза – відповідь»;
- характеристика та обговорення факторів невизначеностей та варіабельності результатів;
- представлення інформації про характеристики ризику у зрозумілій і доказовій формі з вказівкою на достовірність та обмеження характеристик ризику.

У процесі характеристики ризиків використовується **величина умовно прийнятого ризику** – ймовірність настання події, негативні наслідки якої настільки незначні, що заради одержуваної вигоди від фактору ризику людина, або група людей, або суспільство в цілому готові піти на цей ризик.

**Оцінка ризику канцерогенних ефектів. Характеристика канцерогенного ризику здійснюється поетапно [16].**

1. Узагальнення та аналіз всієї наявної інформації про шкідливі фактори, особливості їх дії на організм людини, рівні експозиції.
2. Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику для кожної речовини, що надходить в організм людини аналізованими шляхами.
3. Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику для кожного канцерогенного компонента досліджуваної суміші хімічних речовин, а також сумарного канцерогенного ризику для всієї суміші.
4. Розрахунок сумарних канцерогенних ризиків для кожного з аналізованих шляхів надходження, а також загального сумарного канцерогенного ризику для всіх речовин і всіх аналізованих шляхів їх надходження в організм.
5. Розрахунок популяційних канцерогенних ризиків.
6. Обговорення та оцінка джерел невизначеності та варіабельності результатів характеристики ризику.

### 7. Узагальнення та представлення результатів характеристики ризику.

Розрахунок **індивідуального канцерогенного ризику** здійснюється з використанням даних про величину експозиції та значення факторів канцерогенного потенціалу (фактор нахилу, одиничний ризик). Як правило, для канцерогенних хімічних речовин додаткова вірогідність розвитку раку у індивідуума на всьому протязі життя (ICR) оцінюється з урахуванням середньодобової дози протягом життя (LADD):

$$ICR = LADD \cdot SF,$$

де *LADD* – середньодобова доза протягом життя, мг/(кг·день);

*SF* – фактор нахилу, (мг/(кг·день))<sup>-1</sup>.

При застосуванні величини **одиничного ризику** розрахункова формула набуває вигляду:

$$ICR = LADC \cdot UR,$$

або

$$ICR = C \cdot UR,$$

де *LADC* – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м<sup>3</sup>;

*UR* – одиничний ризик, (мг/м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>;

*C* – середня річна концентрація *i*-тої речовини.

Одиничний ризик розраховують із використанням величини *SF*, стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м<sup>3</sup>):

$$UR_i \text{ (мг/м}^3\text{)} = SF_i \text{ (мг/кг}\cdot\text{доба)}^{-1} \times 1/70 \text{ кг} \times 20 \text{ (м}^3\text{/доба)}.$$

Визначення величин **популяційних канцерогенних ризиків (PCR)**, що відображають додаткове (до фонового) число випадків злоякісних новоутворень, здатних виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора, проводиться за формулою:

$$PCR = ICR \cdot POP,$$

де *ICR* – індивідуальний канцерогенний ризик;

*POP* – чисельність досліджуваної популяції, чол.

При порівняльній характеристиці ризику іноді використовують величину **популяційного річного ризику (PCRa)**, що являє собою розраховану кількість додаткових випадків раку протягом року:

$$PCRa = \frac{ICR \cdot POP}{70}.$$

Індивідуальний та популяційний канцерогенні ризики характеризують верхню межу можливого канцерогенного ризику протягом періоду, відповідного середньої тривалості життя людини (70 років).

При поглибленому аналізі канцерогенних ризиків, пов'язаних з впливом хімічних речовин, що відносяться до груп 1, 2А за класифікацією МАВР, доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюється окремо для кожної виділеної групи (наприклад, рак легенів, пухлини печінки тощо) [15].

**Класифікація рівнів канцерогенного ризику** зображено в табл. 3.3.

У відповідності з цими критеріями **перший діапазон** канцерогенного

ризик (індивідуальний ризик протягом усього життя, рівний або менший  $1 \cdot 10^{-6}$ , що відповідає одному додатковому випадку серйозного захворювання або смерті на 1 млн. експонованих осіб) характеризує такі рівні ризику, які сприймаються усіма людьми як зневажливо малі, що не відрізняються від звичайних, повсякденних ризиків (**рівень De minimis** –  $ICR \leq 10^{-6}$ ). Подібні ризики не вимагають ніяких додаткових заходів щодо їх зниження, і їх рівні підлягають тільки періодичному контролю.

Таблиця 3.3 – Класифікація рівнів канцерогенного ризику [16]

Рівень ризику	Ризик протягом життя
<b>Високий (De Manifestis)</b> – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
<b>Середній</b> – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
<b>Низький</b> – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
<b>Мінімальний (De Minimis)</b> – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$<10^{-6}$

**Другий діапазон**  $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$ , індивідуальний ризик протягом усього життя більше  $1 \cdot 10^{-4}$ , але менше межі прийнятного ризику  $1 \cdot 10^{-6}$  і відповідає гранично допустимому ризику. Саме на цьому рівні встановлено більшість зарубіжних і рекомендованих міжнародними організаціями гігієнічних нормативів для населення в цілому (наприклад, для питної води ВООЗ в якості допустимого ризику використовує величину  $1 \cdot 10^{-5}$ , для атмосферного

повітря –  $1 \cdot 10^{-4}$ ). Дані рівні підлягають постійному контролю. У деяких випадках при таких рівнях ризику можуть проводитися додаткові заходи щодо їх зниження.

**Третій діапазон**  $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , індивідуальний ризик протягом усього життя більше  $1 \cdot 10^{-3}$ , але менше  $1 \cdot 10^{-4}$ , прийнятний для професійних груп і неприйнятний для населення в цілому. Поява такого ризику потребує розробки та проведення планових оздоровчих заходів. Планування заходів щодо зниження ризиків у цьому випадку має ґрунтуватися на результатах більш поглибленої оцінки різних аспектів існуючих проблем і встановленні ступеня їх пріоритетності по відношенню до інших гігієнічних, екологічних, соціальних і економічних проблемам на даній території.

**Четвертий діапазон**  $ICR \geq 10^{-3}$ , індивідуальний ризик протягом усього життя рівний або більш  $1 \cdot 10^{-3}$ , неприйнятний ні для населення, ні для професійних груп. Даний діапазон позначається як **De manifestis Risk**, і при його досягненні необхідно давати рекомендації для проведення екстрених оздоровчих заходів щодо зниження ризику.

При плануванні довгострокових програм, встановлення регіональних гігієнічних нормативів доцільно орієнтуватися на величину **цільового ризику** – такого рівня ризику, який має бути досягнутий у результаті проведення заходів з управління ризиком. У більшості країн, а також у рекомендаціях експертів ВООЗ величина цільового ризику приймається рівною  $10^{-6}$ .

Величина цільового ризику для умов населених місць в Україні становить  $10^{-5} - 10^{-6}$ .

При обґрунтуванні заходів щодо зниження ризику розвитку онкологічних захворювань значення цільового ризику являє собою сумарний канцерогенний ризик, пов'язаний з канцерогенним ефектом всіх виявлених канцерогенних речовин.

При виборі величини прийнятного ризику для канцерогенів в умовах населених місць зазвичай орієнтуються на ступінь доведеності



канцерогенності досліджуваного фактора для людини, чисельність населення, схильного до впливу, технічну досяжність профілактичних і технологічних заходів. [15]

### **3.3 Управління ризиком**

Управління ризиком є логічним продовженням оцінки ризику. Основні завдання управління ризиком – порівняльне вивчення факторів ризику, установлення вагомості ризиків, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів, обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень з усунення або мінімізації ризику, а також оцінка ефективності і корегування оздоровчих заходів. Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тих вигод, які будуть отримані в результаті реалізації заходів. [15]

### **3.4 Інформування про ризик**

Останнім етапом методології аналізу ризику є інформування про ризик. Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю.

На їх основі органи санепідслужби спільно з адміністративними органами, з огляду на пріоритетність як окремих джерел забруднення, так і

провідних чинників, які формують найбільш високий і небезпечний рівень ризику для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища, розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження.

Цей аспект є принципово новим і відрізняє концепцію ризику від попередніх концепцій, що використовувались при оцінці небезпеки впливу шкідливих факторів оточуючого середовища на населення. [16]

### **3.5 Висновки до 3 розділу**

В третьому розділі наведено загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме: ідентифікацію небезпеки, оцінку експозиції, характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза–відповідь»), характеристику ризику.

Згідно методології розрізняють 4 рівні канцерогенного ризику: високий, середній, низький та мінімальний.

При плануванні довгострокових програм, встановлення регіональних гігієнічних нормативів доцільно орієнтуватися на величину цільового ризику – такого рівня ризику, який має бути досягнутий у результаті проведення заходів з управління ризиком. Величина цільового ризику для умов населених місць в Україні лежить в межах низького рівня.

## РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ФОРМАЛЬДЕГІДОМ

### 4.1 Характеристика об'єкту дослідження

Місто Запоріжжя – обласний центр Запорізької області, один з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. В зоні впливу Запоріжжя як обласного центра розташовано 14 міст, 23 селища міського типу, багато сіл. Чисельність мешканців міста на 1 січня 2018 року складає 745 тис. чол., що є шостим показником в Україні.

До складу міста входить близько 1300 проспектів, вулиць, провулків та площ. Візитівка Запоріжжя – головна вулиця міста, проспект Соборний, який простягнувся на 10,8 км через чотири райони міста.

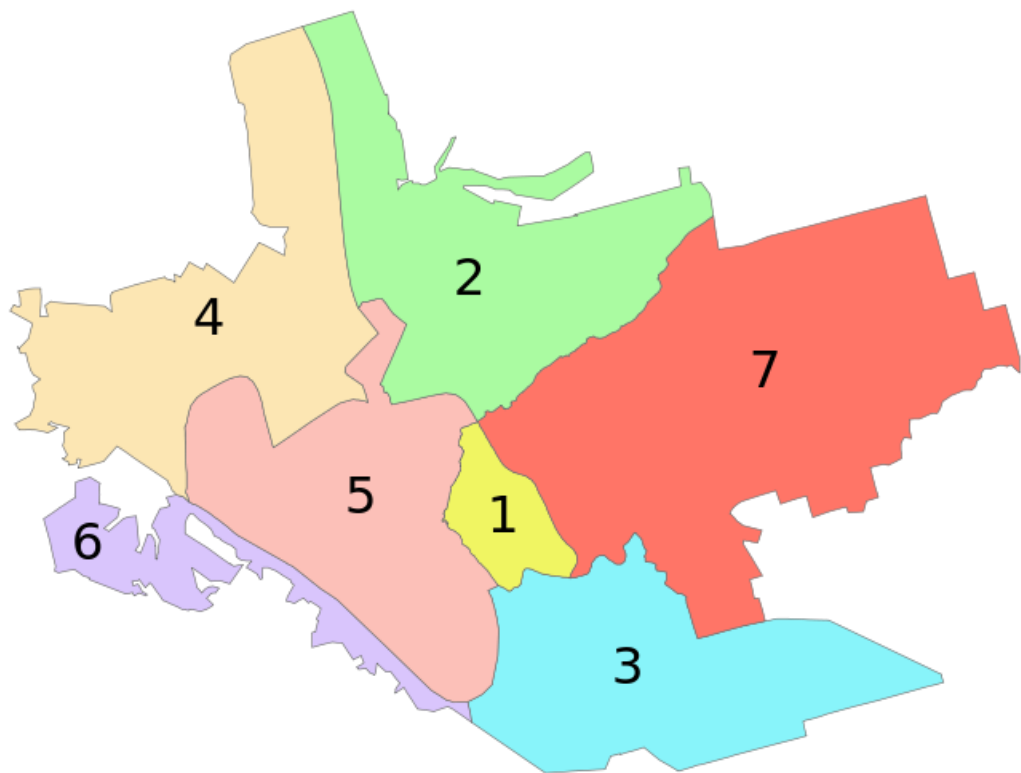
Запоріжжя сусідить з Запорізьким, Вільнянським, Оріхівським, Василівським і Кам'янсько–Дніпровським районами Запорізької області. У складі області місто ділить кордони з Дніпропетровською, Донецькою та Херсонською областями, південний кордон проходить вздовж узбережжя Азовського моря.

Запоріжжя – важливий транспортний вузол півдня України. Транспортна інфраструктура міста включає шляхи зовнішнього сполучення, внутрішню транспортну мережу і мережу громадського пасажирського транспорту.

Запоріжжя розкинулося на обох берегах Дніпра, між якими розташований острів Хортиця. Площа міста – 331 кв. км, і це п'яте за площею місто України. Водні ресурси займають 13% території, промислові та складські об'єкти розмістилися на 24%, під сільське господарство використовуються 18%, решту займає житлова забудова.

Місто розділене на сім адміністративних районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький, Шевченківський. Центром міста вважається лівобережна частина Дніпровського району, Вознесенівський та Олександрівський райони(рис 4.1). У Заводському районі зосереджені промислові підприємства, але також є житлові масиви. Решта районів – переважно спальні [17].

Об'єктом дослідження було обрано Заводський та Вознесенівський райони міста.



1 – Олександрівський; 2 – Заводський; 3 – Комунарський; 4 – Дніпровський;  
5 – Вознесенівський; 6 – Хортицький; 7 – Шевченківський

Рисунок 4.1 – Райони міста Запоріжжя

#### 4.1.1 Характеристика Вознесенівського району

Вознесенівський район створено в 1939 році, з того часу його географія неодноразово змінювалася: в 1969 році частина території відійшла до Заводського району, а в 1995 році до Вознесенівського району було включено о. Хортицю та о. Байду.

Загальна площа Вознесенівського району складає 50,78 кв.км.: 91 вулиця, 12 провулків, 3 бульвари (Центральний, Гвардійський, Шевченка), 2 проспекти (Соборний—в межах району, Маяковського), 4 площі (Профспілок, Фестивальна, Маяковського та Поляка), майдан Героїв, Набережна магістраль в межах району, 5 парків площею 38,3 га та 11 скверів площею 15,0 га.

На сьогодні Вознесенівський район межує:

- з Олександрівським районом –по річці Капустянка;
- з Комунарським районом –по річці Дніпро (нове русло);
- з Хортицьким районом –по річці Дніпро (старе русло);–з Дніпровським районом –по залізничній колії (вул.12 Квітня);
- з Заводським районом –по Південному шосе та залізничній колії.

Вознесенівський район є адміністративним, промисловим, торговим, культурним та оздоровчим центром м. Запоріжжя з розвинутою соціальною інфраструктурою. Чисельність постійного населення в районі складає 101,5 тисяч чоловік [17].

Найбільшою мірою соціально–економічний стан Вознесенівського району визначають такі галузі народного господарства:

- кольорова металургія: ПрАТ "Український графіт", ПАТ "Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат";
- машинобудування: ПАТ "Запорізький електроапаратний завод", ПАТ "Завод „Запоріжавтоматика", ТОВ "Запорізький авторемонтний завод";

- харчова промисловість: ТОВ "ФІРМА "Стелсі", ТОВ УІ „Урожай”, ТОВ "Квас БЕВЕРИДЖИС", ТОВ "ТД "Славія”;
- поліграфічна промисловість: КП “Запорізька міська друкарня “Дніпровський металург”, ТОВ "Видавничий будинок "Кераміст", ТОВ „Виробничо–комерційна фірма Рома”;
- будівельна промисловість: ПрАТ "БІАС", ВАТ “Запорізький комбінат будівельних матеріалів”, ТОВ УІ „Харвест–індустріалес”. [18]

#### 4.1.2 Характеристика Заводського району

Заводський район – адміністративний район Запоріжжя, утворений 23 травня 1969 року Указом Президії Верховної Ради УРСР шляхом виділення з території Орджонікідзевського району. Назва походить від слова "завод", що вказує на основне джерело роботи мешканців району. Житлова частина району в повсякденному мовленні називається Павло-Кічкас [17].

У районі 733 багатоповерхових будинків, з них: 51 будинок об'єднань співвласників багатоповерхових будинків, 4 ЖБК, 11 гуртожитків, іншої міської комунальної форми власності (житловий фонд КП «Наше місто») та 6104 будинків приватного сектору [19].

Основними видами промислової діяльності в районі є металургія, так у районі зосереджено більшість великих промислових підприємств міста, зокрема ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь», ПрАТ «Запоріжжкокс», ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Запоріжвогнетрив», ТОВ «Запорізький титано–магнієвий комбінат», та інші.

- ПАТ «Запоріжсталь» – одне з провідних підприємств металургійної галузі. Третій за масштабами виробник металопродукції в Україні;

- ПАТ «Дніпроспецсталь» – єдине підприємство в Україні, яке спеціалізується на випуску спецсталей: сортового прокату, сталі, що калібрується, а також підшипникової, безнікелевої, хромонікелевої;

- ПАТ «Запорізький завод феросплавів» – один з найбільших в Європі виробник феросплавів не тільки за обсягами виробництва, а й по продукції, що випускається номенклатурі сплавів. Частка виробництва підприємства в Україні становить 30–35%, в світовому обсязі феросплавів –1–2%;

- ПАТ «Запоріжвогнетрив» – одне з найбільших в Україні підприємств з випуску вогнетривких виробів і матеріалів високої якості, а за асортиментом продукції йому немає рівних у світі. «Запоріжвогнетрив» – це 200 тисяч тонн вогнетривів, 5 тисяч штук карбідкремнієвих електронагрівачів, 74 тисячі тонн неформованих матеріалів в рік.

- Запорізький титано–магнієвий комбінат – єдиний виробник титанової губки в Європі, а нова продукція – результат глибокої переробки титану, яка відкриває для підприємства нові ринки збуту в Європі та Азії. Титанові зливки, а також сляби (зливки прямокутного перерізу) широко застосовуються як конструкційний матеріал в атомній енергетиці, хімічному машинобудуванні, суднобудуванні та в багатьох інших промислових галузях [17].

Для відпочинку в районі існує 7 скверів та 1 парк: парк по Північному шосе (55020 м<sup>2</sup>), сквери по вул. Євпаторійській/Глазунова (6000 м<sup>2</sup>), по вул. Билкіна (65573 м<sup>2</sup>), ім.Олександра Бірюка (14512 м<sup>2</sup>), по вул. Демократичній (12000 м<sup>2</sup>), по вул. Магнітній (4896 м<sup>2</sup>), по вул. Лассаля (5415 м<sup>2</sup>), ім. 30–річчя визволення від фашистських загарбників (50619 м<sup>2</sup>). А також зона відпочинку по вул. лейтенанта Шмідта, загальна площа якої складає 12218 м<sup>2</sup>. [19]

## 4.2 Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів формальдегіду

Характеристика сценарію і маршруту впливу забруднюючих речовин, обраних для умов Вознесенівського та Заводського районів, представлена в табл. 4.1.

Пріоритетним шляхом надходження забруднюючих речовин в організм людини є інгаляційний шлях, аналізованим середовищем визначено – атмосферне повітря.

Таблиця 4.1 – Сценарій і маршрут впливу забруднюючих речовин

Елементи аналізу експозиції	Характеристика експозиції			
Агенти	хімічна забруднююча речовина			
Джерела	антропогенні			
Шлях впливу	інгаляційний (дихання повітрям)			
Тривалість експозиції	канцерогенні ефекти – 70 років,			
Географічне охоплення	м. Запоріжжя, Вознесенівський та Заводський райони			
Період оцінки	2016 рік – 2020 рік (5 років)			
Тип впливу за часом контакту	гострий		хронічний (70 років)	
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)	≤ 6	6–18	18≥

Як джерела забруднення обрано такі об'єкти: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Український графіт», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано–магнієвий комбінат» та автотранспорт.

На даному етапі ідентифікації небезпеки встановлюються ступені доказу канцерогенності досліджуваної речовини для людини, визначаються умови реального прояву канцерогенного ефекту.

На даному етапі було проведено аналіз наявності даних відносно референтних рівнів при гострих та хронічних впливах хімічних речовин та



вказані ті критичні органи/системи та ефекти, які відповідають встановленим референтним дозам/концентраціям.

Для оцінки канцерогенного ризику для здоров'я населення в якості потенційного хімічного канцерогену розглядається речовина – формальдегід, який відноситься до 1 групи згідно класифікації Міжнародного агентства з вивчення раку (МАВР) (табл. 4.2). та має фактор канцерогенного потенціалу  $SF = 0,046$  мг/кг на добу.

Таблиця 4.2 – Параметри токсичності формальдегіду

Назва речовини	CAS	ГДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класифікація канцерогенів МАВР / ЕРА	RfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*	ARfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*
Формальдегід	50–00–0	0,035	0,003	2A/B1	0,003, ОД, ОЗ, ІС	0,048, ОД ОЗ

Примітка.\* ОД – вплив на органи дихання; кров – вплив на кровоносну систему; ОЗ – вплив на органи зору; ІС – вплив на імунну систему, включаючи розвиток алергічних реакцій.

Критеріями пріоритетності були:

- речовини, що володіють канцерогенною дією;
- речовини, включені до переліків пріоритетних хімічних речовин відповідно до ЕС, РФ, U.S. EPA;
- перевищення концентрацією ГДК;
- фактор канцерогенного потенціалу.

Пріоритетною речовиною обрано формальдегід.

Хронічне отруєння формальдегідом викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення, головні болі, розлад зору і координації, хронічну втому, сонливість, млявість,

загальмованість, розлад потовиділення, і регуляції температури тіла. Деякі дослідження здоров'я людей, що піддавалися впливу формальдегіду в повітрі на робочому місці, показали багато випадків раку носа.

### 4.3 Результати етапу оцінки експозиції формальдегіду

При визначенні експозиції з метою оцінки ризику для здоров'я населення, обумовленого техногенним забрудненням атмосферного повітря, найактуальнішим питанням було визначення експонованої популяції. Необхідно було встановити чисельність населення, на яке впливають шкідливі чинники такого забруднення.

Статистика населення за досліджуваний період з 2016 року по 2020 рік у Вознесенівському та в Заводському районі представлена в табл. 4.3. Вулиці на яких проводилися заміри концентрацій формальдегіду ДУ «Запорізьким обласним лабораторним центром Міністерства охорони здоров'я України» представлено в табл. 4.4.

Таблиця 4.3 – Статистика населення у Вознесенівському та в Заводському районах

Район м. Запоріжжя	Чисельність населення, чол				
	2016 рік	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Заводський	50 600	51 076	55 500	55 500	55 500
Вознесенівський	102 400	102 400.	101 500	101 500	101 500

Таблиця 4.4 – Досліджувані вулиці Вознесенівського та Заводського районів м. Запоріжжя ДУ «Запорізьким ОЛЦ МОЗ України»

№	Вознесенівський район	Заводський район
1	Рекордна	Фінальна
2	Незалежної України	Фундаментальна
3	бул. Центральний	Морфлотська
4	Волгоградська	Зразкова
5	Адмірала Нахімова	
6	Сєдова	
7	пр. Соборний	
8	бул. Шевченко	

Середня за рік концентрація формальдегіду, яка визначена у зонах замірів ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», представлені в додатку А (табл. А.1, табл. А.2).

#### 4.4 Результати етапу залежності «доза–відповідь» формальдегіду

ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» у Запорізькій області щотижнево надає дані моніторингу якості атмосферного повітря у місцях проживання, на автомагістралях та в зоні впливу промислових підприємств.

У період з 2016 року по 2020 рік середньорічні концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі міста Запоріжжя перевищує ГДК.

Вплив викидів формальдегіду на здоров'я населення представлено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Вплив викидів пріоритетних забруднюючих речовин на здоров'я населення

Формальдегід	Хронічне отруєння викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення, головні болі, розлад зору і координації, хронічну втоми, сонливість, млявість, загальмованість, розлад потовиділення, і регуляції температури тіла.
--------------	--

#### 4.5 Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення

Результати розрахунків канцерогенного ризику в Заводському та Вознесенівському районах в період з 2016 – 2020 роки представлено в публікаціях [1, 20-30].

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2016 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,55 \cdot 10^{-4} \div 6,92 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.2).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2017 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,62 \cdot 10^{-4} \div 2,36 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.3).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2018 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,91 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.4).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,6 \cdot 10^{-4} \div 4,3 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.5).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2020 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $2,8 \cdot 10^{-4} \div 3,5 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.6).

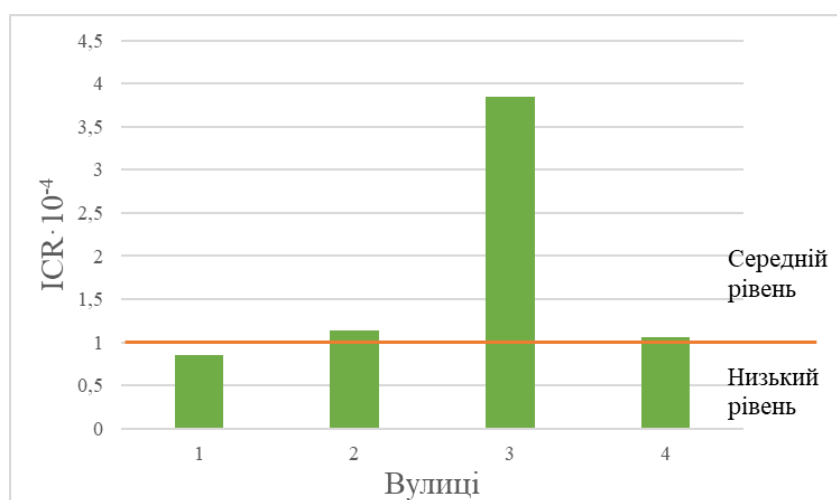


Рисунок 4.2 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2016 рік

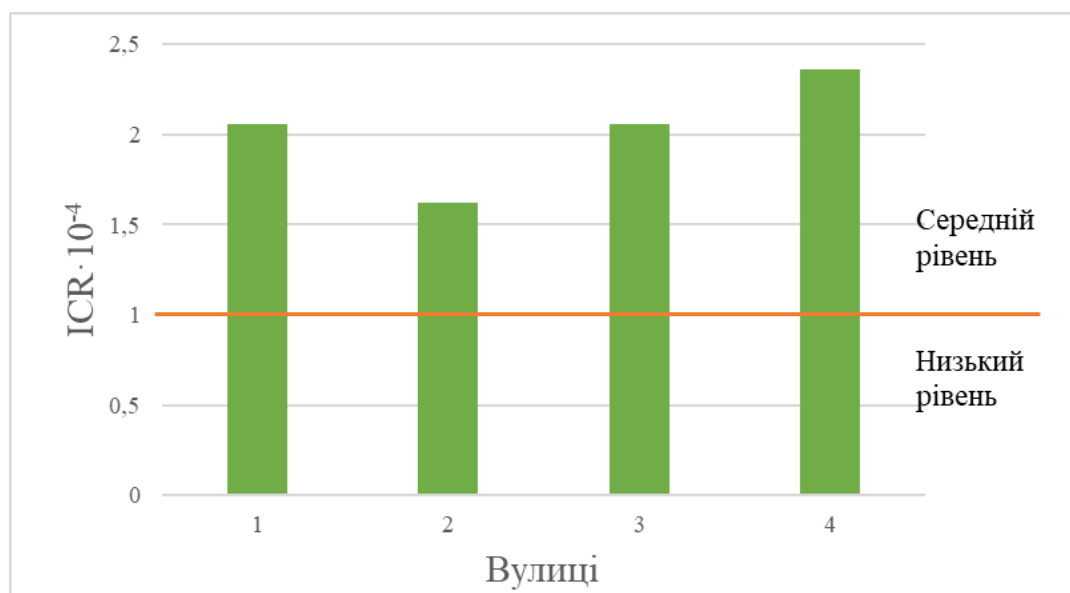


Рисунок 4.3 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2017 рік

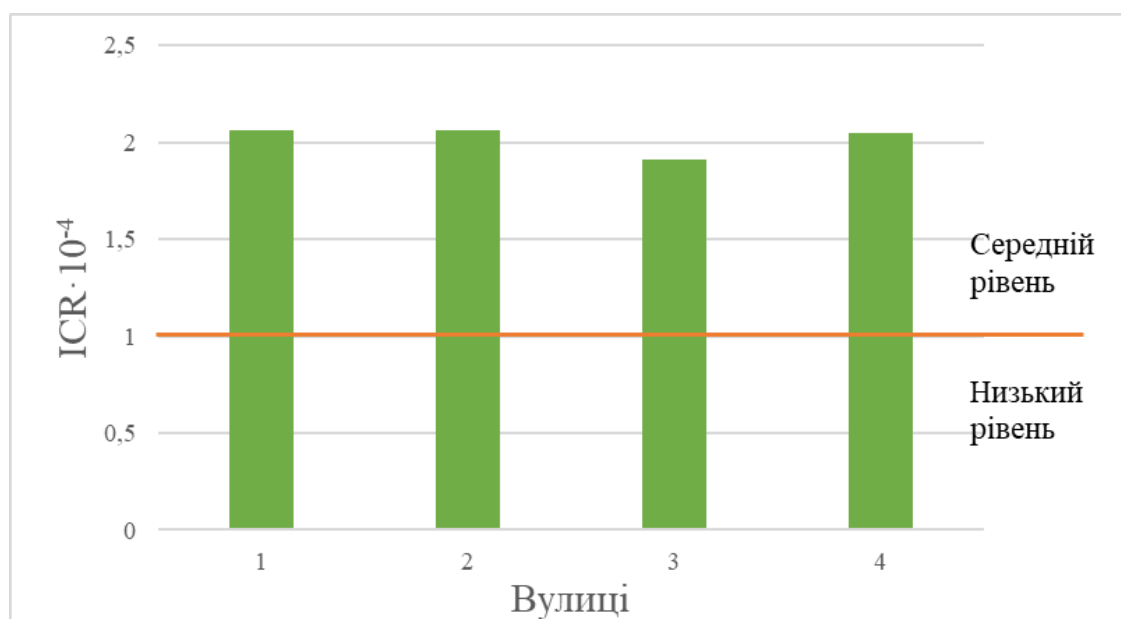


Рисунок 4.4 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2018 рік

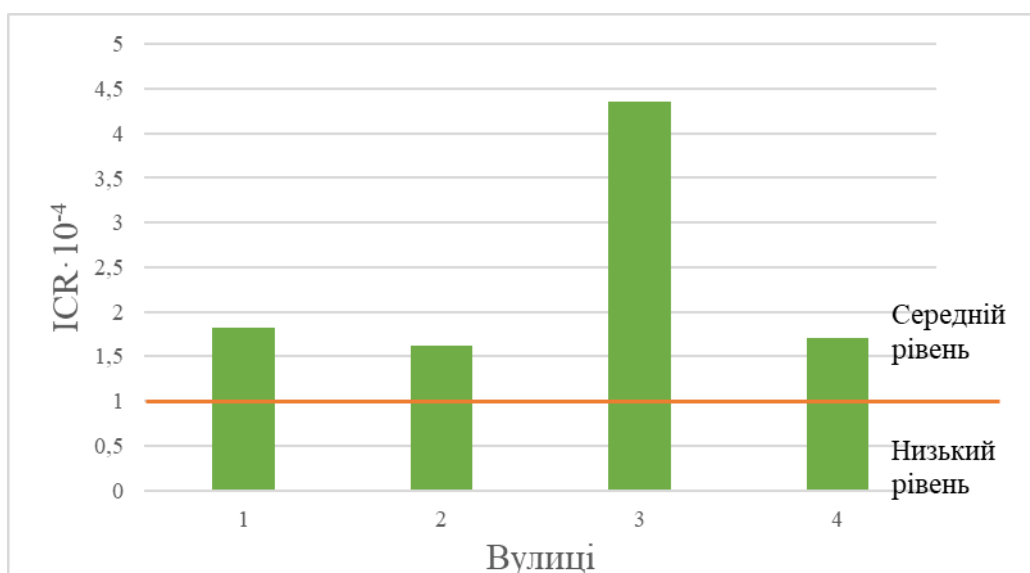


Рисунок 4.5 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 рік

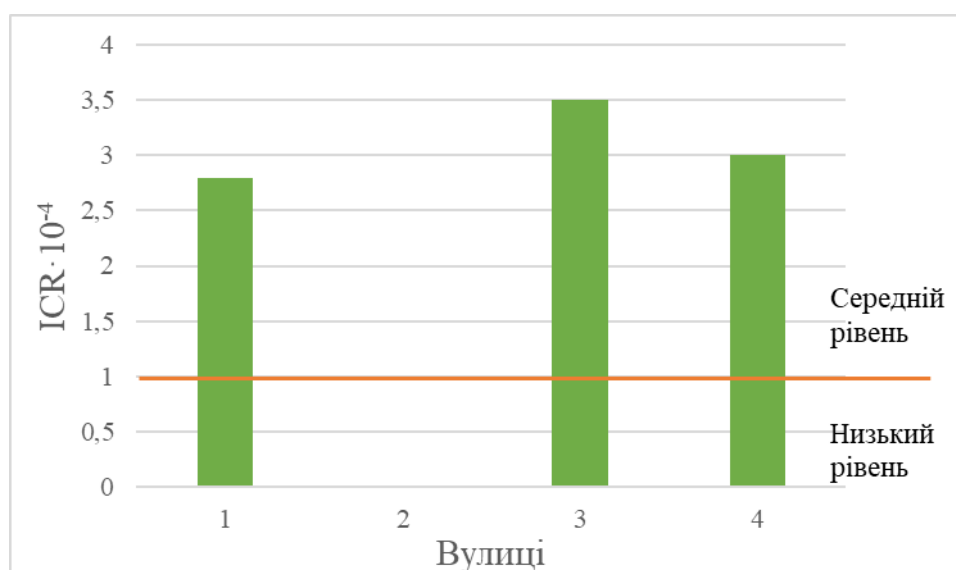


Рисунок 4.6 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2020 рік

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для

більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. Б, табл. Б.1) (рис. 4.7). Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $6,92 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,55 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на Фінальній вулиці.

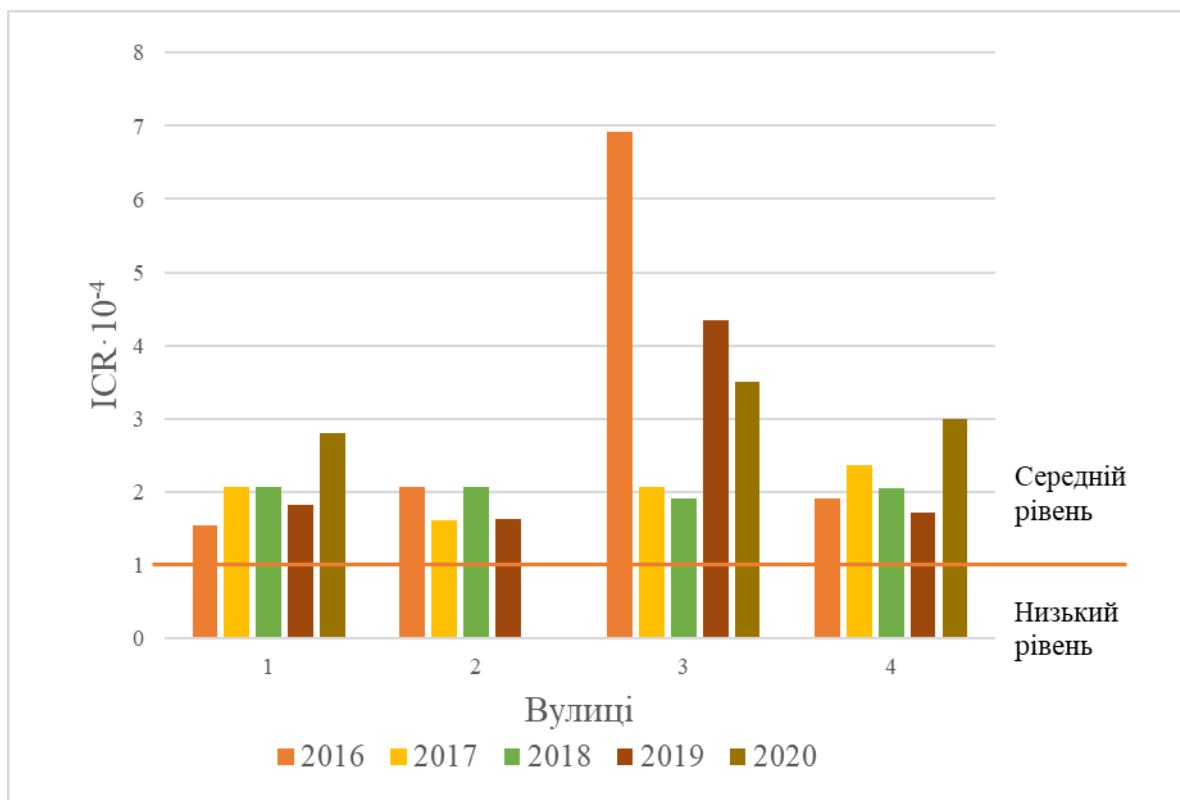


Рисунок 4.7 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Заводського району за досліджуваний період

Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Заводському районі склав –  $2,06 \cdot 10^{-4} \div 2,7 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) (дод. Б, табл. Б.4) (рис. 4.8). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.



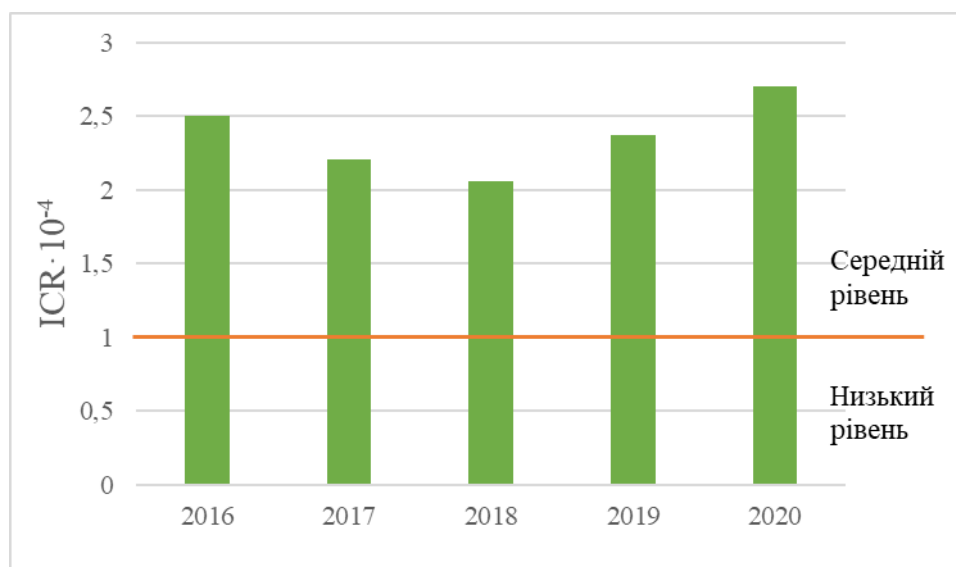


Рисунок 4.8 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі за досліджуваний період

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2016 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $0,857 \cdot 10^{-4} \div 3,84 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.9).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2017 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $0,899 \cdot 10^{-4} \div 1,31 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.10).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2018 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,1 \cdot 10^{-4} \div 1,4 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ ,

який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.11).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,05 \cdot 10^{-4} \div 2,82 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.12).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Заводського району в 2020 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,8 \cdot 10^{-4} \div 2,3 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.13).

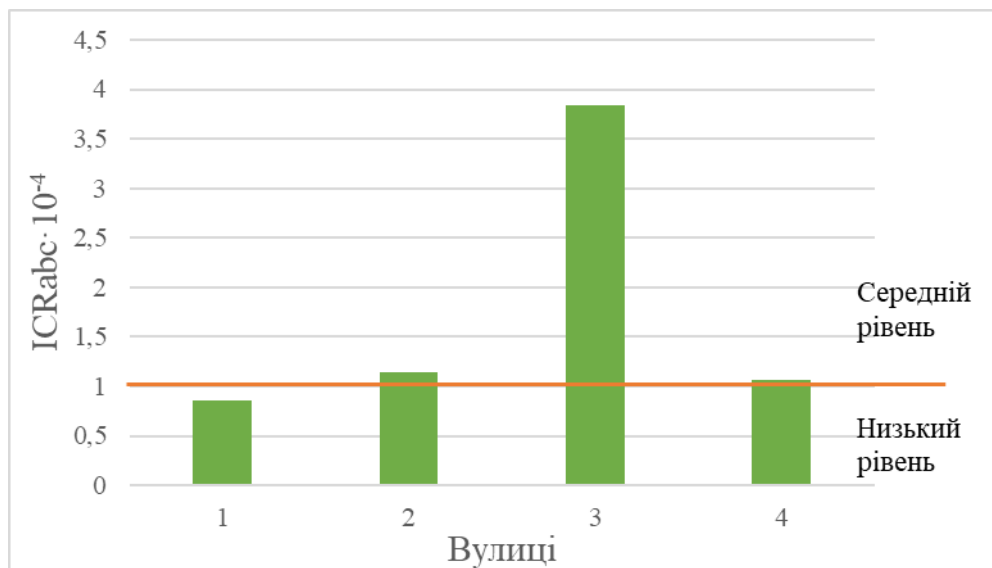


Рисунок 4.9 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2016 рік

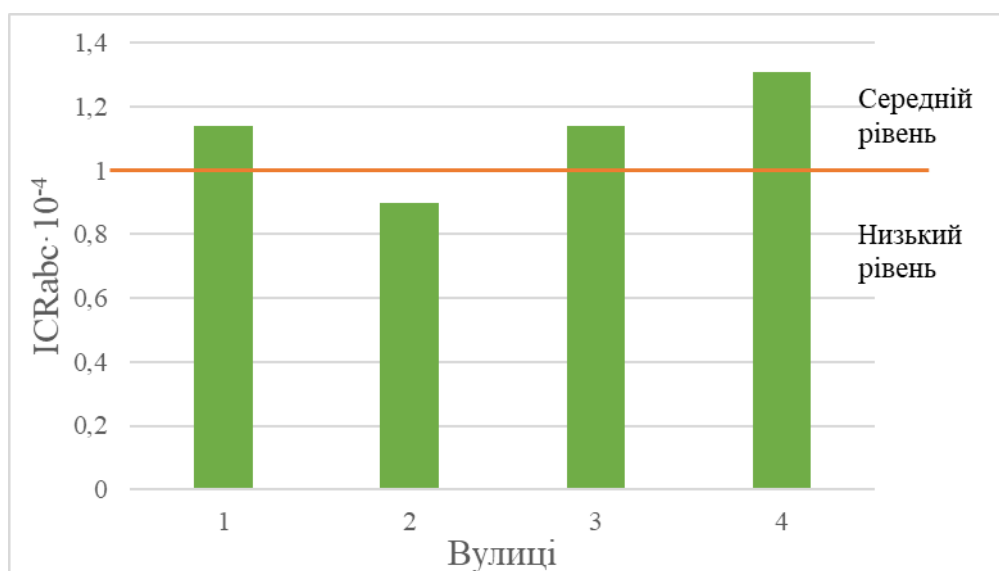


Рисунок 4.10 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2017 рік

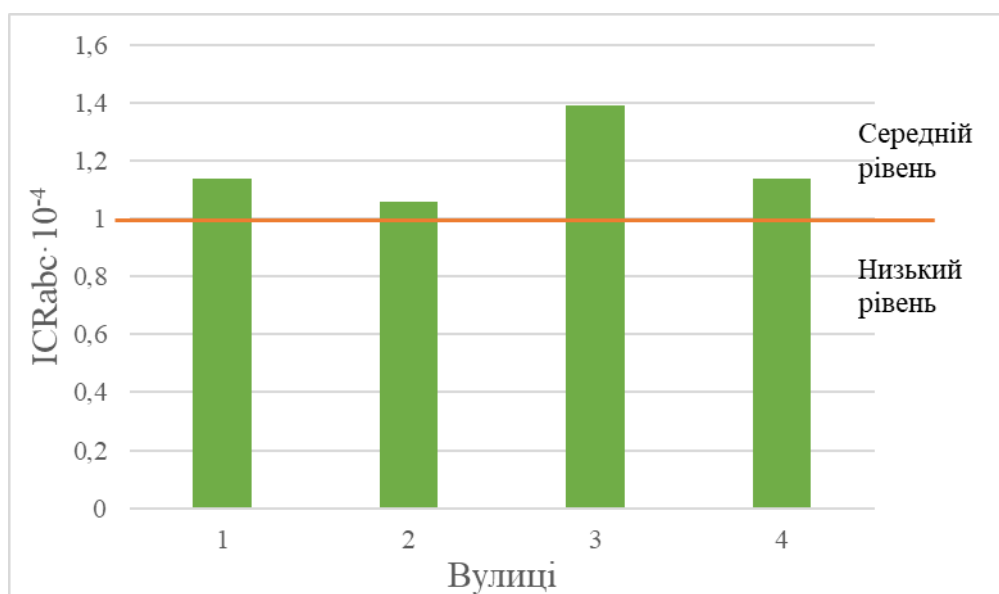


Рисунок 4.11 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2018 рік

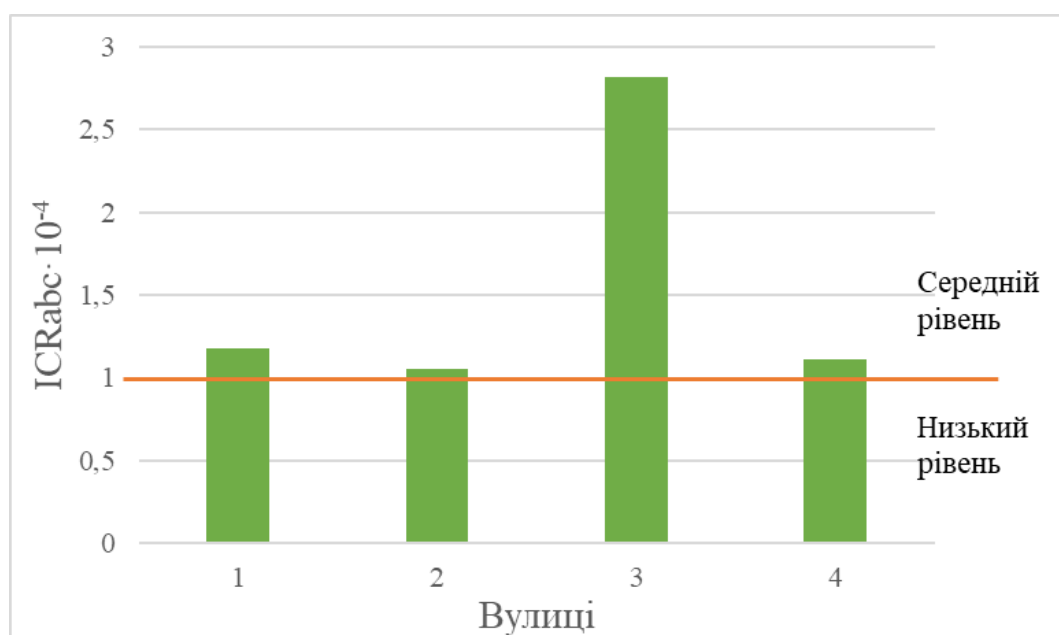


Рисунок 4.12 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 рік

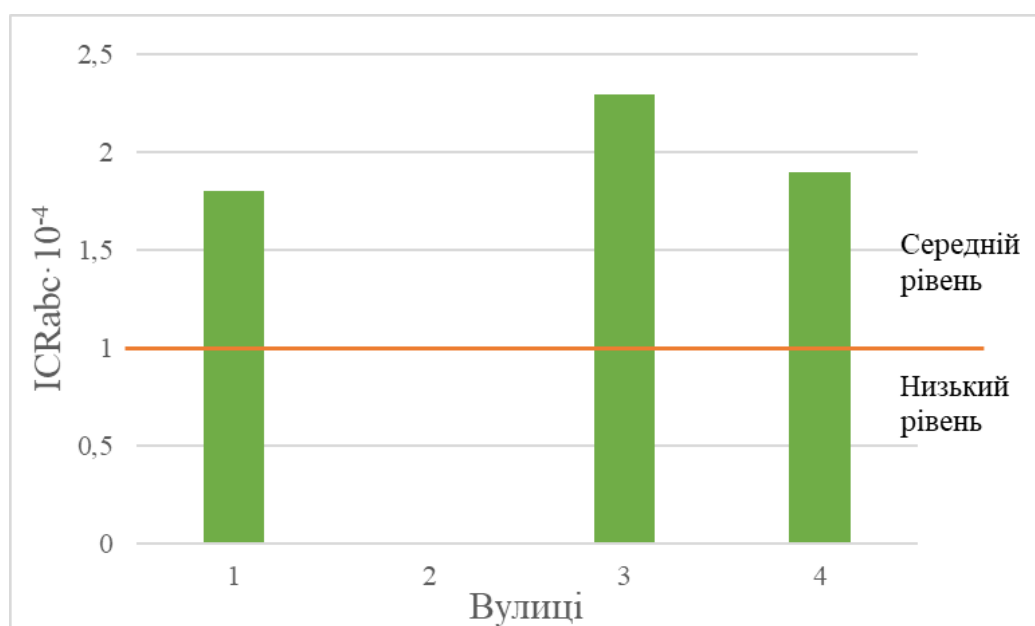


Рисунок 4.13 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за 2020 рік

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях

Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. Б, табл. Б.3) (рис. 4.14). Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,84 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $8,57 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році на Фінальній вулиці, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

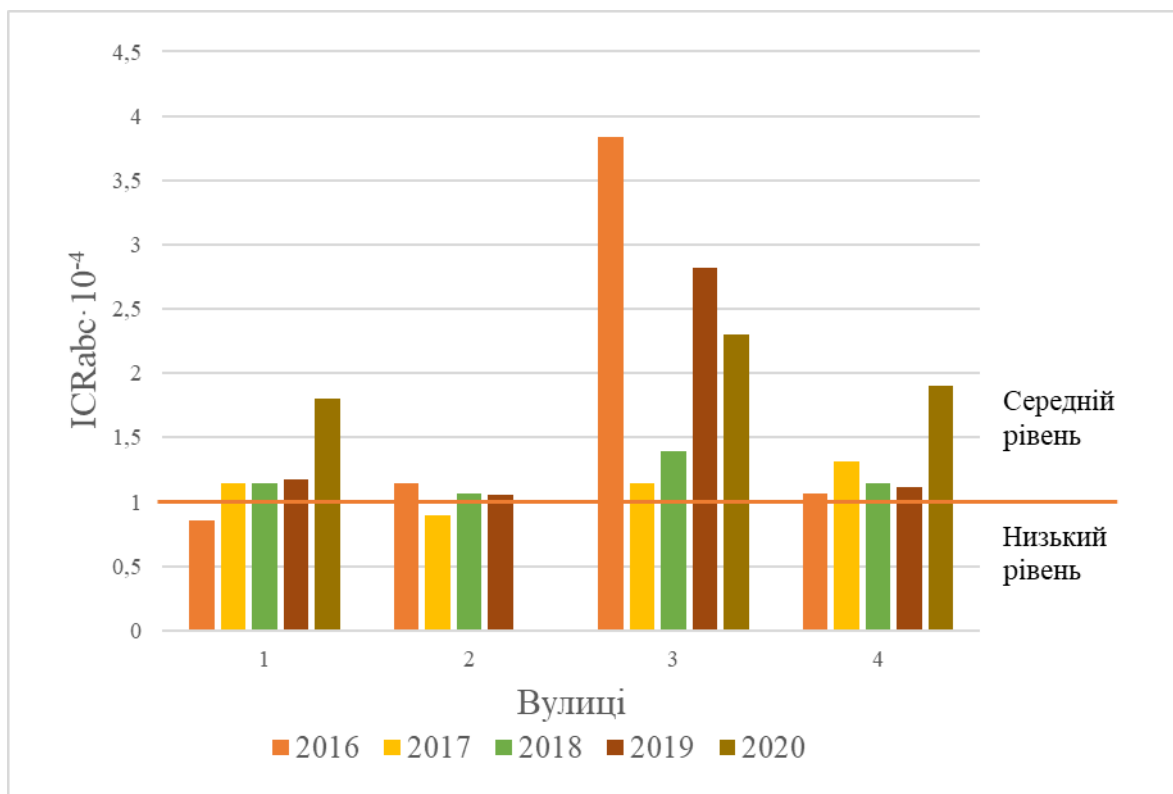


Рисунок 4.14 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського району за досліджуваний період

Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Заводському районі склав –  $1,23 \cdot 10^{-4} \div 1,8 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості

великих промислових міст) (дод. Б, табл. Б.4) (рис. 4.15). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.

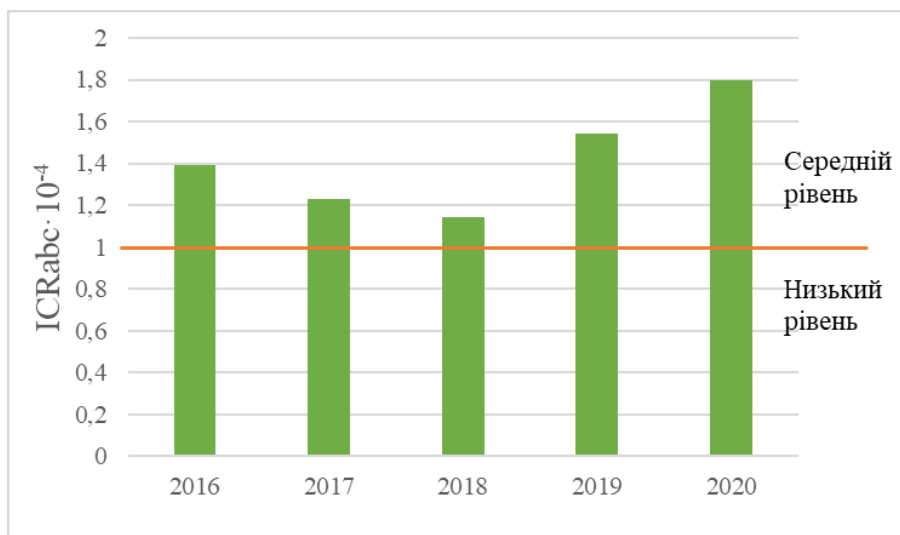


Рисунок 4.15 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії в Заводському районі за досліджуваний період

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Заводському районі складає 11,3÷13,8 (рис 4.16) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. Б, табл. Б.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Заводському районі складає 9,0÷6,3 (рис 4.17) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. Б, табл. Б.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Заводському районі складає 1,4÷2,5 (рис 4.16) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. Б, табл. Б.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Заводському районі складає  $1,14 \div 2,5$  (рис 4.17) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. Б, табл. Б.4).

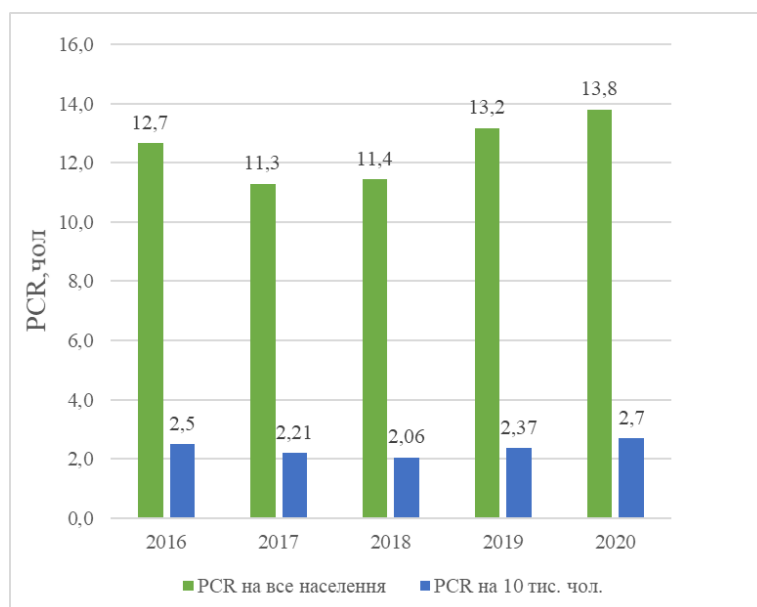


Рисунок 4.16 – Популяційний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі за досліджуваний період

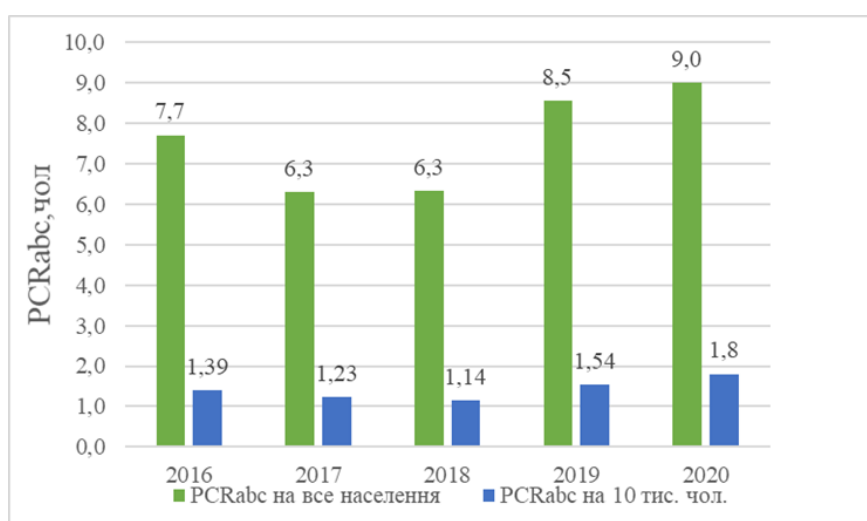


Рисунок 4.17 – Популяційний канцерогенний ризик при хронічній дії в Заводському районі за досліджуваний період

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2016 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,8 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.18).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2017 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,3 \cdot 10^{-4} \div 1,9 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.19).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2018 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,6 \cdot 10^{-4} \div 2,6 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.20).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2019 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,6 \cdot 10^{-4} \div 2,0 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.21).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2020 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $2,2 \cdot 10^{-4} \div 3,3 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.22).



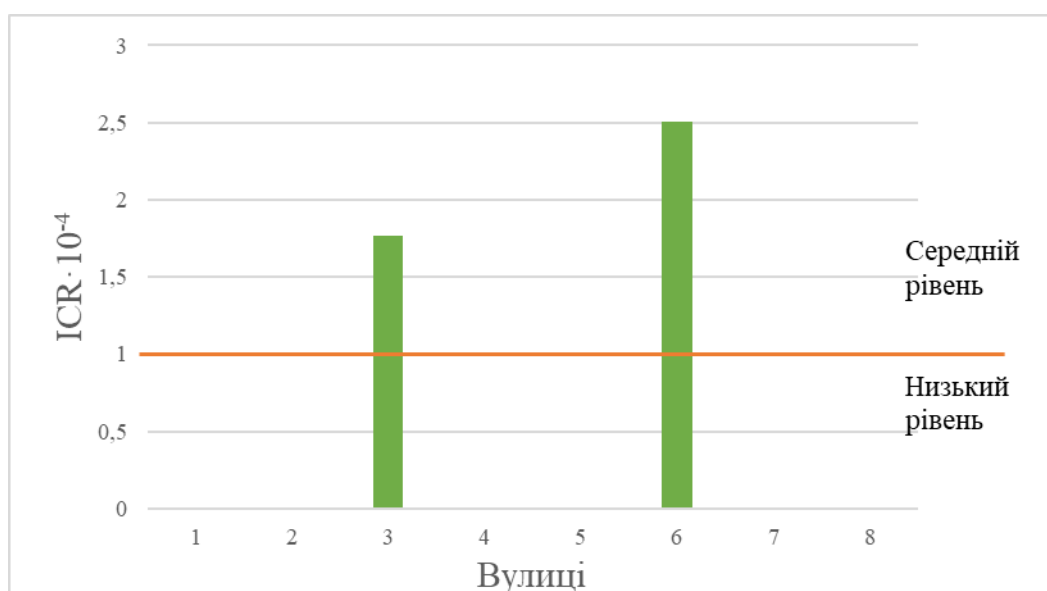


Рисунок 4.18 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2016 рік

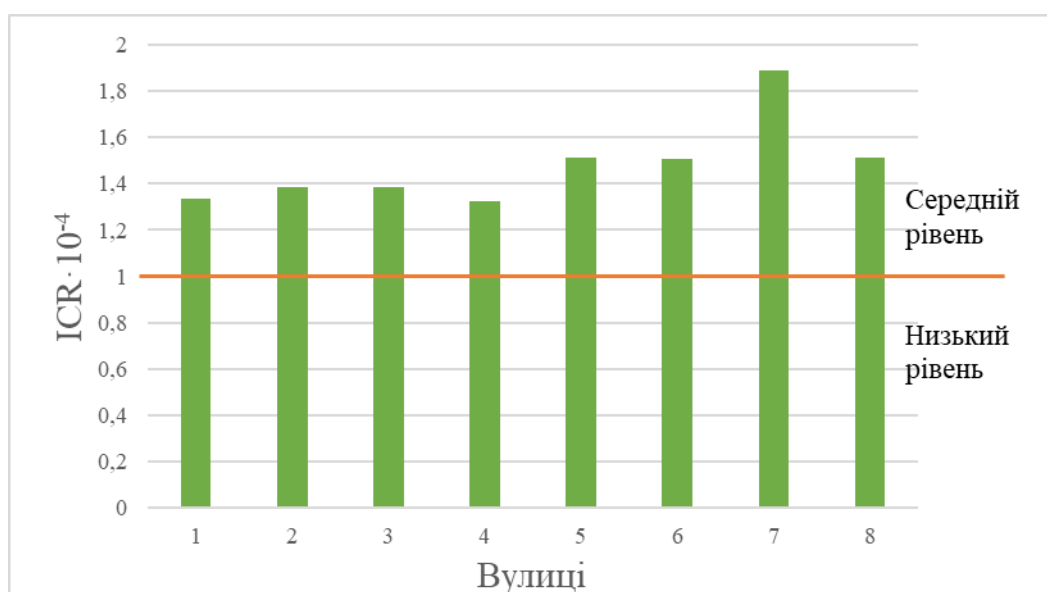


Рисунок 4.19 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2017 рік

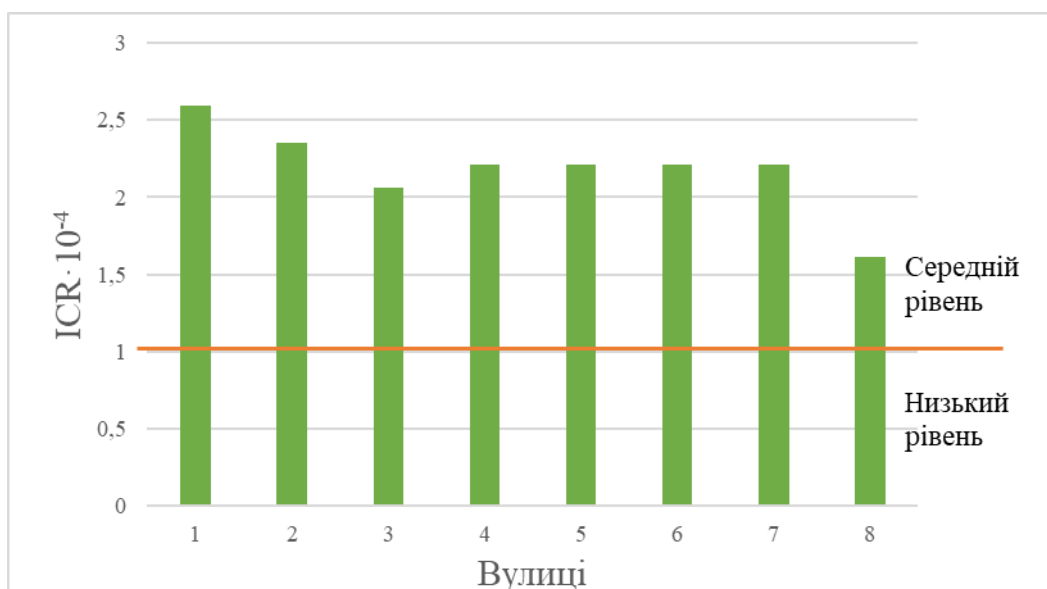


Рисунок 4.20 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2018 рік

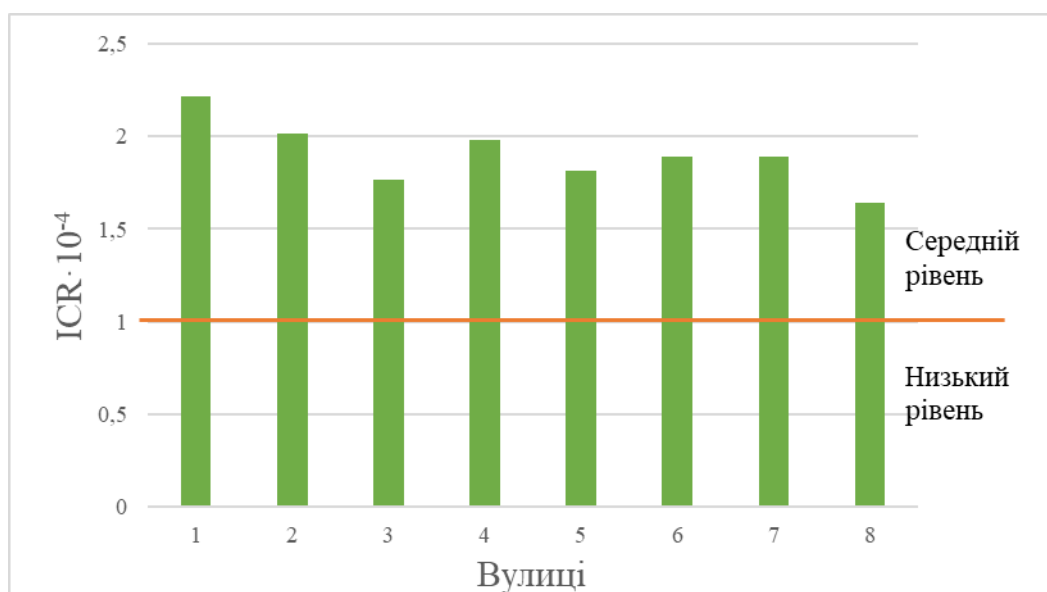


Рисунок 4.21 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік

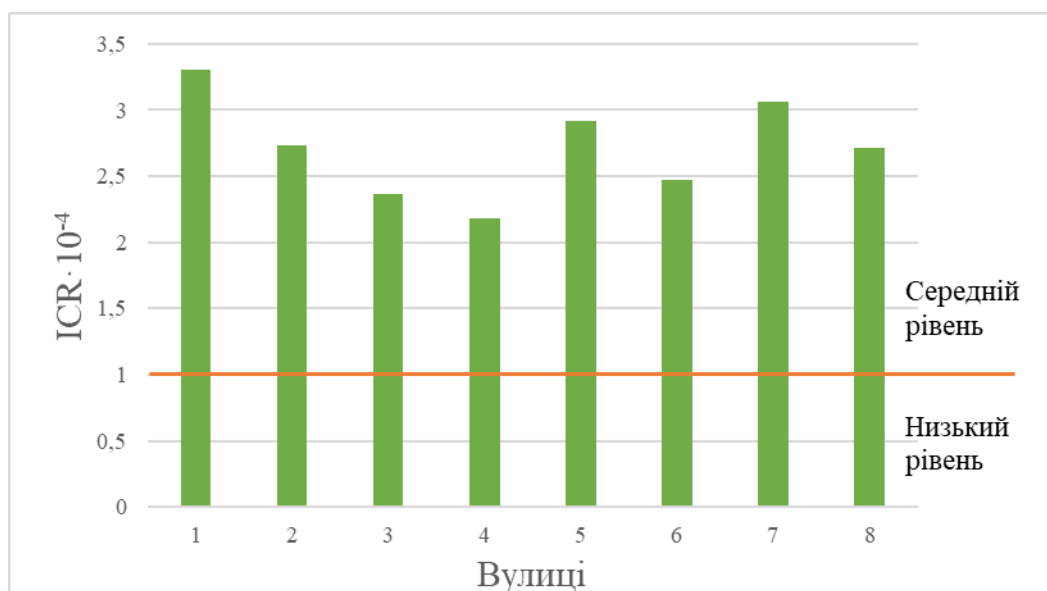


Рисунок 4.22 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2020 рік

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі** (дод. В, табл. В.1) (рис. 4.23). Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,3 \cdot 10^{-4}$  в 2020 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,3 \cdot 10^{-4}$  в 2017 році на Рекордній та Волоградській вулицях.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Вознесенівському районі склав –  $1,4 \cdot 10^{-4} \div 3,04 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) (дод. В, табл. В.4) (рис. 4.24). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

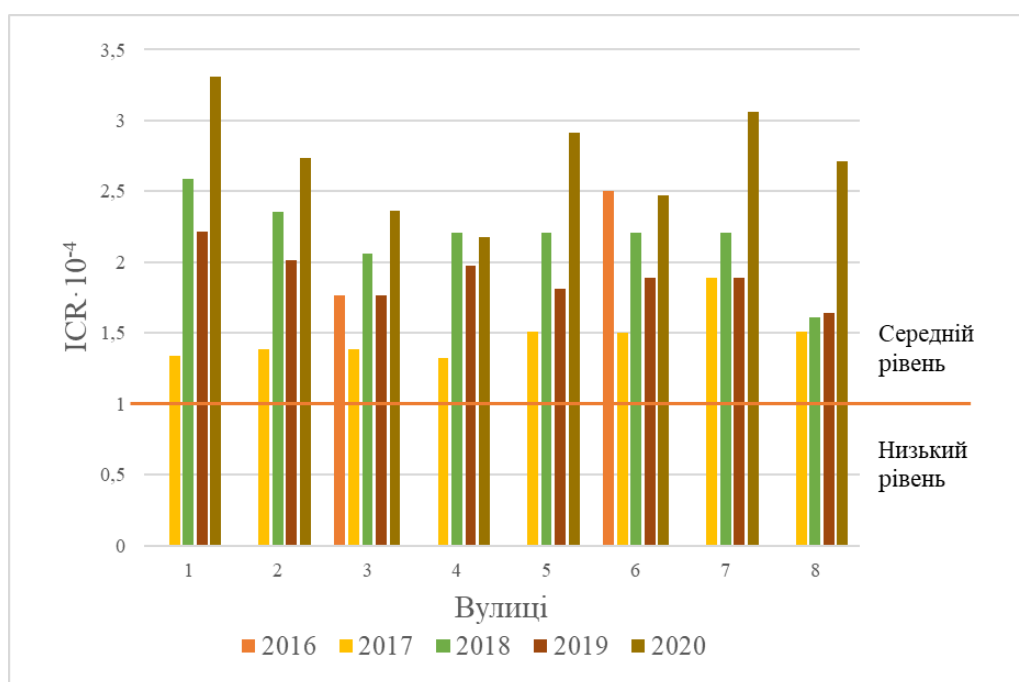


Рисунок 4.23 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за досліджуваний період

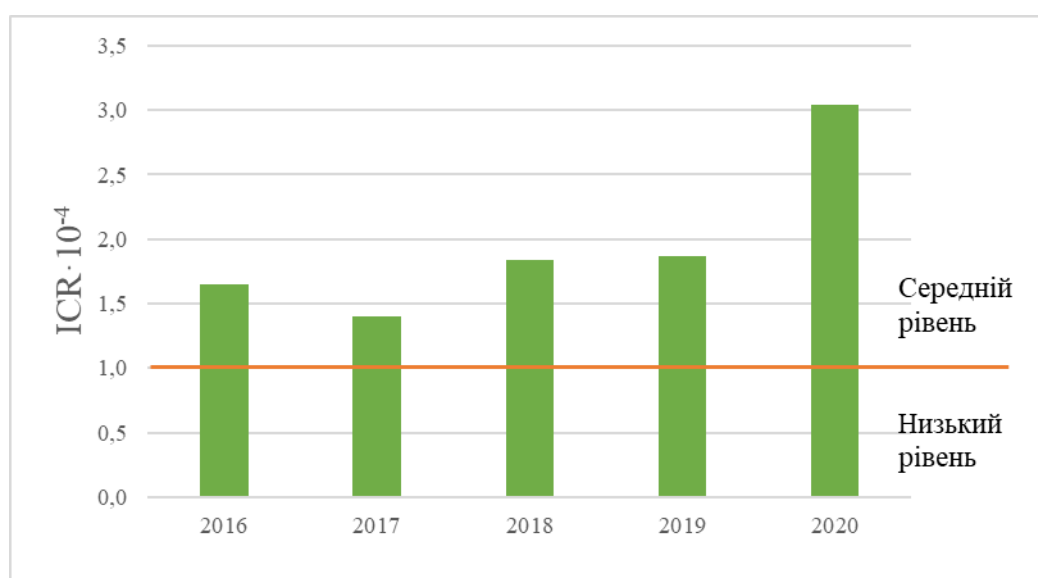


Рисунок 4.24 – Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі за досліджуваний період

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2016 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $0,98 \cdot 10^{-4} \div 1,3 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.25).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2017 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 1,2 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.26).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2018 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 1,4 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.27).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2019 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,1 \cdot 10^{-4} \div 1,4 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.28).

За результатами розрахунків по даними ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України», на досліджуваних вулицях Вознесенівського району в 2020 році, індивідуальний канцерогенний ризик ICR для здоров'я населення склав –  $1,4 \cdot 10^{-4} \div 2,1 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.29).

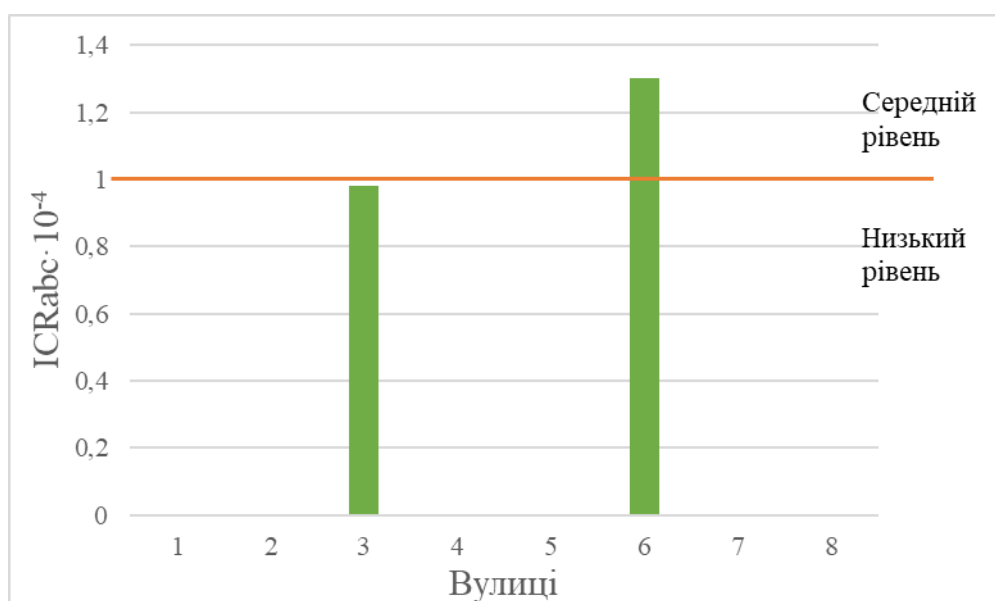


Рисунок 4.25 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2016 рік

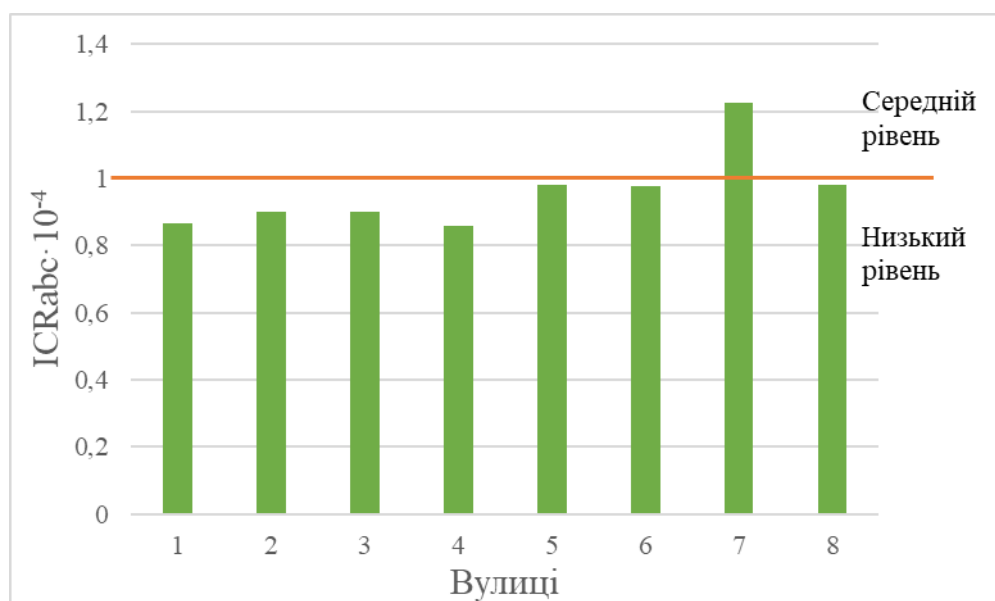


Рисунок 4.26 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2017 рік

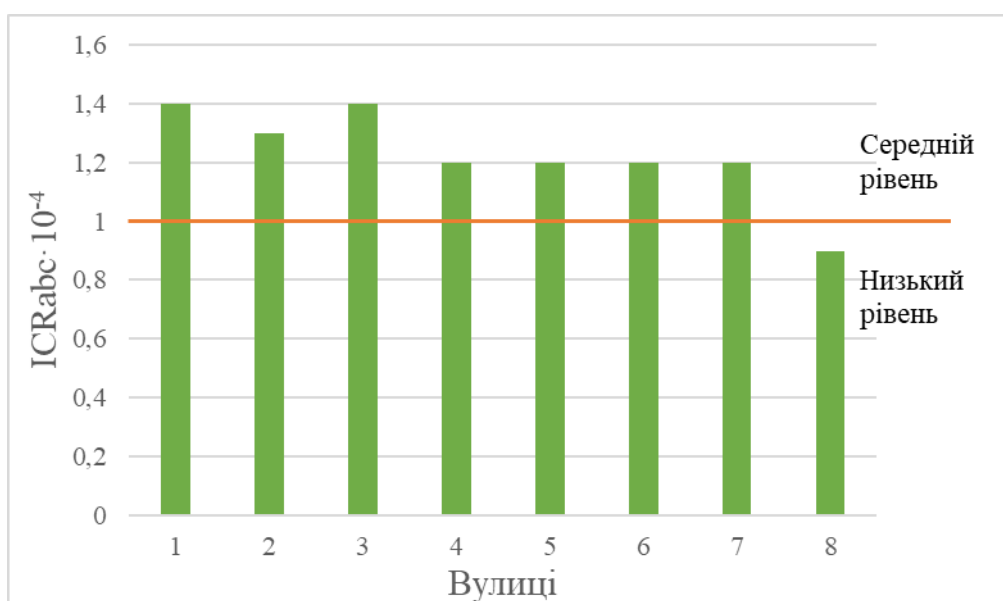


Рисунок 4.27 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2018 рік

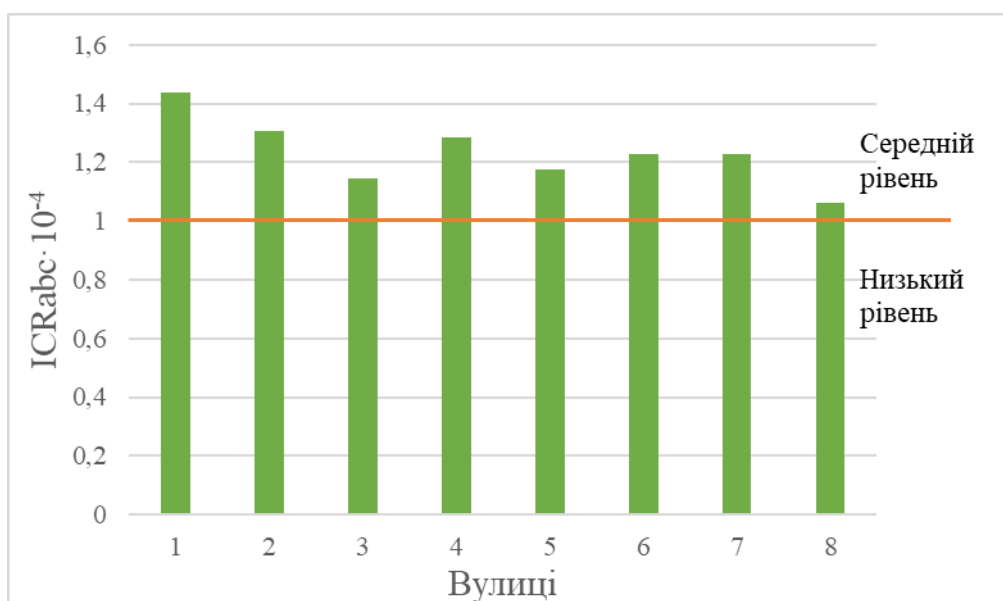


Рисунок 4.28 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік

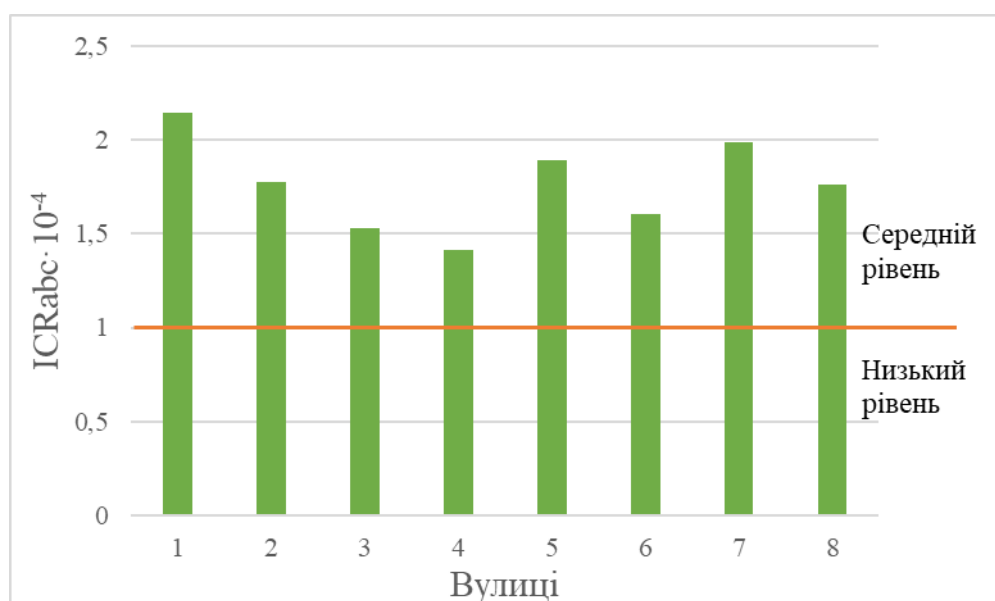


Рисунок 4.29 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2020 рік

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі** (дод. В, табл. В.3) (рис. 4.30). Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $2,1 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $9 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Вознесенівському районі склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 2 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) (дод. В, табл. В.4) (рис. 4.31). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний



ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

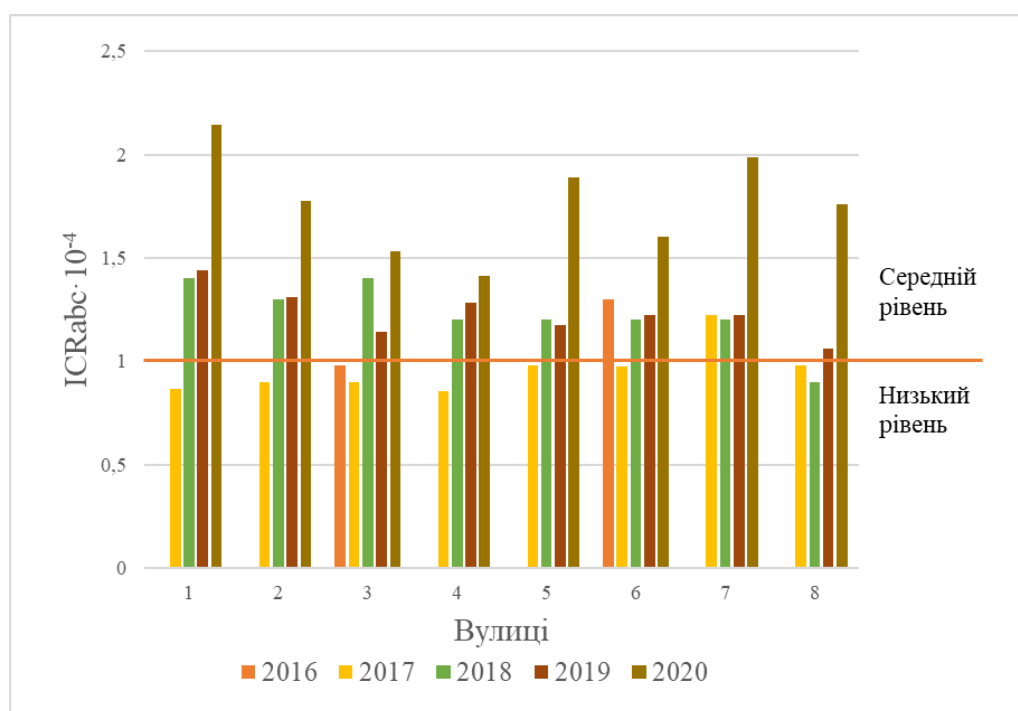


Рисунок 4.30 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за досліджуваний період

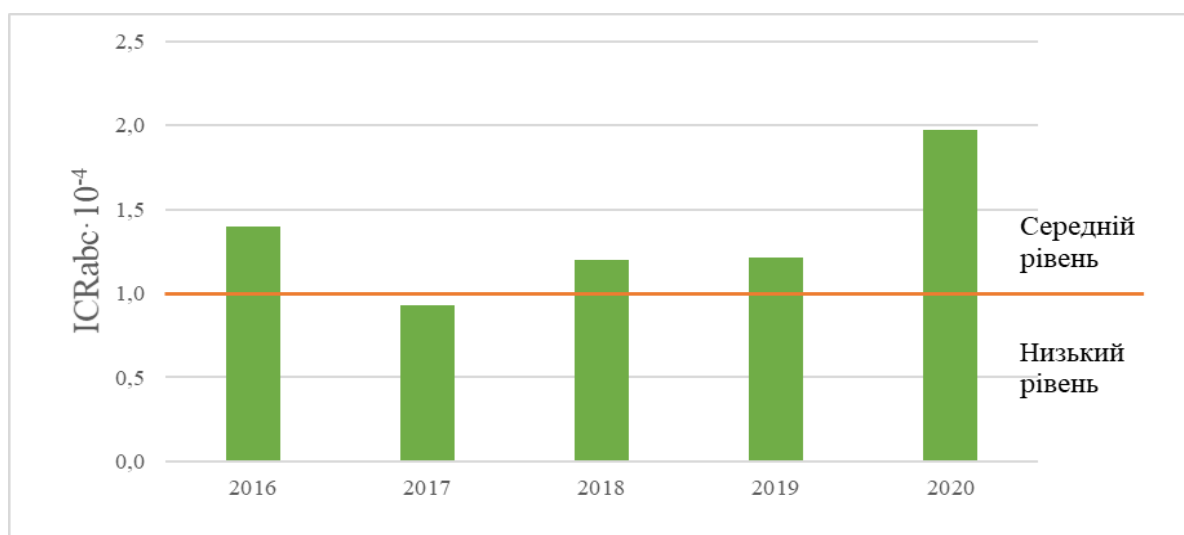


Рисунок 4.31 – Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії в Вознесенівському районі за досліджуваний період

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $28 \div 14,7$  (рис 4.32) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. В, табл. В.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $18,18 \div 11,72$  (рис 4.33) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. В, табл. В.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $1,44 \div 2,74$  (рис 4.32) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. В, табл. В.4).

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $0,9 \div 1,78$  (рис 4.33) додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини (дод. В, табл. В.4).

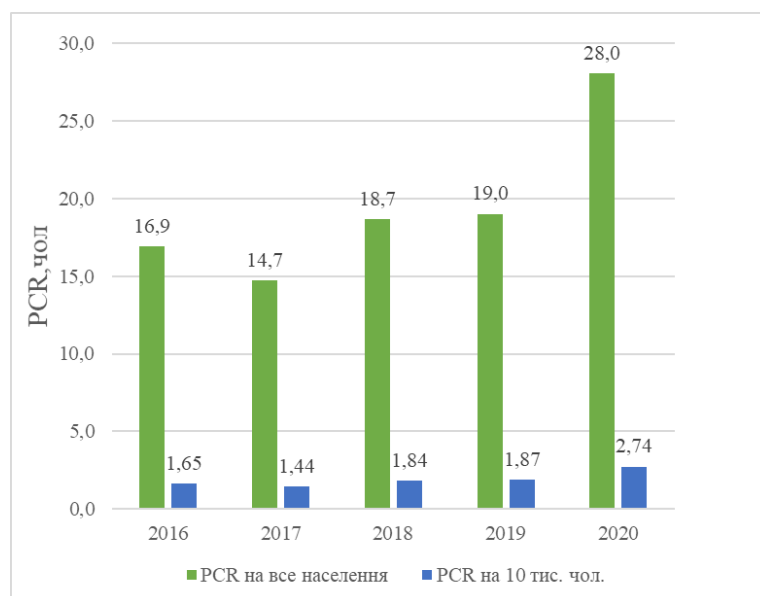


Рисунок 4.32 – Популяційний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі за досліджуваний період

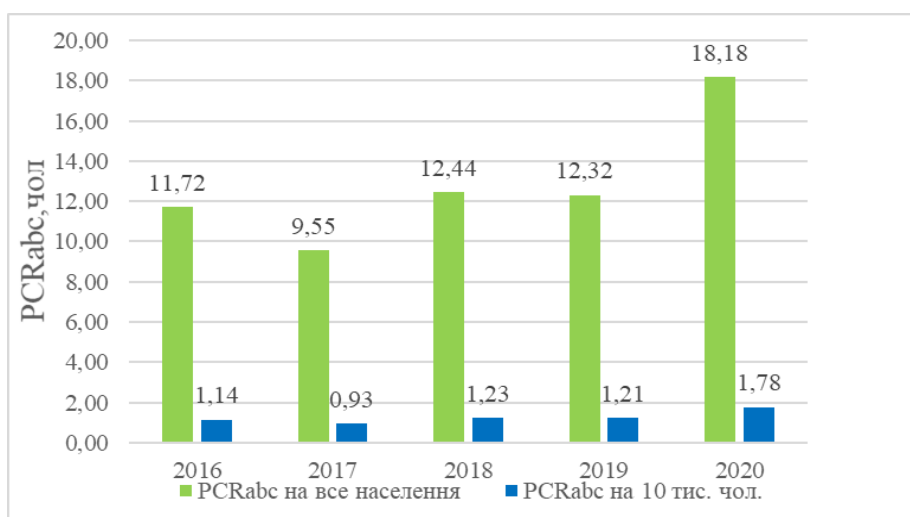


Рисунок 4.33 – Популяційний канцерогенний ризик при хронічній дії в Вознесенівському районі за досліджуваний період

#### 4.6 Висновки до 4 розділу

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $6,92 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,55 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на Фінальній вулиці.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Заводському районі склав –  $1,4 \cdot 10^{-4} \div 2,37 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний

канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,84 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $8,57 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році на Фінальній вулиці, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Заводському районі склав –  $0,857 \cdot 10^{-4} \div 3,84 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.

Популяційний канцерогенний ризик PCR **при гострому впливі** в Заводському районі складає  $11,3 \div 13,8$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини.

Популяційний канцерогенний ризик PCR **при хронічному впливі** в Заводському районі складає  $9,0 \div 6,3$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під дію концентрації речовини.

Популяційний канцерогенний ризик PCR **при гострому впливі** в Заводському районі складає  $1,4 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини .

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Заводському районі складає  $1,14 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під дію концентрації речовини.

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,3 \cdot 10^{-4}$  в 2020 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,3 \cdot 10^{-4}$  в 2017 році на Рекордній та Волоградській вулицях.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Вознесенівському районі склав –  $1,2 \cdot 10^{-4} \div 3,3 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $2,1 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $9 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Вознесенівському районі склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 2,1 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній

рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $28 \div 14,7$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $18,18 \div 11,72$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $1,44 \div 2,74$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $0,9 \div 1,78$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

## РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ КАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ

### 5.1 Характеристика утворення викидів формальдегіду

Сьогодні в якості вуглецевого зв'язуючого для виробництва вогнетривів використовують фенолформальдегідні смоли. Фенолформальдегідні смоли мають високу ступінь полімеризації, утворюють тривимірну структуру вуглецевого каркаса, забезпечуючи тим самим високу термостійкість і великий вихід коксового залишку. Фенолформальдегідні смоли забезпечують вогнетривким виробам в процесі коксування високу міцність завдяки їх сітчастій структурі. Не володіючи особливими перевагами перед зв'язувальними інших класів, фенолформальдегідні смоли знаходять широке застосування завдяки відносній дешевизні вихідних мономерів і цінному комплексу експлуатаційних властивостей композицій на їх основі [31].

У ливарних цехах при виготовленні форм і стрижнів в повітряне середовище виділяються токсичні парогазові суміші, що містять фенол, формальдегід, фуриловий і метиловий спирти, аміак, бензол, пари сірчаної кислоти. У відділенні обрубки і очистки лиття утворюються значні кількості металевого пилу [32].

Технологічні процеси виготовлення відливок характеризуються великим числом операцій, при виконанні яких виділяються пил, аерозолі і гази. Пил, основною складовою якого в ливарних цехах є кремнезем, утворюється при приготуванні і регенерації формувальних і стрижневих сумішей, плавці ливарних сплавів в різних плавильних агрегатах, випуск рідкого металу з печі, позапічної обробки його і заливці в форми, на ділянці

вибивання відливок, в процесі обрубки і очистки лиття, при підготовці і транспортуванні вихідних сипучих матеріалів.

У повітряному середовищі ливарних цехів, крім пилу, в великих кількостях знаходяться оксиди вуглецю, вуглекислий і сірчистий гази, азот і його оксиди, водень, аерозолі, насичені оксидами заліза і марганцю, пари вуглеводнів та ін. Джерелами забруднень є плавильні агрегати, печі термічної обробки, сушарки для форм, стрижнів і ківшів тощо

Одним з критеріїв небезпеки є оцінка рівня запахів. На атмосферне повітря припадає понад 70% всіх шкідливих впливів ливарного виробництва.

При виробництві 1 т виливок зі сталі і чавуну виділяється близько 50 кг пилу, 250 кг оксидів вуглецю, 1,5-2 кг оксидів сірки та азоту і до 1,5 кг інших шкідливих речовин (фенолу, формальдегіду, ароматичних вуглеводнів, аміаку, ціанідів).

Застосування органічних зв'язуючих при виготовленні стрижнів і форм призводить до значного виділення токсичних газів в процесі сушіння і особливо при заливці металу. Залежно від класу зв'язувального в атмосферу цеху можуть виділятися такі шкідливі речовини як аміак, ацетон, акролеїн, фенол, формальдегід, фурфурол і т.д. При виготовленні форм і стрижнів з тепловим сушінням і в оснащенні, що нагрівається забруднення повітряного середовища токсичними компонентами можливо на всіх стадіях технологічного процесу: при виготовленні сумішей, затвердінні стрижнів і форм і охолодженні стрижнів після вилучення з оснащення. В табл. 5.1 приведені основні шкідливі речовини, які виділяються при виготовленні відливок, вміст яких в повітрі робочих приміщень може перевищувати ГДК або які при малих концентраціях в повітрі мають односпрямовану дію на організм людини [33].

Фенолформальдегідні смоли  $[-C_6H_3(OH)-CH_2-]_n$  продукти поліконденсації фенолу  $C_6H_5OH$  з формальдегідом  $CH_2=O$ . Принципово розрізняють дві групи смол, заснованих на різному співвідношенні фенолу і



формальдегіду, що застосовується при їх виробництві, а саме новолачні смоли і резольні смоли [34].

Таблиця 5.1 – Номенклатура шкідливих речовин [34].

Зв'язуючі	Основні шкідливі речовини	
Тип, клас	При виготовленні стрижнів та форм	При заливці, охолодженні та вибивці форм
Безмасляні «закріплювачі»	Акролеїн, метанол, формальдегід, фурфурол, фенол, фуриловий спирт	Оксиди вуглецю, оксиди сірки, граничні вуглеводні
Фенолформальдегідні	Метанол, формальдегід, фенол, фурфурол, фуриловий спирт	Оксиди вуглецю, аміак, ацетон, метанол, бензол, вуглеводні, ціаніди, сірчистий ангідрид
Фенолофуранові	Аміак, ацетон, метанол, формальдегід, фенол	Оксид вуглецю, метанол, формальдегід, фенол, бензол, граничні вуглеводні, фурфурол, фуриловий спирт, сірчистий ангідрид
Карбомідоформальдегідні	Метанол, формальдегід, аміак	Оксиди вуглецю, метанол, формальдегід, граничні вуглеводні, аміак, ціаніди, оксиди азоту, фурфурол, фуриловий спирт, фосфорний ангідрид
Карбамідофуранові	Метанол, формальдегід, фурфурол, фуриловий спирт	Оксид вуглецю, метанол, формальдегід, граничні вуглеводні, аміак, ціаніди, оксиди азоту, фурфурол, фуриловий спирт, фосфорний ангідрид
Фенолокарбмідформальдегідні	Метанол, формальдегід, фенол, аміак	Оксиди вуглецю, метанол, формальдегід, фенол, граничні вуглеводні, аміак, ціаніди, окис азоту

Резольні смоли отримують при надлишку формальдегіду в присутності лужного каталізатора (їдкий натр, сода, аміак). Вони мають здатність переходити при нагріванні в неплавкий і нерозчинний стан. Встановлено, що в залежності від температури і тривалості нагрівання реакція формальдегіду з фенолом в лужному розчині налічує три стадії: рідка напівтверда смола; твердіший продукт; нерозчинна неплавкі смола [31].

Новолачні смоли отримують при надлишку фенолу в присутності кислого каталізатора (соляна кислота, контакт Петрова). Ці смоли при нагріванні не можуть бути так само легко, як резольні, переведені в неплавкий і нерозчинний стан. Швидке затвердіння новолачних смол відбувається тільки в присутності спеціальних засобів для затвердіння, головним чином, уротропіну (гексаметилентетрамін), в той час як для затвердіння резольних смол не потрібно додавання засобів для затвердіння [35].

Фенолоформальдегідні смоли мають ряд переваг, головні з яких – висока термостійкість, відсутність азоту, невисока вартість, тому вони знайшли застосування для виробництва як чавунних, так і сталевих виливок. Разом з тим реакційна здатність у порівнянні з карбамідоформальдегідна смолами нижче і, отже, час затвердіння більше. З цього класу зв'язувальних найбільш часто застосовують фенолоспиртів, СФ–480, СФ–3042 та ін.

Карбамідоформальдегіднофуранові зв'язувальні (Фурітол–80, КФ–90), як показала практика, є найбільш здатними до реакції. Стрижні, виготовлені на цих зв'язувальних, мають високу міцність і досить великий гідро– і термостійкістю. Однак через наявність азоту вони застосовуються в основному для виготовлення стрижнів чавунних виливок.

Фенолкарбамідоформальдегідні смоли є проміжними між феноло- і карбамідоформальдегідною, мають поліпшену термо- і гідростійкість в порівнянні з карбамідними і більш високу реакційну здатність в порівнянні з фенольними. Застосовуються вони для виготовлення стрижнів великих виливок [36].

Очевидно, в умовах ливарного та вогнетривкого виробництва проявляється несприятливий кумулятивний ефект комплексного фактору, при якому шкідливий вплив кожного окремого інгредієнта (пилу, газів, температури, вібрації, шуму) різко збільшується [33].

## 5.2 Заходи зі зменшення викидів формальдегіду

Проблема попередження виділення шкідливих речовин, їх локалізації і знешкодження, утилізації відходів є особливо гострою. Для цих цілей застосовується комплекс природоохоронних заходів, що включає використання:

а) для очищення від пилу – іскрогасників, мокрих пиловловлювачів, електростатичних пиловловлювачів, скрубєрів (вагранки), тканинних фільтрів (вагранки, дугові і індукційні печі), щебєневих колекторів (дугові й індукційні електропечі);

б) для допалювання ваграночних газів – рекуператори, системи очищення газів, установки низькотемпературного окислення CO;

в) для зменшення виділення шкідливих формувальних і стрижневих сумішей – зниження витрат зв'язуючого, окиснювальних та адсорбуючих добавок;

г) для знезараження відвалів – влаштування полігонів, біологічна рекультивация, покриття ізоляційним шаром, закріплення ґрунтів і т. д.;

д) для очищення стічних вод – механічні, фізико–хімічні та біологічні методи очищення.

Всі ці заходи пов'язані зі значними витратами. Очевидно, слід, перш за все, боротися не з наслідками ураження шкодою, а з причинами їх виникнення. Це повинно бути головним аргументом при виборі пріоритетних напрямків розвитку тих чи інших технологій в ливарному виробництві. З цієї

точки зору використання електроенергії при плавці металу найбільш переважно, так як при цьому мінімальні викиди самих плавильних агрегатів.

Питання про вибір процесу формування базується на аналізі трьох чинників:

1) технологічного – включає основні властивості сумішей (міцність, плинність, вибивання, ймовірність утворення дефектів);

2) економічного – включає вартість сумішей і стрижнів, брак стрижнів і виливок, можливість економії металу за рахунок підвищення точності, зниження товщини стінок виливок, вартості і стійкості оснащення і т. д.;

3) екологічного – включає обсяг газовиділень в холодній стадії процесу і при заливці, охолодженні і вибиванні, можливість і вартість депонування (процес організованого зберігання) відходів, утилізації тощо.

За цими критеріями безперечними перевагами володіють суміші на зв'язувальних неорганічного походження [33].

### **5.3 Способи очистки викидів від формальдегіду**

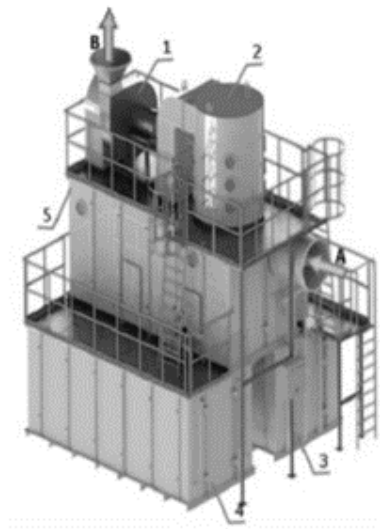
На підставі проведених досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення необхідне проведення заходів з мінімізації викидів. Для очистки промислових викидів від формальдегіду використовують каталітичне, абсорбційне та плазмове очищення.

#### **5.3.1 Абсорбційно-біохімічна установка**

З останніх розробок звертають на себе увагу створені білоруськими вченими абсорбційно-біохімічні установки очищення вентиляційного повітря від шкідливих органічних речовин в ливарних цехах продуктивністю

5, 10, 20 і 30 тис. м<sup>3</sup>/год. Ці установки за сукупними показниками ефективності, екологічності, економічності і надійності в експлуатації значно перевершують існуючі традиційні газоочисні установки [33].

У Білоруському національному технічному університеті розроблений технічний процес і конструкція установок абсорбційної-біохімічних (АБХУ) (рис 5.1) очищення вентиляційного повітря від шкідливих органічних речовин.



1– вентилятор; 2 – скруббер; 3 – шламівідстійник; 4 – біореактор; 5 – каплевловлювач; А та В – вхід та вихід вентповітря.

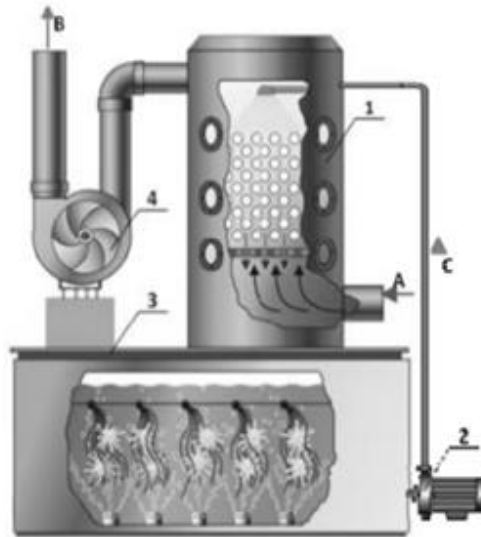
Рисунок 5.1 – Загальний вигляд АБХУ

Очищення вентиляційного повітря в АБХУ заснована на кількох природних процесах (рис. 5.2):

– перший полягає в тому, що більшість шкідливих летючих органічних сполук добре розчинні в технічній воді. Всі шкідливі органічні речовини разом з краплями дощу потрапляють в ґрунт, де відбувається їх біохімічне окислення під дією мікроорганізмів.

– другий принцип заснований на здатності спеціально селекціонованих

і адаптованих мікроорганізмів використовувати в якості джерел живлення розчинені у воді органічні і деякі неорганічні речовини. У процесі споживання мікроорганізмами цих сполук відбувається їх повна мінералізація з утворенням води і вуглекислого газу.



1 – скруббер з массообмінними решітками та насадкою; 2 – насос; 3 – біореактор з насадкою та аераторами; 4 – вентилятор; А та В – вхід та вихід вентиляційного повітря; С – абсорбційний розчин.

Рисунок 5.2 – Принципова схема АБХУ

Коротко про біотехнології процесу. Вся органіка вловлена абсорбційним розчином використовується в якості джерел живлення для мікроорганізмів – деструкторів.

Для зростання і ділення клітини необхідний: фосфор, азот, вуглець і кисень.

1. Фосфор і азот – біогенні добавки (комплексні сільсько-господарські добрива);

2. Вуглець – знаходиться в шкідливих органічних речовинах, уловлених з вентиляційного повітря;

3. Кисень – стиснене повітря подається на аерацію розчину в біореакторі.

Мікроорганізми вводяться в біореактор один раз перед початком експлуатації установки у вигляді концентрованої біомаси. Мікроорганізми – деструктори шкідливих органічних речовин надає «Інститут мікробіології національної академії наук Білорусі». Циркуляція розчину відбувається в АБХУ по замкнутому колу «скруббер–біореактор». Таким чином, запобігає утворенню виробничого стоку, так би мовити «технологічного хвоста».

У скруббері з рухомою кульової насадкою за допомогою водного абсорбенту відбувається уловлювання шкідливих речовин, а в біореакторі їх нейтралізація. Кульова насадкою зі спіненого поліпропілену необхідна для збільшення час і поверхні контакту абсорбційного розчину і вентиляційного повітря, тим самим забезпечує інтенсивний масообмін між рідкої і газоподібної фаз [37].

Отримані результати від застосування абсорбційної-біохімічної технології дозволили вирішувати екологічні проблеми з вентиляційними викидами не тільки ливарних виробництв, а й інших суміжних виробництв [37]:

1) Деревообробка:

- виготовлення деревостружкових плит (ДСП);
- виготовлення плит МДФ;
- виготовлення фанери;
- приготування зв'язуючих смол і смол, що склеюють.

2) Нафтохімія:

- виробництво лакофарбових матеріалів;
- виробництво спеціальних ниток і тканин;
- виготовлення плівки і поліетилену і поліпропілену;
- виготовлення мінеральної вати.

### 5.3.2 Застосування газоконвертору

Газоконвертор – це обладнання комплексної промислової очистки повітря від шкідливих газів, неприємних запахів, а також для промислової стерилізації повітря. Устаткування вловлює з повітря і знищує такі органічні речовини, як стирол, формальдегід, пари органічних розчинників, фенол, ацетон, метанол, толуол і багато інших.

Процес знешкодження небезпечних газів в обладнанні логічно і функціонально розділений на три основних етапи.

На першому етапі проводиться попереднє очищення повітря від зважених пилових і аерозольних часток. Ефективність цієї стадії практично не залежить від вологості або температури повітря, що очищається. Для цієї стадії очистки застосовуються різні механічні фільтри в залежності від параметрів повітря, що очищається.

Другий, основний, етап очищення повітря заснований на комбінованому впливі на молекули токсикантів об'ємного бар'єрно-стрімерного розряду мультirezонансної частоти та інших фізико-хімічних чинників «холодної плазми». Технічно даний етап реалізований за допомогою унікальних газорозрядних осередків, що мають високовольтне живлення з так званої «скануючої частотою». Очищуване повітря, проходячи через осередки газорозрядного блоку, піддається впливу об'ємного бар'єрно-стрімерного розряду високої частоти і напруги. Внаслідок цього впливу відбувається «розвал» молекул токсикантів, збудження атомів і радикалів, що утворилися. Одночасно відбувається утворення озону і атомарного кисню з кисню повітря. В результаті фізико-хімічних реакцій відбувається окислення атомів і радикалів, що утворилися, до нешкідливих  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  (рис. 5.3).

На третьому етапі очищення повітря в газоконверторі на шарі каталізатора проводиться повне доочищення повітря від забруднень і



видалення надлишкового озону. Каталізатор дозволяє застосовувати установку при температурах повітря, що очищається вже від  $-10^{\circ}\text{C}$  і вище.

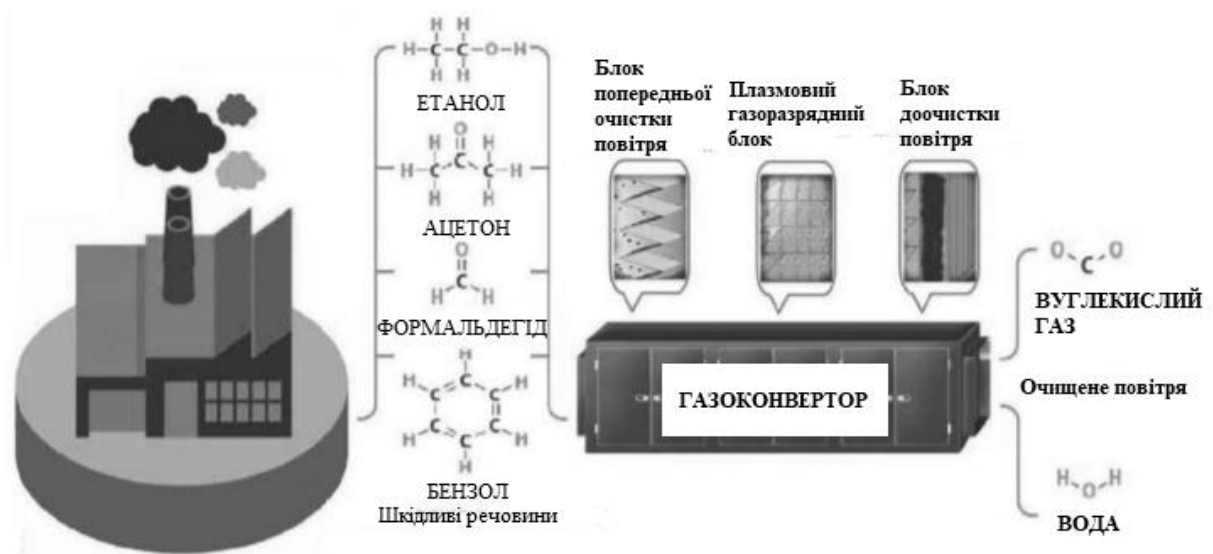


Рисунок 5.3 – Плазмова очистка повітря в газоконверторі

Таким чином, обладнання газоконвертора дозволяє отримати на виході практично чисте повітря без застосування витратних компонентів та утворення промислових відходів. Ефективність обладнання практично не залежить від зміни кількості забруднень в повітрі, що очищується, або зміни його якісного складу.

Газоочисні установки являють собою комплекс обладнання в двох основних виконаннях.

Перше виконання – це обладнання, яке вбудовується в вентиляційні системи і очищає повітря, що проходить по ним. Ці газоконвертори не мають власного вентилятора і найчастіше застосовуються в комплексі витяжних або припливних вентиляційних систем.

Друге виконання – це локальні очисні установки для очищення повітря в робочій зоні без видалення очищеного повітря в атмосферу. Подібні установки найчастіше забезпечені пристроями забору повітря, вентилятором і пристроями роздачі повітря.

Обидва типи підходять як для зовнішнього використання, так і для монтажу всередині приміщень.

Газоконвертор видаляє з повітря такі види газоподібних забруднень:

1) Усі види органічних газів і парів (фенол, формальдегід, стирол, бензол, ацетон, меркаптан, аміни і багато інших).

2) Деякі неорганічні гази, що мають різкий або неприємний запах (аміак, сірководень, чадний газ, оксиди азоту та інші).

3) Дим і аерозолі.

4) Мікробіологічні забруднення (бактерії, цвіль, суперечки, мікроби та інше).

Ефективність очищення становить від 89 до 99,9% (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Ступінь очищення найбільш поширених речовин-забруднювачів

Речовина	Ступінь очищення, %	Речовина	Ступінь очищення, %
Акролеїн	97	Сірководень	99
Аміак	97	Меркаптани	99
Ацетон	99	Толуол	96
Бензин	97	Стирол	99
Формальдегід	98	Етанол	99
Фенол	99	Бутанол	96
Нафтопродукти	97	Вуглеводні	97

Представлена лише мала частина речовин. Відбувається повне придушення патогенної мікрофлори.

Крім ефективного вирішення завдань по очищенню повітря, газоконвертори прості, надійні і невибагливі в експлуатації. Устаткування відрізняється наступними особливостями:

а) Найменшими масогабаритними параметрами в порівнянні з іншими системами очищення.

б) Відсутністю витратних матеріалів і компонентів, що вимагають подальшої утилізації (низька вартість володіння обладнанням).

в) Низьким споживанням електроенергії – не більше  $0,2 \text{ Вт/м}^3$ , це пояснюється особливим конструктивним рішенням газорозрядних осередків і параметрами їх електроживлення, що дозволяють створити високочастотні резонансні коливання змінної частоти.

г) Низькою чутливістю до складу повітря, що очищається, тобто для газоконвертору допустимо значна зміна концентрацій, складу і властивостей повітря, що очищається.

д) Простим обслуговуванням.

Газоконвертор застосовуються для очищення вентиляційних викидів підприємств і промислового устаткування, при роботі яких утворюються шкідливі гази, що неприємно пахнуть органічної природи, в наступних сферах: хімічна промисловість, виробництво кабельної продукції, нафтогазова промисловість, фармацевтична промисловість, харчова промисловість, виробництво фанери, ДСП, лакофарбова промисловість, просочення матеріалів, пластмаси, полімери, парфумерна промисловість, миловарне виробництво, фарбувальні камери, виготовлення меблів, ливарне виробництво та інші [38].

Установка газоконвертору дозволяє промисловим, виробничим підприємствам успішно вирішити наступні екологічні питання діяльності і набути статусу соціально відповідальної підприємства [38]:

1) Спокійна робота підприємства, виконання вимог Закону «Про охорону атмосферного повітря» щодо зниження обсягів викидів в атмосферу забруднювачів.

2) Зниження податків, платежів і штрафів за викид в атмосферу забруднюючих речовин.

3) Поліпшення екологічної обстановки на самому підприємстві, зниження захворюваності персоналу, збільшення ефективності співробітників.

4) Зняття небезпеки закриття підприємства або його частини шляхом реагування на претензії та скарги мешканців навколишніх населених пунктів на викиди, що погано пахнуть та шкідливі викиди підприємства.

5) Економія на енергоресурсах.

### **5.3.3 Газоочистка від органічних домішок каталітичним методом**

Вибір схеми очищення повітря обумовлений концентрацією шкідливих речовин, що містяться в ньому і їх властивостями, досвідом проектування і експлуатації аналогічних установок.

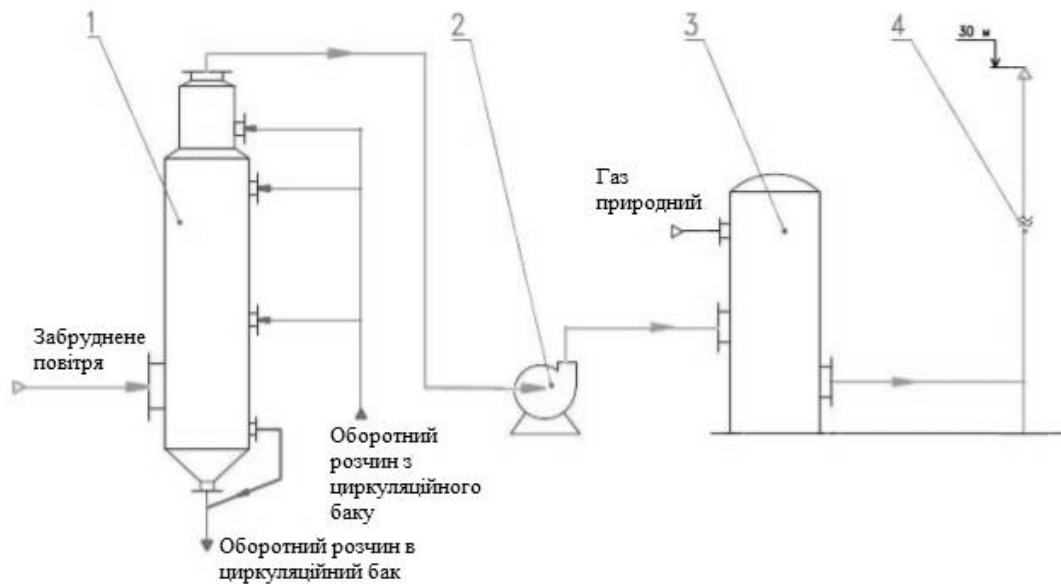
Принципова схема очищення газу потоку представлена на рис. 5.4.

Ступінь очищення на першому місці по фенолу орієнтовно становить 90%, на інші компоненти – 70%. На першому місці встановлюється порожнистий скруббер–абсорбер. Швидкість повітря в перетині апарата становить 1,1 – 1,5 м/с. Зрошення полого скруббера здійснюється насосами з циркуляційного бака зворотному водою.

У скруббері так само відбувається осадження пилу, що міститься в аспіраційному повітрі і охолодження повітря. Очищене в скруббері аспіраційне повітря вентилятором направляється в термокаталітичний реактор.

У конструкції реактора передбачений теплообмінник для попереднього підігріву аспіраційного повітря, що надходить на каталітичну очищення за рахунок тепла аспіраційного повітря минулого очистку.

Попередній розігрів шару каталізатора в реакторі до 350-450°C і підтримання цієї температури передбачається за рахунок теплоти згорання природного газу.



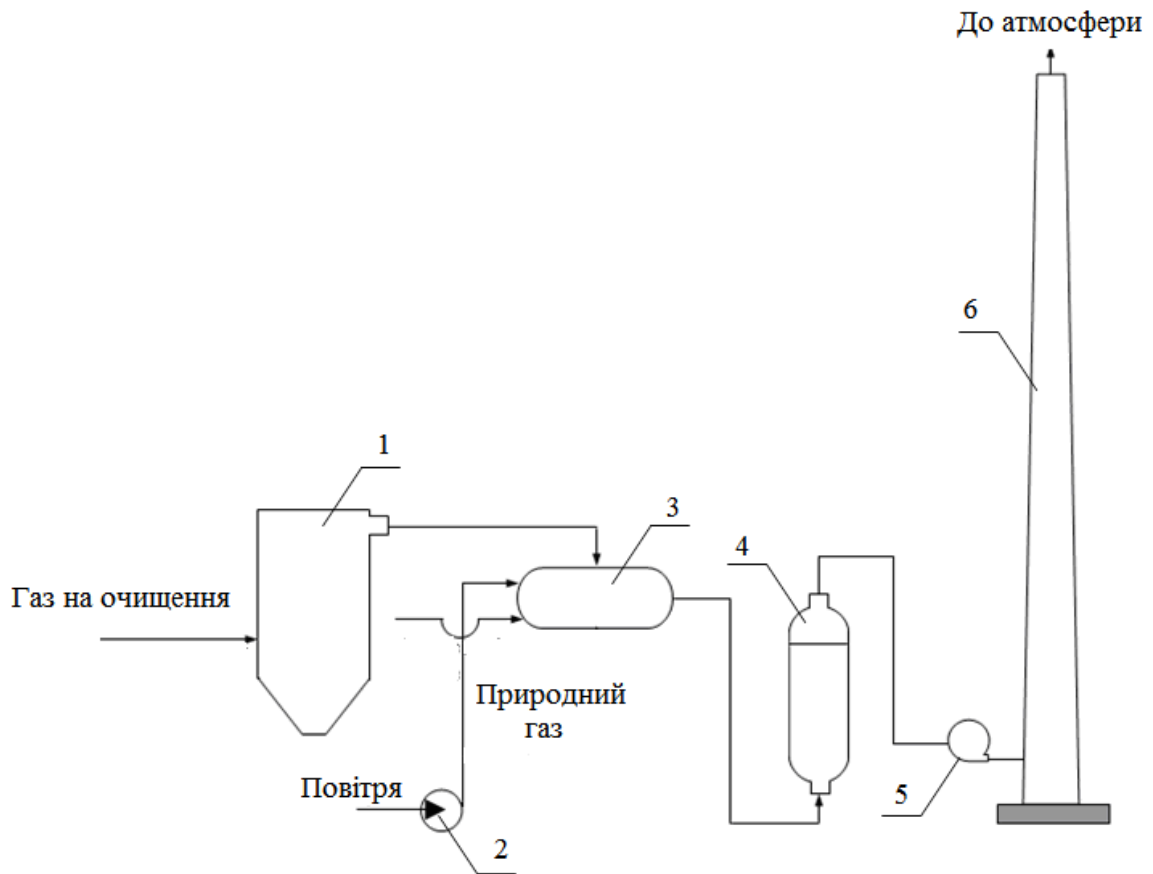
1 – порожнистий скруббер з краплевловлювачем; 2 – димотяг; 3 – термокаталітичний реактор; 4 – викидна свічка

Рисунок 5.4 – Схема газоочистки від органічних домішок

Ступінь очищення на другій ступені орієнтовно становить 95-96%.

Для знешкодження газів, що відходять від джерела викиду, у кваліфікаційній роботі пропонується двохступінчаста схема очищення, де на першій ступені газу направляються апарат сухого типу (циклон, електрофільтр, рукавний фільтр) і піддаються очищенню від смолистих речовин та пилу, а на другому ступені – від формальдегіду в каталітичному реакторі (рис. 5.5).

Відхідні технологічні газу за допомогою вентиляційної установки направляються через підігрівач, в якому нагріваються до температури 200°C для початку каталітичної реакції за рахунок тепла димових газів, одержуваних спалюванням природного газу, в реактор каталітичного очищення. В якості каталізатора рекомендується використовувати інтерметалідний каталізатор складу: 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al.



1 – апарат сухого типу; 2 – вентилятор; 3 – топка-підігрівач; 4 – реактор; 5 – димотяг; 6 – димова труба

Рисунок 5.5 – Схема установки каталітичного знешкодження відхідних газів

Найкомпактнішим і економічним апаратом є реактор циклонного типу з радіальним введенням газу, всередині якого встановлені кошик з каталізатором і трубчастий теплообмінник, який примикає до неї. Між корпусом реактора і зовнішньою обичайкою каталізаторного кошика утворюється кільцевий канал, по якому транспортуються газові потоки. У такому реакторі одночасно протікають два процеси: каталітичне окиснення формальдегіду в шарі каталізатора і утилізація тепла.

Відхідний газ, що очищується, спочатку подається через міжтрубний простір рекуперативної зони, де він частково сприймає тепло від очищених газів, що відходять, і колектор в камеру змішування, в яку надходять гарячі димові гази з топкової камери. Нагріті до необхідної температури

каталітичного окислення газу направляються в каталізаторний кошик з насипним шаром каталізатора для окислення формальдегіду до вуглекислого газу і води.

Гарячі очищені газу надходять в трубний простір рекуперативної зони і виводяться з апарату за допомогою димотяга в димову трубу.

При дослідженні очистки газів від формальдегіду були випробувані каталізатори НДІОГАЗ (3Д, 5Д, 9Д, 10Д), АП-56. При вмісті 5–114 мг/м<sup>3</sup> СН<sub>2</sub>О повне очищення газів досягається тільки на АП-56 при температурі 400–450°. В установці очистки газів виробництва мікросфер був впроваджений двошаровий каталізатор, перший шар складався з каталізатора НДІОГАЗ – 10Д, другий шар – з АП-56. Каталізатор АП-56 не змінює своєї активності при довготривалих випробуваннях протягом року, тому його рекомендовано й для очищення газів інших виробництв, наприклад меблів. Контакти АП – 56 та АПК – 2 (2% Pd) показали стійкий результат (400 годин) в процесі очищення газів від формальдегіду виробництва дерев'яно-стружкових матеріалів при температурі 400°С та  $W = 20 \cdot 10^3$  год<sup>-1</sup>.

При більш низьких об'ємних швидкостях протікає окиснення СН<sub>2</sub>О на оксидних каталізаторах. Для очищення СН<sub>2</sub>О та фенолу використовується Mn-руда при температурі 360–380°С та  $W = 13 \cdot 10^3$  год<sup>-1</sup>. Для повного окиснення формальдегіду в інших з'єднаннях використовують каталізатор ІК-12-1.

Для підвищення термічної стійкості окисно-мідного каталізатору та зниженню концентрації міді вводяться добавки оксидів хрому та титану шляхом попереднього просякнення  $\theta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> розчинами вказаних елементів або адсорбцією з газової фази.

На кафедрі прикладної екології та охорони праці Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ було розроблено каталізатор для очистки газів від вуглецю та вуглеводнів. Теоретично визначено та експериментально доведено підвищення екологічної безпеки викидів шляхом каталітичного знешкодження оксиду вуглецю та вуглеводнів на

інтерметалідних каталізаторах. В якості каталізатора рекомендується використовувати розроблений склад: 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + +45% Al.

В результаті математичного планування були отримані рівняння регресії, що описують вплив вмісту кобальту, марганцю і міді на каталітичні властивості, пористість каталізатора, і поверхні відгуку. Оптимальна питома поверхня каталізатора становила 100–120 м<sup>2</sup>/г, пористість – 60–64%. Похибка рівнянь регресії становила не більше 2%.

Результати дослідження каталітичної активності інтерметалідних каталізаторів показали, що конверсія формальдегіду становить 95% при 450 °С. Додаткове легування нікель–алюмінієвих сплавів Co, Mn і Cu дозволяє знизити температуру 100%-ної конверсії вуглеводнів на 50–80°С в порівнянні з вихідною системою [41].

Було випробувано ряд низьковідсоткових Pd та Pt–каталізаторів, а також оксидний каталізатор О–5. В таблиці 5.3 приведена порівняльна оцінка ефективності каталізаторів в реакції повного окиснення формальдегіду (130–250 мг/м<sup>3</sup>) при температурі 400°С та 450°С та  $W = 20 \cdot 10^3$  год<sup>-1</sup> по досягненій (середній) ступені окиснення до CO<sub>2</sub> [40].

Таблиця 5.3 – Порівняльна оцінка ефективності каталізаторів в реакції повного окиснення формальдегіду

Каталізатор	Ступінь окиснення, %		Каталізатор	Ступінь окиснення, %	
	400°С	450°С		400°С	450°С
Н–4–1	65	78	О–5/ШН–2	68	72
К–7–1	61	63	П–5/ШН–2	79	86
30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al	85	95	О–5/ШН–2 (вдоск.)	87	89
П–15	73	82	П–5/ШН–2 (вдоск.)	86	90
П–4	71	84	П–5/γ–Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	92	93



Найкращим з випробуваних був П-5/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , вдосконалені П-5 та О-5 на  $\chi$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (або ШН-2). Ступінь окиснення формальдегіду на них при 400–500°C коливалася в межах від 86% до 93% та збільшувалася зі збільшенням концентрації формальдегіду.

Початкова ефективність, особливо при низьких температурах, найбільш велика для мідно-оксидного каталізатору ІК-12-1 та оксидно-мідного (6%  $\text{CuO}$ ) з добавкою 5%  $\text{TiO}_2$  на  $\theta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . При температурі 400–500°C ступінь окиснення на всіх каталізаторах коливається від 90% до 96% [40].

На рисунку 5.6 представлена порівняльна характеристика даних по повному окисненню формальдегіду на промислових каталізаторах (П-5/ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , П-5/ШН-2, П-5/ШН-2 (вдоск.), П-4) та розробленому кафедрою ПЕОП каталізаторі (30%  $\text{Ni}$  + 10%  $\text{Co}$  + 10%  $\text{Mn}$  + 5%  $\text{Cu}$  + 45%  $\text{Al}$ ).

При випробуванні каталізаторів на стабільність активність ІК-12-1 зберігається 60 годин,  $\text{CuO-TiO}_2/\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$  – 130 годин, після чого потрібна регенерація повітрям при 500–550°C протягом 2 годин. Довгі випробування показали, що каталізатори П-5 та О-5 при концентрації формальдегіду 100–300  $\text{mg/m}^3$  та  $W = 20 \cdot 10^3 \text{ год}^{-1}$  працюють 60–180 годин з невеликою зміною ступня перетворення ( $\alpha = 86 - 93\%$ ). Розрахунок розсіювання залишкової кількості формальдегіду при висоті труби 14 м вказує на те, що при ступені окиснення 86% концентрація формальдегіду в приземному шарі повітря буде в 3,6 рази менше ГДК для населених пунктів [40].

Оксидні каталізатори нестійкі до дії  $\text{SO}_2$ , який потрапляє в газ, що очищується, при спаленні палива для підігріву газів, що відходять. Стійкість контактів при окисненні формальдегіду (125  $\text{mg/m}^3$ ) до дії  $\text{SO}_2$  (до 200  $\text{mg/m}^3$ ) досліджувалась шляхом введення діоксиду сірки імпульсами. Введення до 0,3 г  $\text{SO}_2/\text{г}$  каталізатора призводить спочатку до невеликого зниження, а потім підвищення ступеня окиснення формальдегіду, яка коливається при 300°C від 70% до 80%, при 400°C – від 90% до 98% [40].

Аналіз каталізаторів показав, що найбільший показник окиснення формальдегіду має каталізатор 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al.

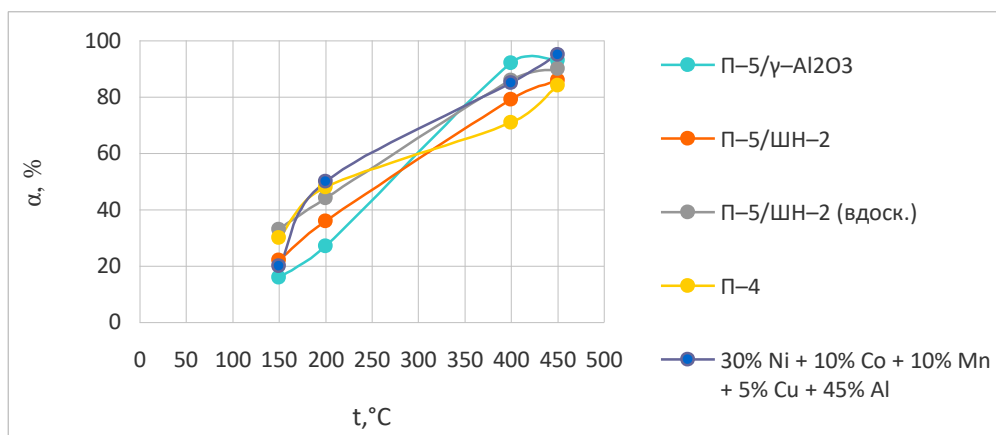


Рисунок 5.6 – Порівняльна характеристика даних по повному окисненню формальдегіду

### 5.3.4 Плазмокаталітична технологія очищення повітря

Традиційні методи очищення повітря в основному обмежуються застосуванням масляних і волокнистих повітряних фільтрів, які досить ефективно (не нижче 99%) очищають повітря від пилу і аерозолів.

Але, на жаль, класичні технології не вирішують проблеми очищення повітря від шкідливих газоподібних речовин (особливо органічного походження). Завдання очищення повітря від газоподібних речовин оптимально вирішується методом плазмокаталітичної технології очищення повітря (ПКТ).

Сьогодні плазма-каталіз є найбільш ефективною і економічною технологією газоочистки для більшості типів підприємств, там де рівень

забруднення повітря газоподібними речовинами не перевищує 3000 мг/м<sup>3</sup> (теоретичну межу, після якого падає ефективність очищення).

Окремо необхідно відзначити той факт, що паралельно з очищенням повітря від газоподібних забруднюючих речовин, відбувається глибока дезінфекція та стерилізація повітря.

Технологія заснована на:

1. Високій окисній здатності продуктів високовольтного бар'єрного електричного розряду – плазми. Результатом проходження забрудненого газу через плазмовий реактор є повне або часткове окислення найширшого спектра забруднюючих речовин до нешкідливих/менш шкідливих. Одночасно з цим відбувається збудження молекул, атомів і радикалів газоповітряної суміші в плазмовому ректорі. А цей фактор є спонукальним механізмом для підвищення ефективності роботи каталітичного реактора (другого ступеня очищення).

Окремо необхідно відзначити той факт, що одним з результатів роботи плазмового реактора є синтез озону – молекул O<sub>3</sub>. Озонування є одним з ефективних засобів очищення повітря від запахів, різних шкідливих речовин, бактерій, вірусів, пилових кліщів і спор цвілі. Озонування надає істотний ефект і на зниження вмісту в приміщенні токсичних речовин за рахунок їх окислення і, як результат, перетворення їх в менш небезпечні компоненти.

2. Подальшому глибокому окисленні продуктів конверсії, що утворилися в результаті проходження повітря через плазмовий реактор першого ступеня, в каталітичному реакторі другого ступеня. Доочищення газоповітряної суміші відбувається за рахунок фінішного розщеплення залишків забруднюючих речовин і озону, синтезованого в плазмовому реакторі, до цілком "нешкідливих" CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> і т.д. В установках ПКТ даної конструкції застосовується низькотемпературний каталізатор, який завдяки наявності ступені плазмового реактора ефективно працює в діапазоні температур 30–70°C.

На рисунку 5.7 схематично наведено принцип роботи установки ПКТ.

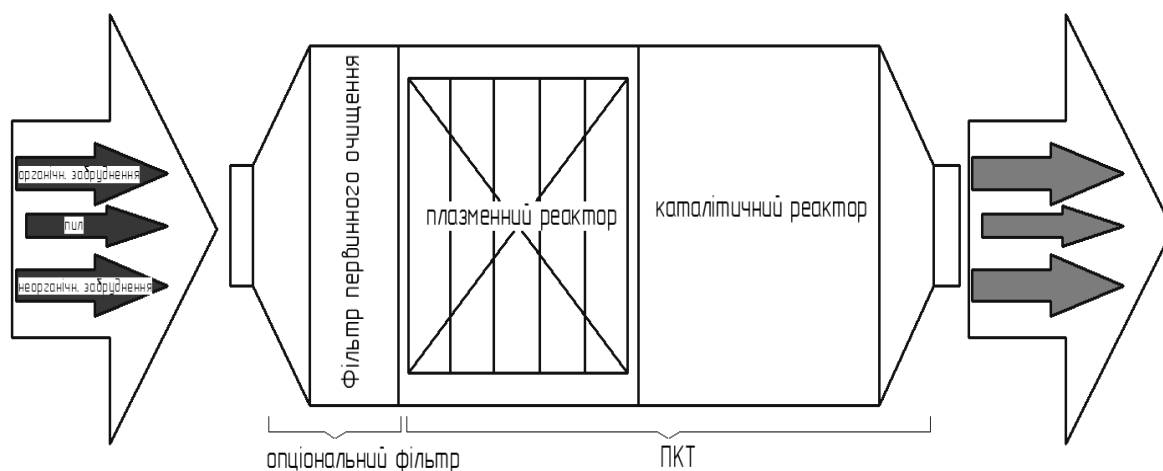


Рисунок 5.7 – Установка плазмокаталітичної технології очищення повітря

В таблиці 5.4 наведено короткий перелік речовин, що нейтралізуються ПКТ.

Таблиця 5.4 – Перелік речовин, що нейтралізуються установкою ПКТ [39]

Речовина	% очищення	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Оксиди:			
NO <sub>x</sub> , CO	до 97 – 99 %	0,04–0,06	2–4
Ароматичні вуглеводні:			
фенол, бензол, ксилол, толуол, стирол та ін.	до 87 – 97%	0,003–50	2–4
Альдегіди, кетони їх похідні:			
ацетон, формальдегід, бензальдегід, метилацетат, етилацетат, ацетальдегід і ін.	до 85 – 96%	0,003–200	2–4

## Продовження табл. 5.4

Речовина	% очищення	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Речовини з різким запахом			
сірководень, аміак, діметилсульфід, природні меркаптани	до 85 – 98%	0,00005– 50	2–4
Інші речовини			
озон, фтористий водень, антрацен, дибутилфталат, акролеїн, метілфенол, тетрагідрофуран, масляна кислота, вуглеводні	до 85 – 99%	0,03–200	1–4

ПКТ потрібна там, де необхідно очистити і стерилізація повітря; потрібно озонування та знезараження; є хімічні або лакофарбові виробництва; є зварювання, плазмова або лазерна різка металів, фанери, пластмас і гум; є целюлозно–паперове або поліграфічне виробництво; виробляється парфумерія, харчова або тютюнова продукція; проводиться водоочищення; на об'єктах тваринництва, птахівництва, зберігання харчової продукції [39].

#### 5.4 Порівняльна характеристика газоочисних установок

Аналіз схем та установок для очищення промислових викидів від формальдегіду представлено в табл. 5.5.

З таблиці видно, що найбільша ступінь очищення газів від формальдегіду при використанні газоконвектору – 98%. Інші газоочисні засоби показали майже однаковий результат – 95-96%.

Таблиця 5.5 – Порівняльна характеристика газоочисних установок

Показники	АБХУ	Каталітичне очищення	Каталітичне очищення	Газоконвертор	ПКТ очищення
Ступінь очистки, %	70-96	95-96	95-96	98	85-96
Спосіб очистки	Мокрий	Мокрий	Сухий	Сухий	Сухий
Оборотний цикл	+	+	-	-	-
Утворення стоку	-	+	-	-	-
Використання витратних компонентів	Мікроорганізми деструктори	Природний газ, каталізатори	Природний газ, каталізатори	-	Каталізатори
Наявність відходів	Органічний мул	Шлам	-	-	-
Кінцевий продукт	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ
Застосування	Хімічна промисловість, нафтогазова промисловість, виробництво фанери, ДСП, виготовлення пластмаси, полімерів, ливарне виробництво, вогнетривке виробництво, легка промисловість, деревообробне виробництво				

Сухі методи мають такі переваги:

- 1) не вимагають споруди дорогих систем водопостачання і шламової каналізації;
- 2) полегшують утилізацію вловленого продукту;
- 3) знижують корозійний знос устаткування і комунікацій;
- 4) характеризуються меншим споживанням електроенергії;
- 5) покращують умови розсіювання шкідливих викидів в атмосфері.

Газоконвертор має такі переваги: це сухий метод, який не потребує використання витратних компонентів, кінцевим продуктом є безпечні речовини, він не має відходів та може бути застосований у різних галузях промисловості.

ПКТ має такі переваги: це сухий метод, є можливість використовувати різні каталізатори і тим самим впливати на вартість та ступінь очистки, кінцевим продуктом є безпечні речовини, не має відходів так як каталізатори можна регенерувати або після повного відпрацювання повернути у виробництво нових каталізаторів, може бути застосований у різних галузях промисловості. Тому для очистки промислових газових викидів доцільно використовувати газоконвектор, ПКТ установку та каталітичне очищення.

### 5.5 Висновки до 5 розділу

1. У п'ятому розділі розглянуті заходи з мінімізації ризиків. Наведені сучасні методи очистки промислових газових викидів від формальдегіду. Проведено аналіз та порівняльну характеристику методів.

2. Для очистки промислових газових викидів доцільно використовувати сухі методи очищення у газоконвекторі, ПКТ установку та каталітичне очищення. Вони мають такі переваги: не потребують використання витратних компонентів, кінцевим продуктом є безпечні речовини, не мають відходів та можуть бути застосовані у різних галузях промисловості.

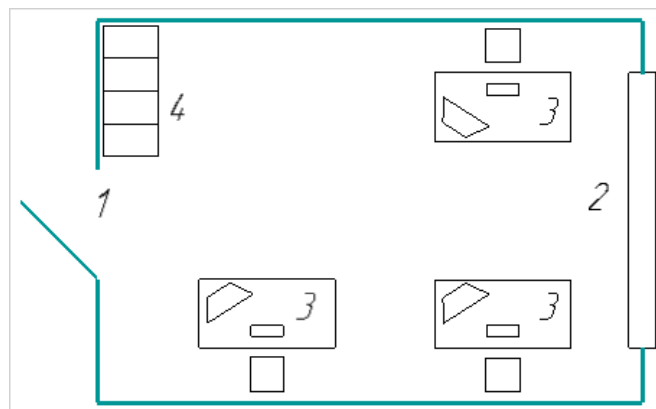
3. Каталізатори можна регенерувати або після повного відпрацювання повернути у виробництво нових каталізаторів, може бути застосований у різних галузях промисловості. Аналіз каталізаторів показав, що найбільший показник окиснення формальдегіду має каталізатор 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al.

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Одним з головних факторів підвищення продуктивності праці, а також збереження здоров'я працівників є забезпечення та поліпшення оптимальних умов праці. Через це постає актуальне питання аналізу та дослідження стану охорони праці у приміщенні є актуальним завданням.

Об'єктом дослідження є приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень ДУ «Запорізького обласного лабораторного центру МОЗ України» план якого наведено на рис. 6.1.



1 – вихід; 2 – вікно; 3 – робоче місце; 4 – шафа для документів

Рисунок 6.1 – План приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень

Загальна площа приміщення складає 25 м<sup>2</sup>, висота – 3,5 м, об'єм – 87,5 м<sup>3</sup>, приміщення має 1 вікно. У приміщенні розташовано 3 персональних



комп'ютера (ПК), розміщені 3 письмових стола та шафа для зберігання документів.

Кількість працюючих в приміщенні 3 чоловіка. Отже, на одного працюючого в приміщенні припадає 8,3 м<sup>2</sup>/чол. робочої площі та 29,17 м<sup>3</sup>/чол. робочого об'єму.

Згідно із СНіП 2.09.04–87 на кожного працюючого в приміщеннях повинно припадати не менше 4,5 м<sup>2</sup>/чол., а якщо використовується комп'ютерна техніка – 6 м<sup>2</sup>/чол. робочої площі. Висота приміщення – не менше 2,5 м.

Згідно СНіП 2.09.04–87 об'єм робочого приміщення, що припадає на одного працівника, повинен складати не менше 20 м<sup>3</sup>. У нашому випадку об'єм робочого приміщення на одного працюючого складає 29,17 м<sup>3</sup>/чол. робочого об'єму.

Отже, нормативи розмірів та забезпечення працюючих робочою площею та об'ємом дотримано.

В приміщенні відділення на інженера–еколога можуть негативно впливати наступні фактори:

**1) шкідливі:**

- недостатня освітленість робочого місця;
- електромагнітні випромінювання різних частотних діапазонів;
- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму;
- іонізація повітря;
- статична електрика;

**2) небезпечні:**

- безпека ураження електричним струмом;

**3) психофізіологічні:**

- нервово–емоційне напруження;
- розумове напруження;

- перенапруження зорового аналізатора;
- статичні, фізичні навантаження та недостатня рухома активність.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робочого місця інженера–еколога приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу інженера–еколога

№	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора, %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> : I клас безпеки – озон	0,1	0,1				40
	II клас безпеки						
	III–IV клас безпеки – оксиди азоту	5	2				40
2	Пил, фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>	4	2				50
3	Шум, дБА	50–60	58				75
4	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °C	22–24	22				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1–0,2	0,1				100
	- відносна вологість повітря, %	40–60	50				100
5	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці – легка, категорія напруженості праці – мало напружена					

Таким чином, аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в приміщенні характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

## 6.2 Заходи з поліпшення умов праці

При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому фоні.

При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 1,2 м; від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого – 2,5 м.

Екран ПК має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм, але не ближче ніж за 600 мм з урахуванням розміру літерно–цифрових знаків і символів.

Розташування екрана ПК має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 до нормальної лінії погляду працюючого.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5... 15°.

Необхідно дотримуватися графіку внутрішньо змінних регламентованих перерв, що сприятимуть збереженню здоров'я працюючих, буде запобігати професійним захворюванням і підтримувати працездатність.

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Рациональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук – вертикальні. Кут ліктьового суглоба коливається в межах 70–90°, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°, нахил голови 15–20° [42].

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007–98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно–обчислювальних машин» установлені санітарно–гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з комп'ютерною технікою (КТ). У виробничих приміщеннях на робочих місцях з комп'ютерною технікою мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й швидкості руху повітря згідно з ГОСТ 12.1.005–88, СН 4088–86, ДСН 3.3.6.042–99 (табл. 6.2).

### 6.3 Виробнича санітарія

В табл. 6.2 вказані норми мікроклімату для приміщень з комп'ютерною технікою (КТ).

Таблиця 6.2 – Норми мікроклімату для приміщень з КТ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Тепла пора року	Легка –1а	22–24	40–60	0,1
	Легка –1б	21–23	40–60	0,1
Холодна пора року	Легка –1а	23–25	40–60	0,1
	Легка –1б	22–24	40–60	0,2

У приміщеннях з КТ має бути забезпечений трикратний обмін повітря за годину. Для забезпечення постійних параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху і чистоти повітря) у приміщеннях можуть бути встановлені побутові кондиціонери типу БК–1500, БК–2000, БК–2500 та ін.

Приміщення з КТ повинні мати природне та штучне освітлення. При незадовільному освітленні знижується продуктивність праці користувачів КТ, можлива поява короткозорості, швидка стомлюваність

Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300–500 лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід установлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана не перевищувала 300 лк.

Як джерела штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від  $50^\circ$  до  $90^\circ$  з вертикаллю в поздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж  $200 \text{ кд/м}^2$ , захисний кут світильників – не менше ніж  $40^\circ$ . Показник засліплення для джерел загального штучного освітлення в кабінетах і класах з ПК не повинен перевищувати 20, а показник дискомфорту – 40 [42].

Рівень шуму створюється в приміщенні друкованими пристроями, розмножувальною технікою, обладнанням для кондиціонування повітря та вентиляторами систем охолодження. Тривала дія шуму високої інтенсивності призводить до патології слухового органу та негативно впливає на нервову систему. Шум призводить до швидкої стомлюваності людини, що в свою чергу веде до виробничих помилок.

Для зниження шуму під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, – прокладки з м'якої гуми, войлоку, завтовшки 6–8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин.

Зниження рівня шуму, проникаючого в виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей. Еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 60 дБА [43].

В якості заходів для зниження шуму можна запропонувати наступне: заміна матричного принтера на лазерний, оскільки він виробляє менший рівень шуму; установка нового устаткування з меншим рівнем шуму.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони являють собою джерела найбільш шкідливих випромінювань, що несприятливо впливають на здоров'я інженера–еколога. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова викликає велику реакцію, ніж електрична.

Рівні напруженості електростатичних полів повинні складати не більше 20 кВ/м. Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеному рівні напруженості полів слід скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви протягом півтора годин роботи, обов'язково застосовувати захисні екрани, не розміщувати їх концентровано в робочій зоні і вимикати їх, якщо на них не працюють.

Для безпечної роботи на ПК необхідно перебувати на відстані не менше 50 см від екрана дисплея. Для зниження впливу всіх видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

Для нейтралізації зарядів статичної електрики в приміщенні, з ПК, та на лазерних, та світлодіодних принтерах, рекомендується збільшувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів [42].

#### **6.4 Заходи з електробезпеки**

Заходи захисту від ураження електричним струмом передбачають використання їх при нормальному режимі роботи електрообладнання і підтримують їх безпеку в аварійних умовах. Вони поділяються на заходи

колективного і індивідуального захисту. Захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися: конструкцією електрообладнання, технічними засобами і засобами захисту, організаційними заходами. За конструкцією і виконанням, засобами встановлення, якістю ізоляції електрообладнання повинно відповідати умовам експлуатації згідно з відповідним нормативним документом.

До технічних засобів і заходів захисту від ураження електричним струмом належать: мала напруга, ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна); забезпечення недосяжності неізольованих струмоведучих частин; захисне заземлення; занулення, захисне відключення; вирівнювання потенціалів; електричне розділення мереж; компенсація струмів замикання на землю; огорожувальні улаштування; попереджуюча сигналізація; блокування; знаки безпеки; засоби захисту і запобіжні пристосування.

До організаційних заходів по забезпеченню електробезпеки під час експлуатації електрообладнання належать: призначення осіб, відповідальних за організацію і виконання робіт; документальне оформлення завдання на проведення робіт (наряд, розпорядження із записом у відповідний журнал, у порядку тривалої експлуатації з наступним записом у визначений журнал); допуск до проведення робіт; нагляд за працюючими під час виконання робіт; оформлення в наряді та оперативному журналі перерв в роботі, переведень на інші робочі місця і закінчення робіт.

Мала напруга – це номінальна напруга, яка не перевищує 42 В і застосовується для зменшення небезпеки ураження електричним струмом. Нормативними документами передбачається у виробничих умовах застосовувати два значення малої напруги – 12 В і 42 В. У приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних напруга для світильників місцевого, ремонтного освітлення і ручного інструменту не повинна перевищувати 42 В. Крім того, в особливо небезпечних приміщеннях, за несприятливих умов (наприклад, робота сидячи або лежачи на

струмопровідній підлозі) для живлення ручних переносних ламп потрібна ще більш низька напруга – 12 В.

Для ізоляції струмоведучі частини покривають або відділяють від інших частин шаром діелектрика. Ізоляція створює великий опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції зменшується з підвищенням температури, збільшенням напруги і внаслідок старіння в процесі роботи. Електричний опір основної ізоляції у холодному стані між окремими електричними ланцюгами і між цими ланцюгами та корпусами обладнання повинен бути не менше 2 мОм. Періодичні вимірювання опору ізоляції струмоведучих частин виконують в строки, встановлені особою, яка відповідає за електрогосподарство, згідно з нормативними документами з урахуванням місцевих умов. При цьому у приміщеннях без підвищеної небезпеки такі вимірювання проводяться не менше одного разу на рік; у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних – не менше двох разів на рік. Якщо опір ізоляції знижується на 50 % від початкового, мережу або ізоляцію міняють.

Недоступність неізольованих струмоведучих улаштувань досягається застосуванням стаціонарних огорожень і розташуванням струмоведучих частин на великій висоті або у недоступному місці. Щоб захистити від доторкування до струмоведучих елементів комутаційних апаратів, застосовують прилади закритої конструкції: пакетні вимикачі і перемикачі, рубильники та перемикачі з важільним приводом, комплектні пускові пристрої.

Орієнтування в струмообладнанні дає персоналу чітку інформацію під час виконання робіт і застерігає його від помилкових дій. Це забезпечується спеціальним маркуванням електрообладнання або його частин, системою сигналізації небезпеки, написами і табличками, відповідним розташуванням, фарбуванням неізольованих струмоведучих частин та ізоляції, які відрізняються забарвленням органів керування і світловою сигналізацією.



Фізична суть дії захисного заземлення, в основному, полягає у зниженні напруги дотику. Спеціально виконане електричне з'єднання між металевим корпусом обладнання, яке опинилося під напругою, і землею повинно мати достатньо малий, порівняно з тілом людини, опір, що дозволяє знизити силу струму, що проходить через тіло людини, яка торкнулася цього обладнання, до безпечної величини. У відповідності з існуючими вимогами найбільший допустимий опір розтіканню струму заземлюючого улаштування захисного заземлення електроустаткування напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю становить 10 Ом – при сумарній потужності джерела живлення не більше 100 кВ·А, і 4 Ом – понад 100 кВ·А. Отже, опір 4 Ом слід розглядати, як необхідну умову оптимального заземлення, що має бути покладено в основу його розрахунку.

Наявність з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустаткування з нульовим дротом живильної мережі перетворює замикання фази на корпус в однофазне коротке замикання. Струм короткого замикання, що виникає при цьому, повинен забезпечити спрацювання улаштування максимального струмового захисту і автоматично вимикати пошкоджене обладнання живильної мережі.

Занулення виконують у тих самих випадках, що і захисне заземлення. Це ефективний захист, якщо живлення електрообладнання відбувається від чотиридротових мереж з глухозаземленою нейтраллю трансформатора напругою до 1000 В.

Захисне відключення застосовують як основний засіб захисту спільно із захисним заземленням або зануленням. У цьому разі обладнання захисного відключення повинно забезпечувати безпеку при доторканні до корпусу обладнання, яке опинилося під напругою, здійснювати автоматичний контроль безперервності ланцюгів захисного заземлення і занулення, а також самоконтроль [44].

## 6.5 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Приміщення відділу екологічної безпеки за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії В, за вибухонебезпечною робочою зоною приміщень належить до класу В–Па, за пожежонебезпечною робочою зоною належить до класу П–Па. За ступенем вогнестійкості будівель та споруд приміщення належить до 2 ступеня [45].

Причинами виникнення пожежі в приміщенні можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробоя ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

У разі виникнення пожежі або її ознаки (задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури в приміщенні тощо) [46]:

- негайно повідомити про це службу порятунку за телефоном: 101 (при цьому слід чітко назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також свою посаду та прізвище);
- організувати оповіщення працівників та відвідувачів про пожежу;
- організувати евакуацію людей з будівлі до безпечного місця (рис 6.2);
- повідомити керівництво про виникнення пожежі;
- вжити заходів для збереження матеріальних цінностей та гасіння (локалізації) пожежі наявними засобами пожежогасіння;
- організувати зустріч пожежних підрозділів; – у разі необхідності викликати інші аварійно–рятувальні служби (медичну, газову та ін.);
- виходячи з приміщення, де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення.

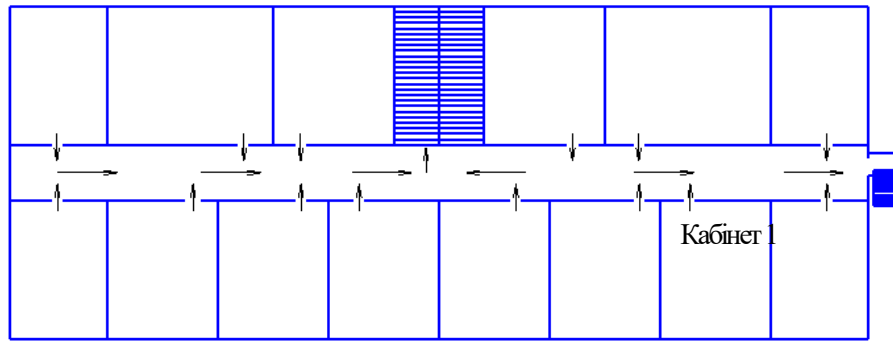


Рисунок 6.2 – План евакуації персоналу у разі виникнення пожежі з кабінету 1

### 6.6 Розрахунок повітрообміну у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів

Розрахуємо повітрообмін у приміщенні при працюючих в кількості 3 особи, 3 комп'ютера, принтеру і сканеру, потужності освітлювальних приладів 420 Вт. Температура повітря у приміщенні 24 °С. Максимальна кількість тепла від сонячної радіації через вікна 150 Вт. Різниця температур припливного та видаляемого повітря складає ~5 °С. Кількість явного тепла, яке виділяється однією людиною 95 Вт. Теплоємність повітря  $C_p=1000$  Дж/кг; щільність  $\rho=1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Потужність одного комп'ютера 500 Вт.

Проведемо розрахунок надходження тепла в приміщення, Вт:

$$Q_{\text{надл.}} = Q_{\text{обл.}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв.}} + Q_{\text{рад.}},$$

Надходження тепла під час роботи обладнання, Вт:

$$Q_{\text{обл.}} = n \cdot P \cdot k_1 \cdot k_2,$$

де  $n$  – кількість комп'ютерів,  $n=3$ ;

$P=500$  Вт – встановлена потужність комп'ютера;

$k_1 = 0,8$ , коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_2 = 0,5$ , коефіцієнт одночасної роботи обладнання;

$$Q_{обл.} = 4 \cdot 500 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 600 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо надходження тепла від людей, Вт:

$$Q_{л} = n_{л} \cdot q_{л},$$

$$Q_{л} = 3 \cdot 95 = 285 \text{ Вт.}$$

Обчислюємо кількість загального тепла в приміщенні:

$$Q_{надл.} = 420 + 285 + 600 + 150 = 1455 \text{ Вт.}$$

Проведемо розрахунок повітрообміну, м<sup>3</sup>/Год:

$$L = \frac{Q \cdot 3600}{C_p \cdot \rho \cdot (t_{вуд} - t_{принл.})}, \quad (6.4)$$

$$L = \frac{1455 \cdot 3600}{1000 \cdot 1,2 \cdot (24 - 19)} = 873 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати не менше 870 м<sup>3</sup>/год повітря.

## 6.7 Висновки до 6 розділу

1. В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуті потенційно небезпечні і шкідливі фактори приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень; розроблені заходи щодо виробничої санітарії, електробезпеки, пожежної та техногенної безпеки.

2. Наведено план приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень та план евакуації персоналу у разі виникнення пожежі.

3. Розраховано повітрообмін у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів, таким чином, для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати у приміщення не менше 870 м<sup>3</sup>/год повітря.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Заводському районі за період з 2016 року по 2020 рік показав, що найбільші рівні концентрації спостерігаються на вулиці Морфлотській за весь досліджуваний період.

2. Аналіз середньорічних концентрацій в Заводському районі за період з 2016 року по 2018 рік показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. В період з 2018 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2018 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Заводського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.

3. Аналіз рівнів концентрацій формальдегіду на досліджуваних вулицях в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2020 рік показав, що найбільші рівні концентрації спостерігаються на проспекті Соборному за весь досліджуваний період.

4. Аналіз середньорічних концентрацій в Вознесенівському районі за період з 2016 року по 2017 рік показав, що зменшення рівня концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. В період з 2017 року по 2020 рік спостерігається підвищення рівня концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району. Найменший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2017 році. Найбільший рівень концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі Вознесенівського району за досліджуваний період спостерігається в 2020 році.

5. Розглянуто характеристики забруднюючої речовини – формальдегіду. Наведено джерела утворення формальдегіду – природні та антропогенні. Описано токсичну дію формальдегіду та наслідки його впливу на здоров'я людини. Формальдегід має нейротоксичну, місцево-подразнюючу, гепатоксичну та канцерогенну дії та може підсилювати канцерогенний ефект інших речовин. Міжнародного агентства з вивчення раку включає формальдегід в групу ймовірних канцерогенів. Наведено заходи з першої допомоги при отруєнні формальдегідом.

6. Наведено загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме: ідентифікацію небезпеки, оцінку експозиції, характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза–відповідь»), характеристику ризику.

Згідно методології розрізняють 4 рівні канцерогенного ризику: високий, середній, низький та мінімальний.

При плануванні довгострокових програм, встановлення регіональних гігієнічних нормативів доцільно орієнтуватися на величину цільового ризику – такого рівня ризику, який має бути досягнутий у результаті проведення заходів з управління ризиком. Величина цільового ризику для умов населених місць в Україні лежить в межах низького рівня.

7. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $6,92 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,55 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на Фінальній вулиці.

8. Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Заводському районі склав –  $2,06 \cdot 10^{-4} \div 2,7 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.

9. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,84 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $8,57 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році на Фінальній вулиці, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$  рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

10. Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Заводському районі склав –  $1,23 \cdot 10^{-4} \div 1,8 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.

11. Популяційний канцерогенний ризик PCR **при гострому впливі** в Заводському районі складає  $11,3 \div 13,8$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

12. Популяційний канцерогенний ризик PCR **при хронічному впливі** в Заводському районі складає  $9,0 \div 6,3$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.



13. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Заводському районі складає  $1,4 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини .

14. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Заводському районі складає  $1,14 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

15. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при гострому впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,3 \cdot 10^{-4}$  в 2020 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,3 \cdot 10^{-4}$  в 2017 році на Рекордній та Волоградській вулицях.

16. Індивідуальний канцерогенний ризик **при гострій дії** в Вознесенівському районі склав –  $1,4 \cdot 10^{-4} \div 3,04 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

17. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) **при хронічному впливі**. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $2,1 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $9 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році, що, свідчить про низький – припустимий ризик ( $10^{-6} < ICR < 10^{-4}$

рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення) при хронічному впливі.

18. Індивідуальний канцерогенний ризик **при хронічній дії** в Вознесенівському районі склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 2 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст). В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

19. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $28 \div 14,7$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

20. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $18,18 \div 11,72$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

21. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **гострому впливі** в Вознесенівському районі складає  $1,44 \div 2,74$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

22. Популяційний канцерогенний ризик PCR при **хронічному впливі** в Вознесенівському районі складає  $0,9 \div 1,78$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

23. У п'ятому розділі розглянуті заходи з мінімізації ризиків. Наведені сучасні методи очистки промислових газових викидів від формальдегіду. Проведено аналіз та порівняльну характеристику методів.

24. Для очистки промислових газових викидів доцільно використовувати сухі методи очищення у газоконвекторі, ПКТ установку та каталітичне очищення. Вони мають такі переваги: не потребують

використання витратних компонентів, кінцевим продуктом є безпечні речовини, не мають відходів та можуть бути застосовані у різних галузях промисловості.

25. Каталізатори можна регенерувати або після повного відпрацювання повернути у виробництво нових каталізаторів, може бути застосований у різних галузях промисловості. Аналіз каталізаторів показав, що найбільший показник окиснення формальдегіду має каталізатор 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al.

26 В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуті потенційно небезпечні і шкідливі фактори приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень; розроблені заходи щодо виробничої санітарії, електробезпеки, пожежної та техногенної безпеки.

27. Наведено план приміщення відділення організації епідеміологічних досліджень та план евакуації персоналу у разі виникнення пожежі.

28. Розраховано повітрообмін у приміщенні відділу досліджень фізичних та хімічних факторів, таким чином, для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно подавати у приміщення не менше 870 м<sup>3</sup>/год повітря.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Белоконь К.В., Тарабан Є.В. Дослідження забруднення атмосферного повітря промислового міста як фактор ризику для здоров'я його мешканців. Матеріали науково–практичної конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія». Полтава: РолтНТУ, 2019. С. 49.

2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2019 році. Запоріжжя : Запорізька обласна державна адміністрація, 2020. 284 с.

3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2017 році. Запоріжжя : Запорізька обласна державна адміністрація, 2018. 301 с.

4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2018 році. Запоріжжя : Запорізька обласна державна адміністрація, 2019. 289 с.

5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році. Запоріжжя: Запорізька обласна державна адміністрація, 2017. 323 с.

6. Рабинович В.А., Хавин З.Я. "Краткий химический справочник" Ленинград : Химия, 1977. С. 163

7. Какарека С.В., Ашурко Ю.Г. Анализ и оценка источников выбросов формальдегида в атмосферный воздух на территории Беларуси. Природопользование: сб. науч. работ. Минск. 2012. Вып. 21. С. 75–82.

8. Какарека С.В., Мальчихина А.В. Оценка источников и уровней поступления формальдегида в атмосферный воздух (на примере г. Гомеля) *Природные ресурсы*: сб. науч. работ. Минск. 2011. Вып 1. С. 107–115.

9. Гомонай, В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в

містах України. Екологічний вісник: зб. наук. праць. Київ. 2007. Вип. 1 (41). С. 10–12.

10. Шевченко О., Яценко Ю., Данілова Н.. Особливості часових змін концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі міст України. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: зб. наук. праць. Київ. 2016. Вип. 2. С. 24–29.

11. Бубнова Д. А., Ролевич. И. В.. Загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом в процессе производства продукции деревообработки. Репозиторий БНТУ : сб. наук. работ. Минск. 2011. С. 24.

12. Про затвердження гігієнічного нормативу «Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини» : МОЗ України. НАКАЗ № 7 від 13.01.2006

13. Карта даних небезпечного фактору (формальдегід). // Державний реєстр небезпечних факторів. 2018. С. 1–10.

14. «Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». МОЗ НАКАЗ № 184 від 13.04.2007.

15. Белоконь К.В. Аналіз та оцінка екологічних ризиків: навчально–методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 7.070802 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування». Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 176 с.

16. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Москва.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

17. Запорізька міська рада [Електронний ресурс] //[сайт]. Запоріжжя, 2020. URL: <https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista> (дата звернення: 27.11.2020).

18. Паспорт Вознесенівського району [Електронний ресурс] //[сайт]. Запоріжжя, 2020. URL:<https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista> (дата звернення: 27.11.2020).

19. Паспорт Заводського району [Електронний ресурс]//[сайт]. Запоріжжя, 2020. URL:<https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista> (дата звернення: 27.11.2020).

20. Белоконь К. В., Міхайлуца О. М., Зануда Т. О., Тарабан Є. В. Прогнозування розсіювання в атмосферному повітрі викидів промислових підприємств, що містять оксид вуглецю і вуглеводні. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). 2019. № 2 (35). С. 104-109.

21. Белоконь К. В., Троїцька О. О., Тарабан Є. В. Аналіз та оцінка ризику впливу забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення м. Запоріжжя. III спеціалізований міжнародний екологічний форум «Еко Форум – 2019». Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2019. С. 31-32.

22. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Аналіз та оцінка ризику впливу забрудненого атмосферного повітря для здоров'я населення Заводського району м. Запоріжжя. Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019». Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Т. 5 С. 367-369.

23. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами металургійних підприємств м. Запоріжжя. Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів і молодих учених «Молода академія –2019». Дніпро : НМетАУ, 2019. Т. 1 С. 133-134.

24. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка сумарного рівня забруднення атмосфери В м. Запоріжжя. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці. Запоріжжя : II ЗНУ, 2019. Т. 2 С. 131.

25. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка неканцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств. Науково-практична конференція Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт за спеціальністю «Екологія». Полтава: Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка, 2020. С. 61.

26. Белоконь К. В., Тарабан Є. В., Столпакова О. В. Покращення екологічного стану атмосфери промислового міста шляхом каталітичного окиснення викидів оксиду вуглецю у відхідних газах металургійних підприємств. Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. Т. 5 С. 164-166.

27. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя формальдегідом. IV Спеціалізований міжнародний Запорізький екологічний форум "Еко Форум - 2020". Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2020. С. 335-336.

28. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом. XXV науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (24-27 листопада 2020). Запоріжжя : ЗНУ, 2020. С. 361.

29. Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Тарабан Є. В., Столпакова О. В. Дослідження впливу модифікування Ni-Al сплавів на їх каталітичні властивості при знешкодженні газових викидів в атмосферу. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). 2020. № 1 (36). С. 153-158.

30. Белоконь К. В., Тарабан Є. В. Дослідження каталітичної активності інтерметалідних каталізаторів для знешкодження відхідних газів промислових підприємств. XI Всеукраїнська конференція молодих вчених «Молоді вчені 2020 - від теорії до практики». Дніпро : Дніпро-Дике Поле, 2020. С. 199-202.

31. Борисенко О.Н. «Экологические аспекты производства периклазоуглеродистых материалов». Украина, Харьков, ХНЭУ имени Семена Кузнеця.

32. Большина Е.П. Экология металлургического производства, курс лекций. Новотроицк : НФ НИТУ «МИСиС», 2012. 155 с.

33. Экологические проблемы литейного производства и пути их развития, Кривицкий В.С. (ЗАО «ЦНИИМ–Инвест») [Электронный ресурс] // [сайт] URL:<http://ci.crtm.ru/examples/my-components/news/329/> (дата звернення 28.11.2020).

34. Экология литейного производства / за ред. А.Н. Болдина, С.С. Жуковского, А.Н. Поддубного, А.И. Яковлева, В.Л. Крохотина. Брянск : Издательство БГТУ, 2001. 316 с.

35. ЛКМ Портал [Электронный ресурс] // [сайт] URL:<https://www.lkmportal.com/> (дата звернення 28.11.2020).

36. Теория и технология литейного производства: лабораторный практикум для студентов специальности 1–36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной и заочной формы обучения / сост.: Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов. – Минск : БНТУ, 2016. – 65 с.

37. Прибылов А. В., Опыт применения биотехнологии для очистки вентиляционных выбросов в литейном производстве. Прибылов А. В., Вит Н.Н., Агеенко М.В. Сборник докладов и каталог конференций XIII Международной конференции «Пылегазоочистка – 2020», г. Москва, ООО «ИНТЕХЭКО», 29 сентября 2020 г..

38. Петрунин К.О., Направления использования газоконверторов «Ятаган» и достигаемые показатели очистки воздуха от загрязняющих веществ и запаха. Сборник докладов и каталог конференций XI Международной конференции «Пылегазоочистка – 2018», г. Москва, 25–26 сентября 2018 г..

39. Баграм М.Х., Лиховский А.А. Очистка газа от органических примесей. Сборник докладов «Пылегазоочистка – 2010», г. Москва, ГК «Измайлов», 28–29 сентября 2010 г..

40. Катализатор очистки газовых выбросов промышленных производств/ Н.М. Попова – М.: Химия, 1991. 176 с.

41. Пат. 45154 Україна, МПК В01J25/00. Каталізатор для очищення оксиду вуглецю і вуглеводнів / Серета Б.П., Кожемякін Г.Б, Савела К.В.,



Белоконь Ю.О., Рижков В.Г. – № и 2009 05588; заяв 01.06.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. 20. – 3 с.

42. Охорона праці при роботі з комп'ютерною технікою і обчислювальними машинами [Електронний ресурс] //[сайт]. URL: [https://studopedia.com.ua/1\\_397376\\_ohorona-pratsi-pri-roboti-z-kompyuternoju-tehnikoju-i-obchislyuvalnimi-mashinami.html](https://studopedia.com.ua/1_397376_ohorona-pratsi-pri-roboti-z-kompyuternoju-tehnikoju-i-obchislyuvalnimi-mashinami.html) (дата звернення: 01.12.2020).

43. Геврик Є.О. Охорона праці: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

44. Файловый архив студентов. STUDFILES [Електронний ресурс] //[сайт]. URL: <https://studfiles.net/preview/5056643/page:3/> (дата звернення 02.06.2019).

45. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. Москва. 1992.

46. Інструкція з питань техногенної безпеки, пожежної безпеки та цивільного захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

47. ДСТУ 3008:2015 інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Концентрації формальдегіду

Таблиця А.1 – Середньорічна концентрація формальдегіду (СН<sub>2</sub>О) за даними ДУ «Запорізьким ОЛЦ МОЗ України» на досліджуваних вулицях Вознесенівського району

Номер вулиці	Вулиця	Концентрація формальдегіду, мг/м <sup>3</sup>				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Рекордна		0,013	0,014	0,0176	0,0262
2	Незалежної України		0,011	0,016	0,0160	0,0217
3	бул. Центральний	0,012	0,011	0,016	0,0140	0,0187
4	Волоградська		0,01	0,015	0,0157	0,0173
5	Адмірала Нахімова		0,012	0,015	0,0144	0,0231
6	Сєдова	0,017	0,012	0,015	0,0150	0,0196
7	пр. Соборний		0,015	0,015	0,0150	0,0243
8	бул. Шевченка		0,012	0,011	0,0130	0,0215

Таблиця А.2 – Середньорічна концентрація формальдегіду (СН<sub>2</sub>О) за даними ДУ «Запорізьким ОЛЦ МОЗ України» на досліджуваних вулицях Заводського району

Номер вулиці	Назва вулиці	Концентрація формальдегіду, мг/м <sup>3</sup>				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Фінальна	0,0105	0,014	0,014	0,014	0,022
2	Фундаментальна	0,014	0,011	0,013	0,013	
3	Морфлотська	0,047	0,014	0,017	0,0345	0,028
4	Зразкова	0,013	0,016	0,014	0,014	0,024

Таблиця А.3 – Середньорічні концентрація **формальдегіду (СН<sub>2</sub>О)** за даними ДУ «Запорізьким ОЛЦ МОЗ України» в Вознесенівському та Заводському районах

Рік	Вознесенівський район	Заводський район
2016	0,014	0,017
2017	0,011	0,015
2018	0,015	0,014
2019	0,015	0,019
2020	0,024	0,022

## Додаток Б

## Канцерогенні ризики в Заводському районі

Таблиця Б.1 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення при **гострому** впливі на досліджуваних вулицях Заводського району

Но-мер вулиці	Назва вулиці	LADD, мг/(кг·день)					ICR					PCR, чол				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Фінальна	0,00186	0,00249	0,00249	0,00395	0,00609	$1,55 \cdot 10^{-5}$	$2,06 \cdot 10^{-4}$	$2,06 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09
2	Фундаментальна	0,00249	0,00196	0,00231	0,00352		$2,06 \cdot 10^{-4}$	$1,62 \cdot 10^{-5}$	$2,06 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$		0,04	0,03	0,04	0,06	
3	Морфлотська	0,00835	0,00249	0,00302	0,00945	0,00755	$6,92 \cdot 10^{-4}$	$2,06 \cdot 10^{-4}$	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,14	0,04	0,05	0,15	0,12
4	Зразкова	0,00231	0,00284	0,00249	0,00372	0,00652	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$2,36 \cdot 10^{-4}$	$2,50 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	0,04	0,05	0,04	0,06	0,10

Таблиця Б.2 – Результати розрахунків середньої добової дози для здоров'я населення при **хронічному** впливі на досліджуваних вулицях Заводського району

Номер вулиці	Назва вулиці	ADDchb, мг/(кг·день)					ADDchs, мг/(кг·день)					ADDcha, мг/(кг·день)				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Фінальна	0,0027	0,0036	0,0036	0,0037	0,0057	0,0048	0,0064	0,0064	0,0066	0,0102	0,0032	0,0042	0,0042	0,0043	0,0067
2	Фундаментальна	0,0036	0,0028	0,0033	0,0033		0,0064	0,0050	0,0059	0,0059		0,0042	0,0033	0,0039	0,0039	
3	Морфлотська	0,0120	0,0036	0,0044	0,0088	0,0071	0,0215	0,0064	0,0078	0,0158	0,0126	0,0142	0,0042	0,0051	0,0104	0,0083
4	Зразкова	0,0033	0,0041	0,0036	0,0035	0,0061	0,0059	0,0073	0,0064	0,0062	0,0109	0,0039	0,0048	0,0042	0,0041	0,0072

Таблиця Б.3 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення при **хронічному** впливі на досліджуваних вулицях Заводського району

Но-мер вулиці	Назва вулиці	LADDabc, мг/(кг·день)					ICRabc					PCRabc				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Фінальна	0,00186	0,00249	0,00249	0,00256	0,00395	$8,57 \cdot 10^{-5}$	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06
2	Фундаментальна	0,00249	0,00196	0,00231	0,00229		$1,14 \cdot 10^{-4}$	$8,99 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-4}$		0,04	0,03	0,04	0,04	
3	Морфлотська	0,00835	0,00249	0,00302	0,00613	0,0049	$3,84 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,14	0,04	0,05	0,10	0,08
4	Зразкова	0,00231	0,00284	0,00249	0,00241	0,00423	$1,06 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	0,04	0,05	0,04	0,04	0,06

Таблиця Б.4 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення в Заводському районі за досліджуваний період

Рік	Гострий вплив				Хронічний вплив						
	LADD, мг/(кг·день)	ICR	PCR на все населення	PCR на 10 тис. чол.	ADDchb, мг/(кг·день)	ADDchc, мг/(кг·день)	ADDcha, мг/(кг·день)	LADDabc, мг/(кг·день)	ICRabc	PCRabc на все населення	PCRabc на 10 тис. чол.
2016	0,0054	$2,50 \cdot 10^{-4}$	12,7	2,5	0,0040	0,0078	0,0051	0,0030	$1,39 \cdot 10^{-4}$	7,7	1,39
2017	0,0048	$2,21 \cdot 10^{-4}$	11,3	2,21	0,0040	0,0069	0,0045	0,0027	$1,23 \cdot 10^{-4}$	6,3	1,23
2018	0,0045	$2,06 \cdot 10^{-4}$	11,4	2,06	0,0040	0,0069	0,0042	0,0025	$1,14 \cdot 10^{-4}$	6,3	1,14
2019	0,0052	$2,37 \cdot 10^{-4}$	13,2	2,37	0,0048	0,0086	0,0057	0,0033	$1,54 \cdot 10^{-4}$	8,5	1,54
2020	0,0059	$2,7 \cdot 10^{-4}$	13,8	2,7	0,0056	0,0099	0,0065	0,0039	$1,8 \cdot 10^{-4}$	9,0	1,8

## Додаток В

## Канцерогенні ризики в Вознесенівському районі

Таблиця В.1 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення при гострому впливі

Номер вулиці	Вулиця	LADD, мг/(кг·день)					ICR					PCR				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Рекордна		0,002904	0,00563	0,0048	0,00719		$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$		0,18	0,18	0,18	0,19
2	Незалежної України		0,003014	0,00512	0,0044	0,00595		$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$		0,18	0,18	0,2	0,24
3	бул. Центральний	0,00384	0,003014	0,00448	0,0038	0,00513	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0,2	0,18	0,18	0,18	0,19
4	Волоградська		0,002877	0,0048	0,0043	0,00474		$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$		0,17	0,17	0,18	0,19
5	Адмірала Нахімова		0,003288	0,0048	0,0039	0,00634		$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$		0,2	0,2	0,2	0,25
6	Седова	0,00544	0,003274	0,0048	0,0041	0,00538	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,28	0,2	0,2	0,2	0,23
7	пр. Соборний		0,00411	0,0048	0,0041	0,00665		$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$		0,25	0,25	0,25	0,26
8	бул. Шевченка		0,003288	0,0035	0,0036	0,0059		$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$		0,2	0,2	0,21	0,22

Таблиця В.2 – Результати розрахунків середньої добової дози для здоров'я населення при **хронічному** впливі

Номер вулиці	Назва вулиці	ADDchb, мг/(кг·день)					ADDchc, мг/(кг·день)					ADDcha, мг/(кг·день)				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Рекордна		0,00271	0,0045	0,0045	0,00671		0,00484	0,00804	0,0080	0,01198		0,00319	0,00531	0,0053	0,00791
2	Незалежної України		0,00281	0,00409	0,0041	0,005551		0,005023	0,00731	0,0073	0,00991		0,00332	0,00482	0,0048	0,00654
3	бул. Центральний	0,00368	0,00281	0,00358	0,0036	0,004791	0,00548	0,005023	0,00639	0,0064	0,00856	0,00362	0,00332	0,00452	0,0042	0,00565
4	Волоградська		0,00268	0,00384	0,0040	0,004424		0,004795	0,00685	0,0072	0,0079		0,00316	0,00452	0,0047	0,00521
5	Адмірала Нахімова		0,00307	0,00384	0,0037	0,005917		0,005479	0,00685	0,0066	0,01057		0,00362	0,00452	0,0043	0,00697
6	Седова	0,00435	0,00306	0,00384	0,0038	0,005022	0,00776	0,005457	0,00685	0,0068	0,00897	0,00512	0,0036	0,00452	0,0045	0,00592
7	пр. Соборний		0,00384	0,00384	0,0038	0,006209		0,006849	0,00685	0,0068	0,01109		0,00452	0,00452	0,0045	0,00732
8	бул. Шевченка		0,00307	0,00281	0,0033	0,005503		0,005479	0,00502	0,0059	0,00983		0,00362	0,00331	0,0039	0,00649

Таблиця В.3 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення при **хронічному** впливі

Номер вулиці	Назва вулиці	LADDabc, мг/(кг·день)					ICRabc					PCRabc				
		2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
1	Рекордна		0,0019	0,0031	0,0031	0,004663		$9 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$		0,10	0,16	0,35	0,37
2	Незалежної України		0,0020	0,0028	0,0028	0,003857		$9 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$		0,09	0,15	0,72	0,77
3	бул. Центральний	0,0021	0,0020	0,0025	0,0025	0,00333	$9,8 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,11	0,13	0,13	0,19	0,21
4	Волоградська		0,0019	0,0027	0,0028	0,003074		$9 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$		0,10	0,14	0,22	0,23
5	Адмірала Нахімова		0,0021	0,0027	0,0026	0,004112		$1 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$		0,10	0,14	0,04	0,04
6	Седова	0,0032	0,0021	0,0027	0,0027	0,00349	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0,16	0,10	0,14	0,13	0,14
7	пр. Соборний		0,0027	0,0027	0,0027	0,004315		$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$		0,14	0,14	0,62	0,63
8	бул. Шевченка		0,0021	0,0019	0,0023	0,003824		$1 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$		0,11	0,10	0,45	0,47

Таблиця В.4 – Результати розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенного ризику для здоров'я населення при в Вознесенівському районі за досліджуваний період

Рік	Гострий вплив				Хронічний вплив						
	LADD, мг/(кг·день)	ICR	PCR на все населення	PCR на 10 тис. чол.	ADDchb, мг/(кг·день)	ADDchc, мг/(кг·день)	ADDcha , мг/(кг·день)	LADDabc, мг/(кг·день)	ICRabc	PCRabc на все населення	PCRabc на 10 тис. чол.
2016	0,0035	$1,65 \cdot 10^{-4}$	16,9	1,65	0,00358	0,00639	0,00422	0,00249	$1,4 \cdot 10^{-4}$	11,72	1,14
2017	0,0030	$1,4 \cdot 10^{-4}$	14,7	1,44	0,00300	0,00500	0,00300	0,00200	$9 \cdot 10^{-5}$	9,55	0,93
2018	0,0040	$1,84 \cdot 10^{-4}$	18,7	1,84	0,00384	0,00685	0,00452	0,00267	$1,2 \cdot 10^{-4}$	12,44	1,23
2019	0,0041	$1,87 \cdot 10^{-4}$	19,0	1,87	0,00380	0,00678	0,00448	0,00264	$1,2 \cdot 10^{-4}$	12,32	1,21
2020	0,0066	$3,05 \cdot 10^{-4}$	28,0	2,74	0,00618	0,01104	0,00728	0,00429	$2,0 \cdot 10^{-4}$	18,18	1,78



Міністерство освіти і науки України  
Інженерний навчально-науковий інститут  
Запорізького національного університету  
Кафедра прикладної екології та охорони праці

**Кваліфікаційна робота  
на тему:**

**«Аналіз заходів зі зменшення канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря формальдегідом»**

Виконала:

Керівник: к.т.н.,

ст. гр. 8.1839  
Тарабан Є.В.  
доц. каф. ПЕОП  
Белоконь К.В.

м. Запоріжжя  
2020 р.

# Мета та завдання кваліфікаційної роботи 2

**Метою** кваліфікаційної роботи є порівняльний аналіз рівнів канцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря викидами формальдегіду та проаналізувати заходи зі зменшення канцерогенного ризику.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних завдань:

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення Вознесенівського та Заводського районів, що зазнає впливу від викидів антропогенних джерел;
- оцінити токсичність викидів формальдегіду, що характеризує вплив на здоров'я населення із урахуванням вимог етапу ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза–відповідь»;
- розрахувати та оцінити індивідуальні та популяційні канцерогенні ризики (ICR, PCR);
- проаналізувати методи з мінімізації канцерогенного ризику.

**Об'єкт дослідження** – вплив викидів формальдегіду на формування канцерогенного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії антропогенних джерел викидів.

**Предмет дослідження** – канцерогенні ризики для здоров'я населення, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря формальдегідом.

**Методи дослідження.** При виконанні кваліфікаційної роботи було використано загальну процедуру методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, яка передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів. Статистична обробка результатів проводилась з використанням комп'ютеризованої програми Microsoft Excel.

## **Наукова новизна та практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи**

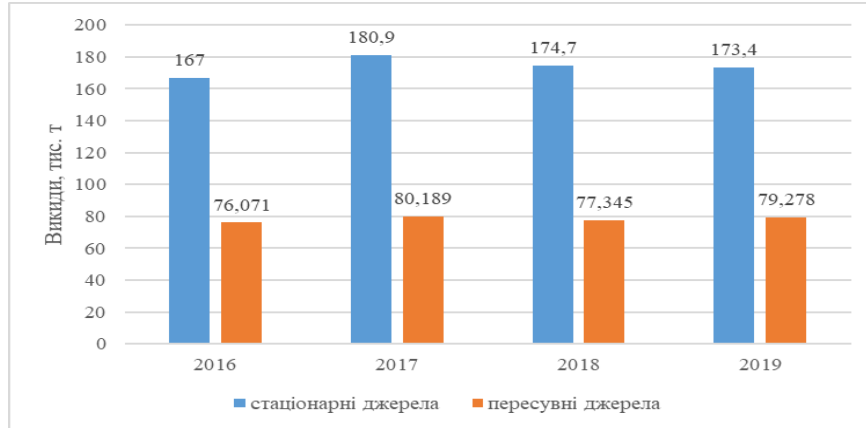
### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше науково обґрунтована та надана ризикометрична оцінка впливу атмосферних забруднень на стан здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя за період 2016 – 2020 рік. Обґрунтовано заходи щодо управління та мінімізації канцерогенного ризику для здоров'я населення, зумовленого впливом антропогенного забруднення довкілля.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Отримані результати щодо оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря Заводського та Вознесенівського районів міста Запоріжжя формальдегідом можуть бути впроваджені в практичну діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», Управління з питань охорони здоров'я Запорізької міської ради, Управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради.

# Динаміка обсягів викидів забруднювачів в повітря (а), вміст забруднюючих речовин (мг/м<sup>3</sup>) у вихлопних газах автомобілів, що використовують різне паливо (б) та динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел



а

Речовина	Тип палива		
	Газ метан	Бензин А-80	Бензин А-95
Формальдегід	0,177	0,057	0,074
Оксид азоту	0,242	0,102	0,058
Діоксин азоту	0,180	0,051	0,077
Сірчистий газ	0,008	0,147	0,008
Оксид вуглецю	10,0	60	12

б

Назва підприємства	Динаміка обсягів викидів в атмосферне повітря, тис. т/рік			
	2016	2017	2018	2019
ПАТ «Запоріжсталь»	50,719	50,834	52,294	51,831
ПАТ «Запорізький завод феросплавів»	8,588	7,656	7,512	7,061
ПАТ «Запорізький абразивний комбінат»	1,766	1,974	2,488	2,412
ПрАТ «Запоріжжюкс»	1,98	1,946	1,804	1,625
ПАТ «Український графіт»	1,082	1,254	1,426	1,359
ПАТ «Запоріжвогнетрив»	0,327	0,35	0,281	0,307
ТОВ «Запорізький титано – магнієвий комбінат»	0,971	0,92	0,816	0,761
АТ «Мотор Січ»	0,86	0,707	0,575	0,548

в

# Параметри токсичності формальдегіду

Назва речовини	CAS	ГДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класифікація канцерогенів МАВР / ЕРА	RfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*	ARfC, мг/м <sup>3</sup> , вплив на органи і системи*
Формальдегід	50-00-0	0,035	0,003	2A/B1	0,003, ОД, ОЗ, ІС	0,048, ОД, ОЗ

Примітка.\* ОД – вплив на органи дихання; кров – вплив на кровоносну систему; ОЗ – вплив на органи зору; ІС – вплив на імунну систему, включаючи розвиток алергічних реакцій.

Хронічне отруєння формальдегідом викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення, головні болі, розлад зору і координації, хронічну втому, сонливість, млявість, загальмованість, розлад потовиділення, і регуляції температури тіла.

# Методи дослідження

$$LADD = \frac{C \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365}$$

де LADD – середня добова доза при гострій дії, мг/(кг·доба);

C – концентрація речовини в забрудненому середовищі, мг/л, мг/м<sup>3</sup>, мг/см<sup>2</sup>, мг/кг;

CR – швидкість надходження впливаючого середовища 20 м<sup>3</sup>/добу;

ED – тривалість дії, 70 років;

EF – частота дії, 350 днів/рік;

BW – маса тіла людини, 60 кг;

AT – період усереднювання експозиції, 70 років;

365 – число днів в році.

$$ICR = LADD \cdot SF$$

де ICR – Індивідуальний канцерогенний ризик;

LADD – середньодобова доза протягом життя, мг/(кг·доба);

SF – фактор нахилу, (мг/(кг·доба))<sup>-1</sup>.

Для формальдегіду дорівнює

0,046 (мг/(кг·доба))<sup>-1</sup>.

$$LADD = \frac{(EDb \cdot ADDchb) + (EDc \cdot ADDchc) + (EDa \cdot ADDcha)}{AT}$$

де LADD – довічна середня добова доза при хронічній дії, мг/(кг·доба);

EDb – тривалість експозиції для дітей молодшого віку (0 – < 6 років) – 6 років;

EDc – тривалість експозиції для дітей старшого віку (6 – < 18 років) – 12 років;

EDa – тривалість експозиції для дорослих (18 і більше років) – 18 років;

ADDchb – хронічна середня добова доза для дітей молодшого віку, мг/(кг·доба);

ADDchc – хронічна середня добова доза для дітей старшого віку, мг/(кг·доба);

ADDcha – хронічна добова доза для дорослого, мг/(кг·добу);

AT – час осереднення, 70 років.

$$PCR = ICR \cdot POP$$

де PCR – популяційний канцерогенний ризик;

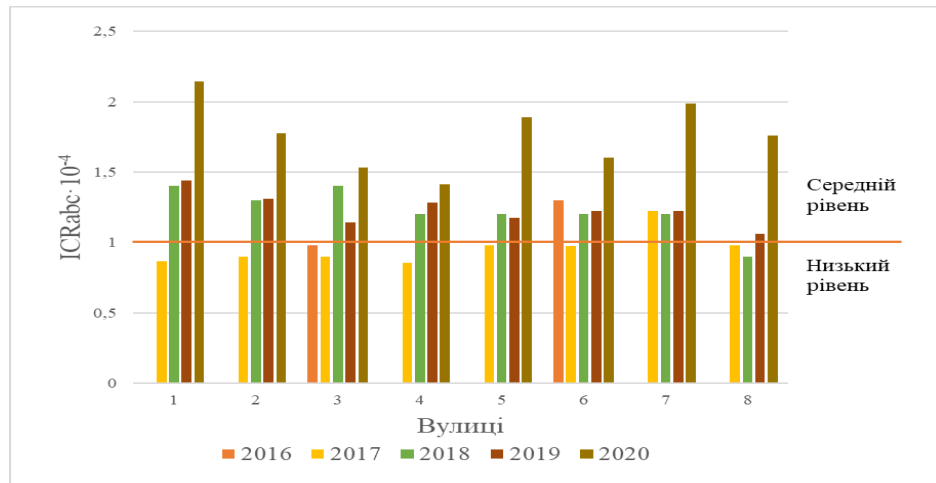
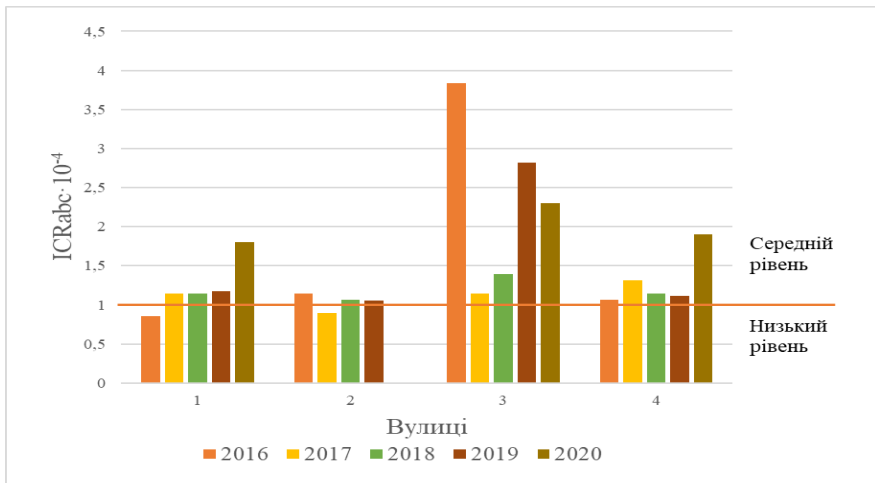
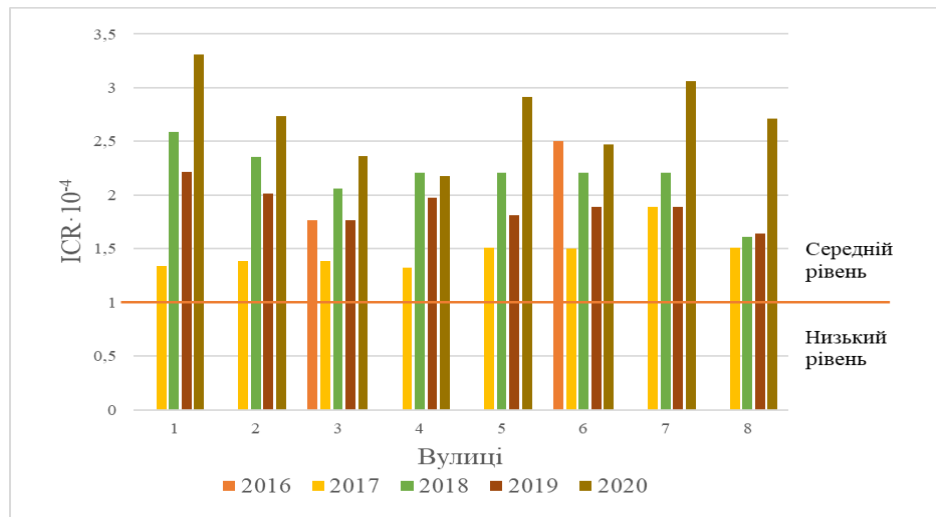
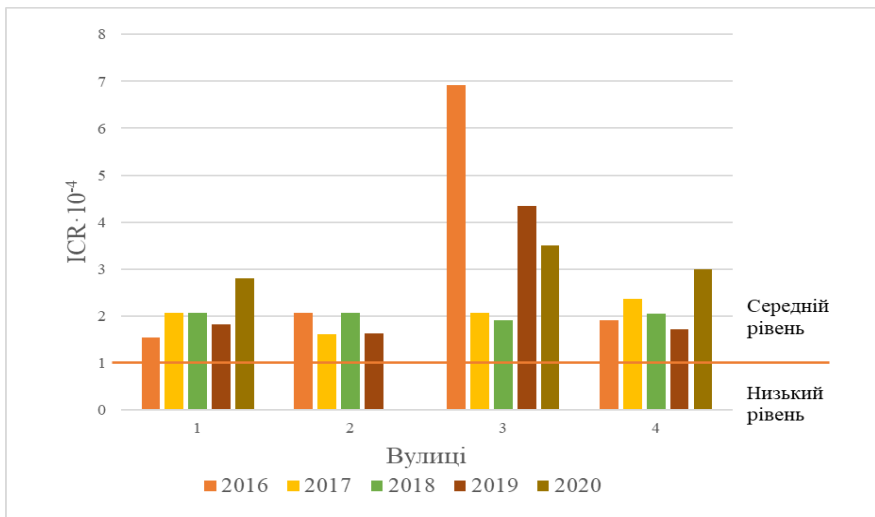
ICR – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність досліджуваної популяції, чол.

# Сценарій і маршрут впливу забруднюючої речовини

Складова частина експозиції	Характеристика експозиції			
Джерела	антропогенні			
Шлях впливу	інгаляційний			
Географічне охоплення	Заводський та Вознесенівський райони міста Запоріжжя			
Період оцінки	2016 рік -2020 рік			
Тип впливу за часом контакту	гострий	хронічний (70 років)		
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)	$\leq 6$	6-18	$18 \geq$

# Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при гострій дії та при хронічній дії на досліджуваних вулицях Заводського (а) та Вознесенівського (б) районів

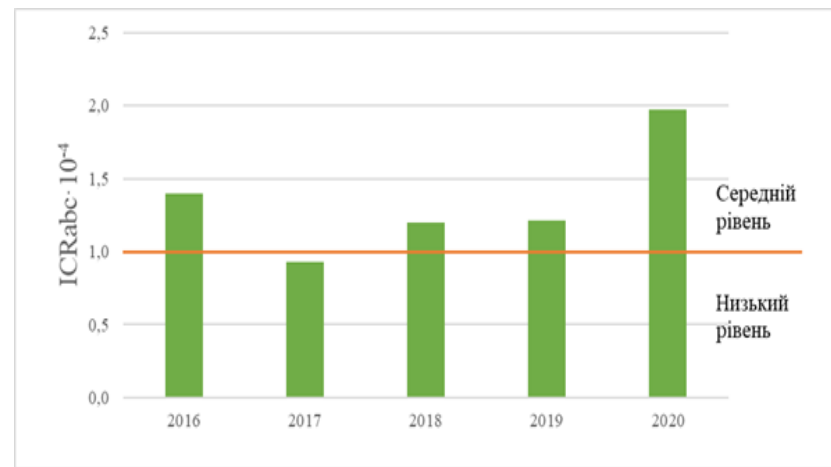
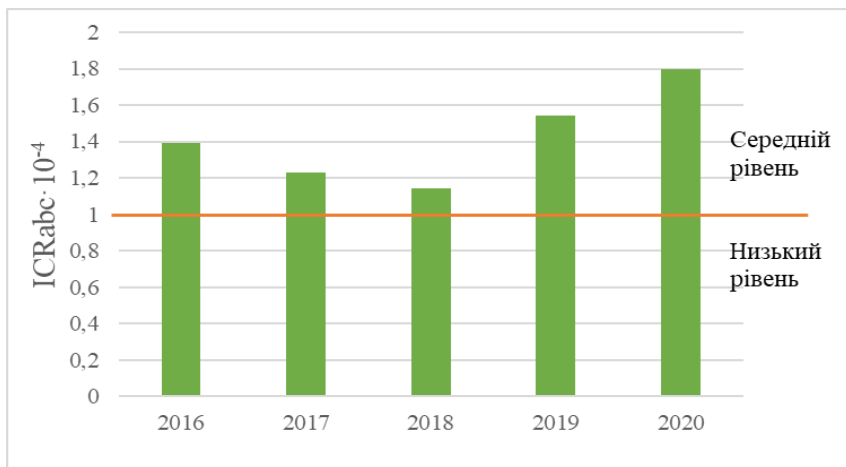
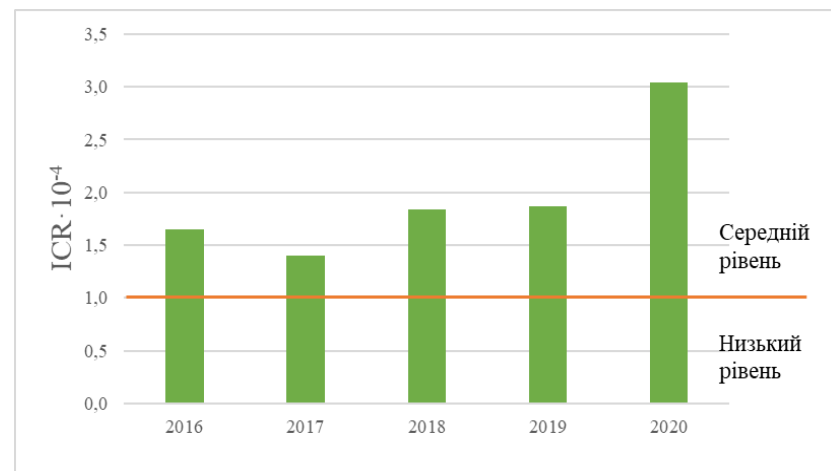
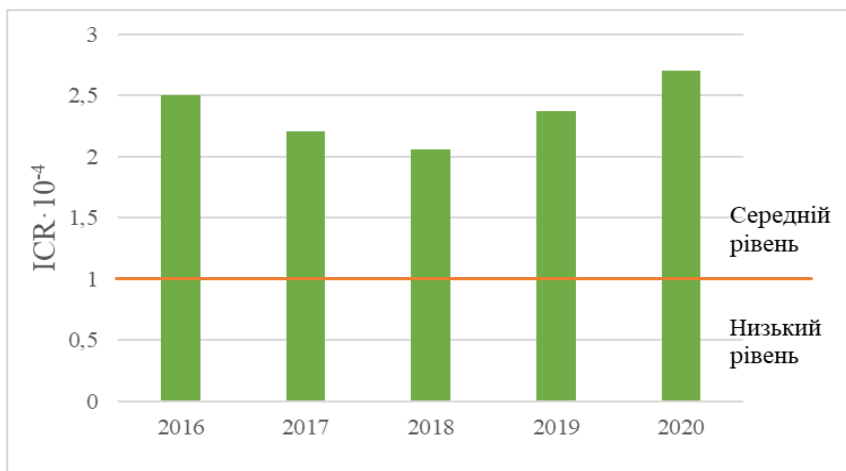


**а**

**б**



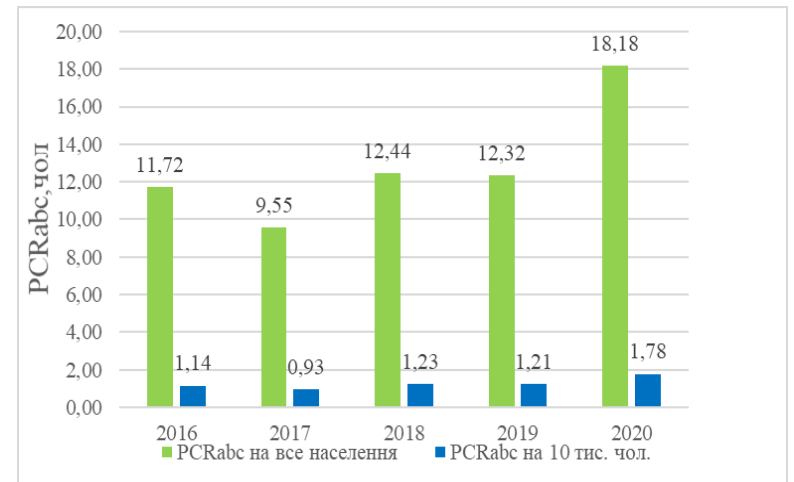
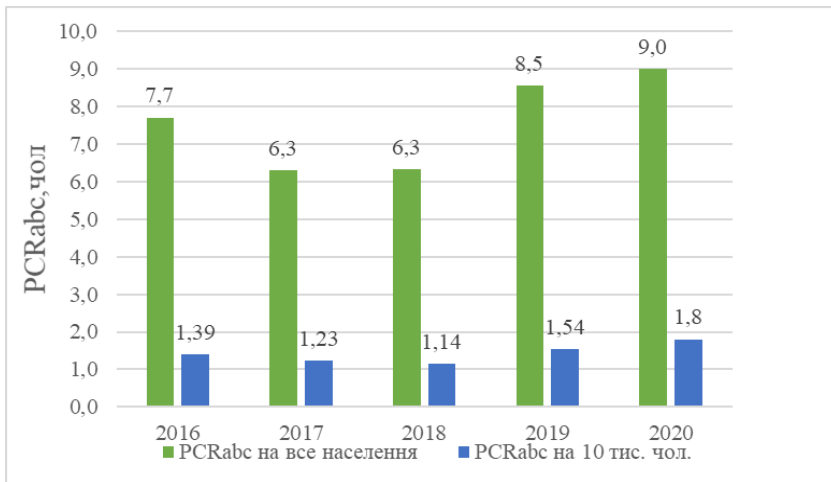
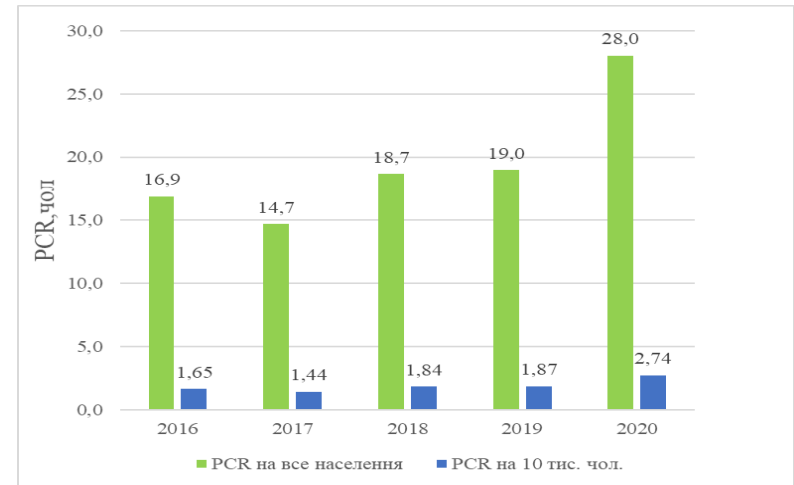
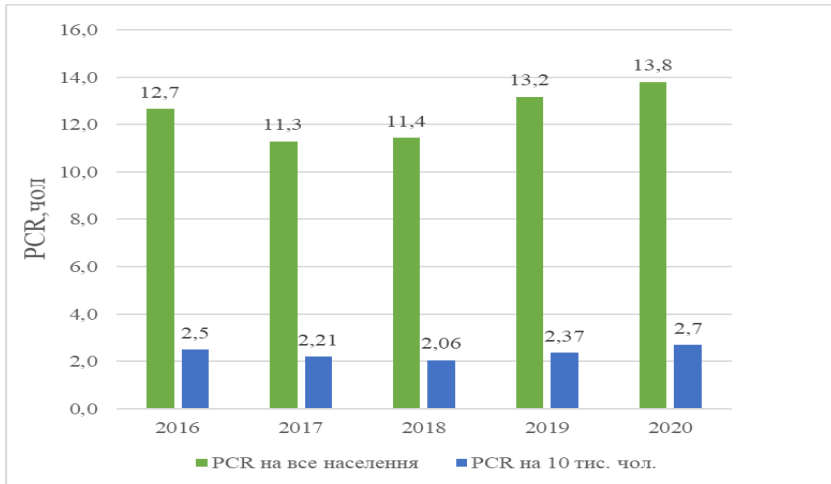
# Індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду при гострій дії та при хронічній дії за досліджуваний період в Заводському (а) та Вознесенівському (б) районах



**а**

**б**

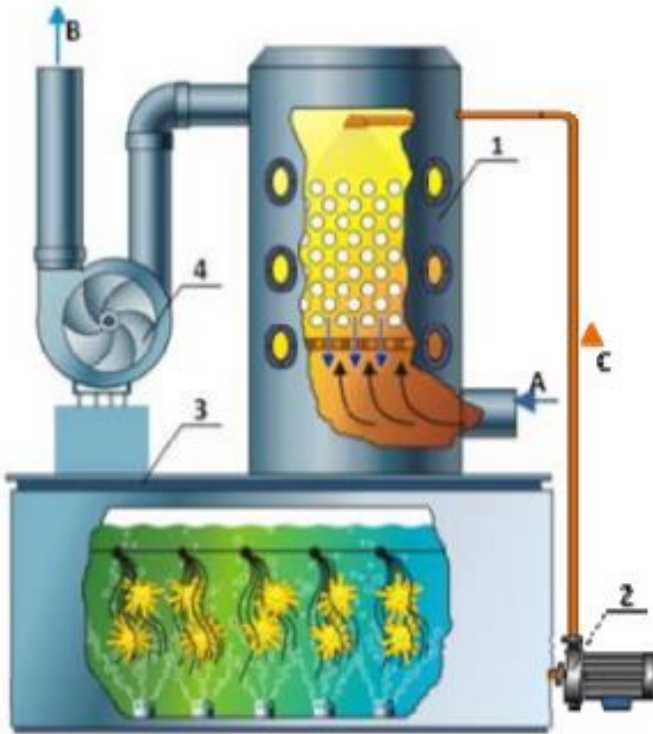
# Число додаткових випадків онкозахворювань при гострому та при хронічному впливі в Заводському (а) та Вознесенівському (б) районах



а

б

# Абсорбційна-біохімічна установка

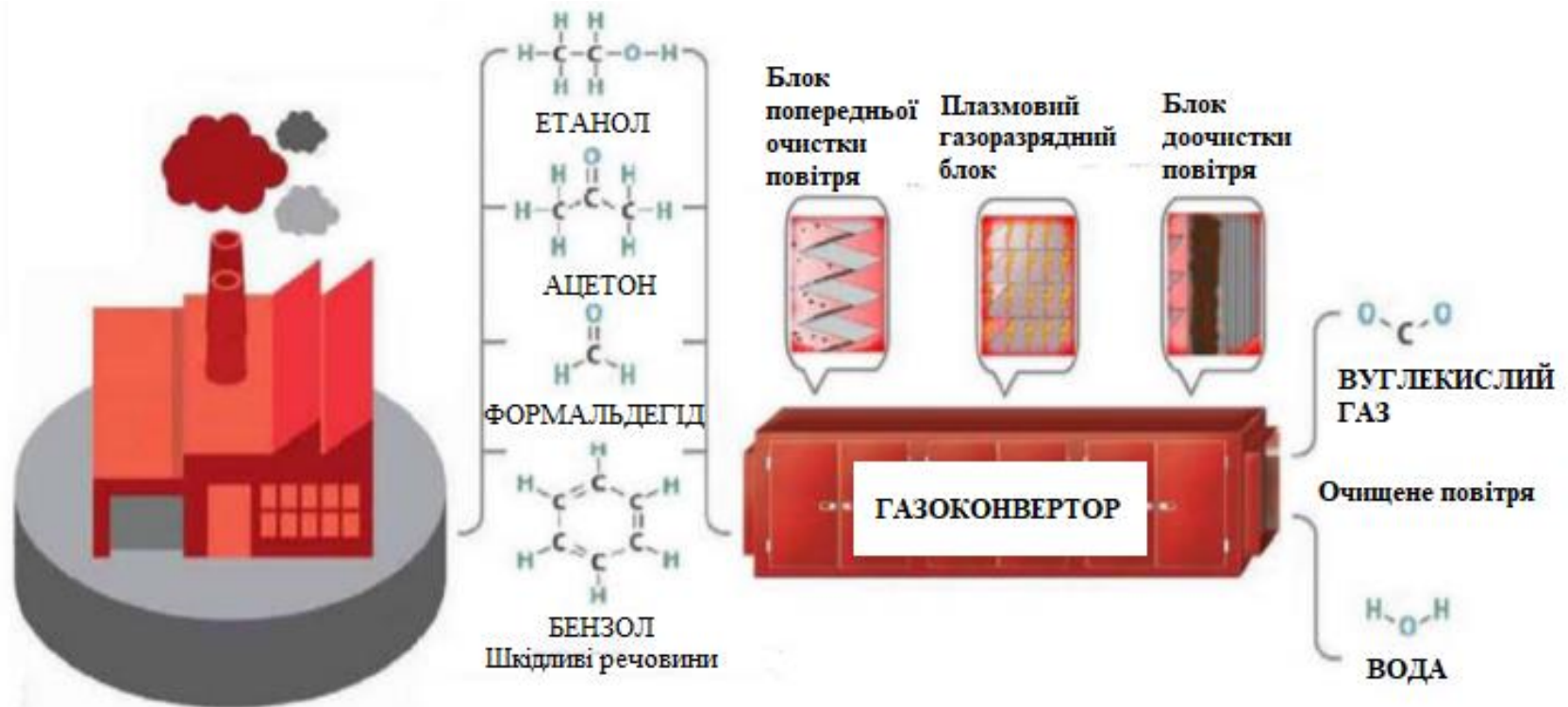


Принципова схема АБХУ: 1 – скруббер з масообмінними решітками та насадкою; 2 – насос; 3 – біореактор з насадкою та аераторами; 4 – вентилятор; А та В – вхід та вихід вентповітря; С – абсорбційний розчин.

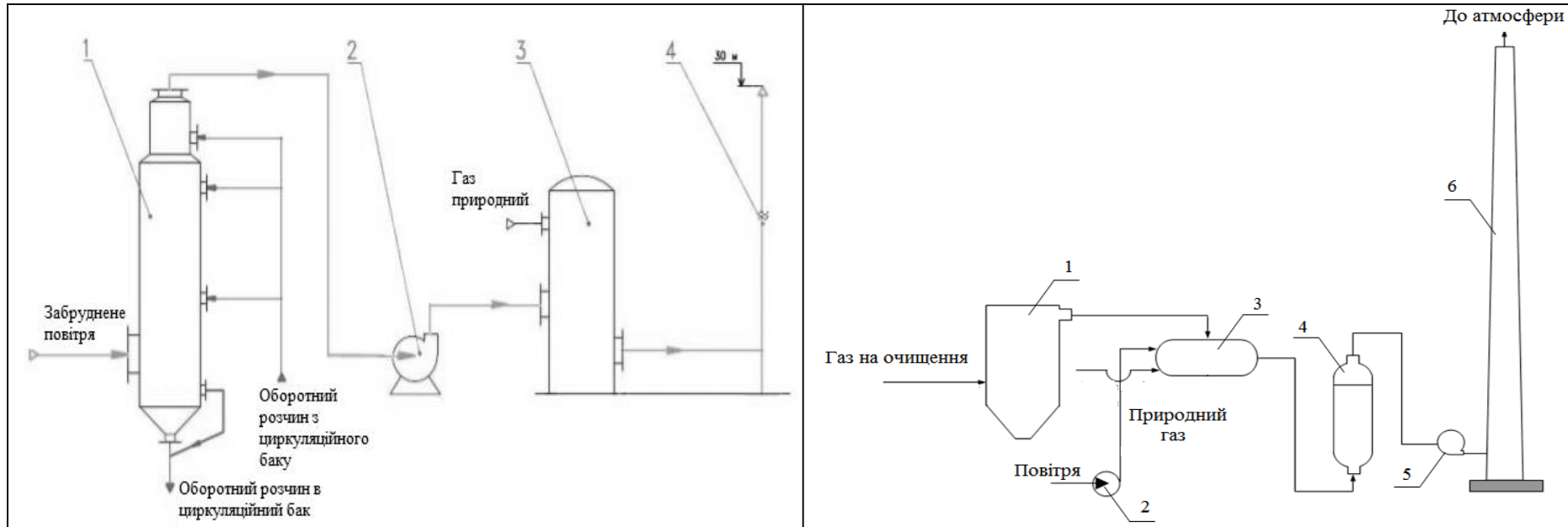


Загальний вигляд АБХУ: 1 – вентилятор; 2 – скруббер; 3 – шламівідстійник; 4 – біореактор; 5 – каплевловлювач; А та В – вхід та вихід вентповітря.

# Очистка повітря в газоконверторі



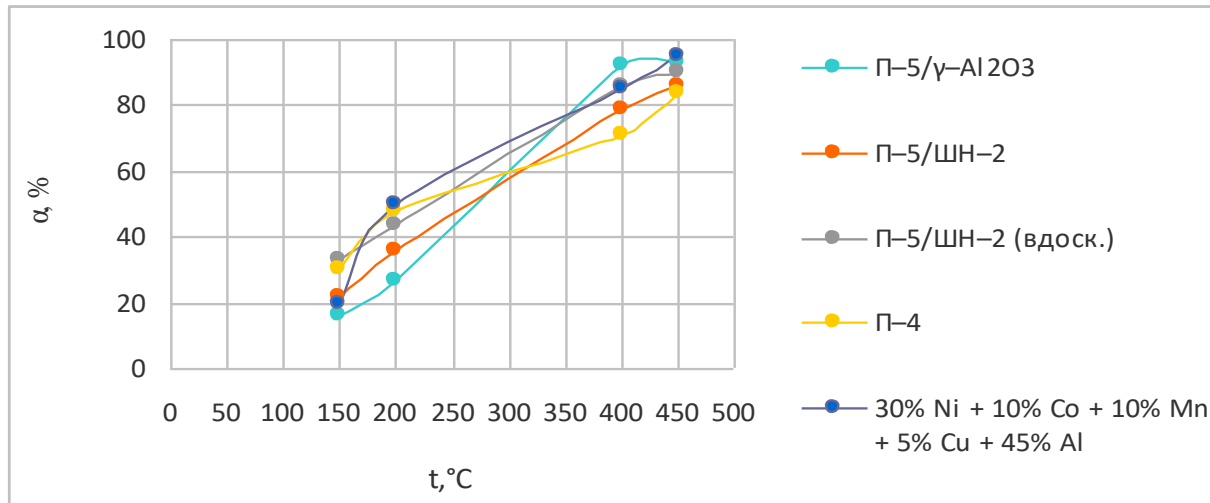
# Схема установок каталітичного знешкодження відхідних газів



1 – порожнистий скруббер з каплевловлювачем;  
2 – димотяг; 3 – термокаталітичний реактор;  
4 – викидна свічка.

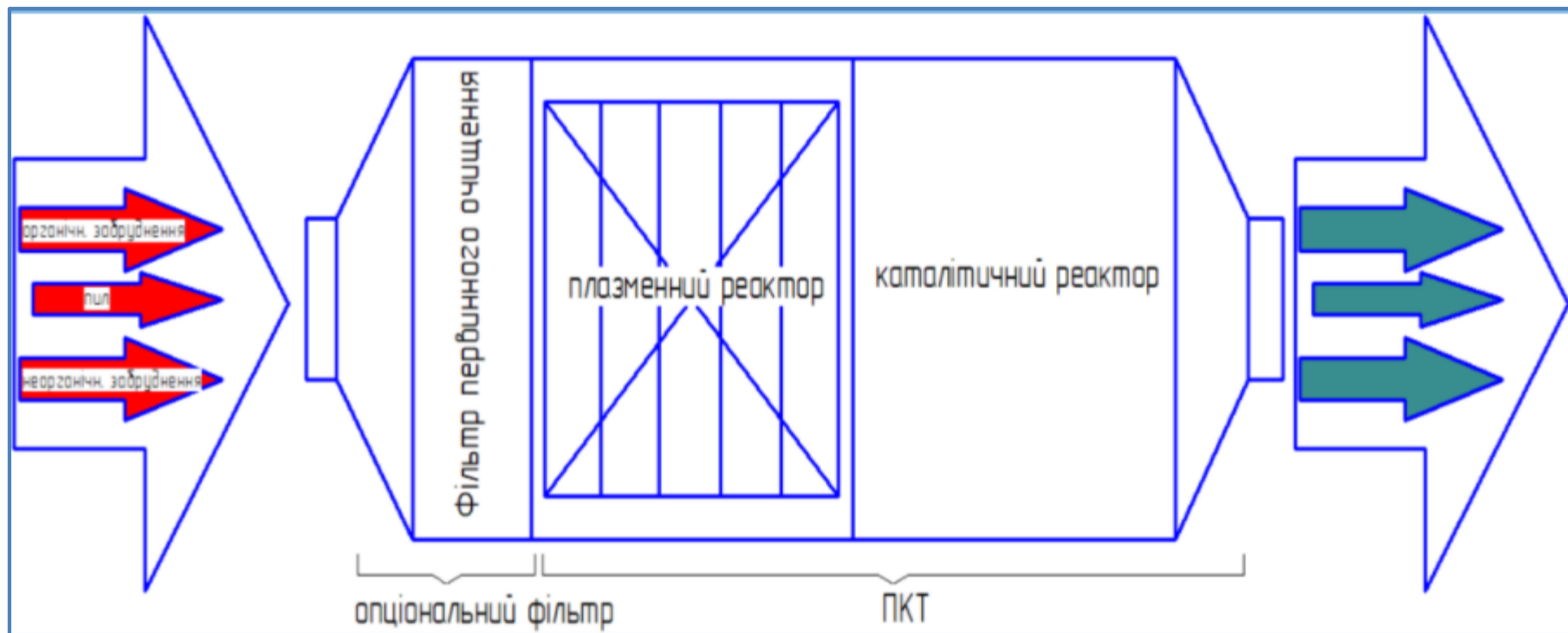
1 – апарат сухого типу; 2 – вентилятор; 3 –  
топка-підігрівач; 4 – реактор; 5 – димотяг;  
6 – димова труба

# Порівняльна оцінка ефективності каталізаторів в реакції повного окиснення формальдегіду



Каталізатор	Ступінь окиснення, %		Каталізатор	Ступінь окиснення, %	
	400°C	450°C		400°C	450°C
ПТ-5	65	78	О-5/ШН-2	68	72
ЗД	61	63	П-5/ШН-2	79	86
<b>30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al</b>	<b>85</b>	<b>95</b>	О-5/ШН-2 (вдоск.)	87	89
П-15	73	82	П-5/ШН-2 (вдоск.)	86	90
П-4	71	84	П-5/γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	92	93

# Установка плазмокаталітичної <sup>15</sup> технології очищення повітря



# Порівняльна характеристика показників газоочисних установок

Показники	АБХУ	Каталітичне очищення	Каталітичне очищення	Газоконвертор	ПКТ очищення
Ступінь очистки, %	70-96	95-96	95-96	98	85-96
Спосіб очистки	Мокрий	Мокрий	Сухий	Сухий	Сухий
Оборотний цикл	+	+	-	-	-
Утворення стоку	-	+	-	-	-
Використання витратних компонентів	Мікроорганізми деструктори	Природний газ, каталізатори	Природний газ, каталізатори	-	Каталізатори
Наявність відходів	Органічний мул	Шлам	-	-	-
Кінцевий продукт	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ	Вода та вуглекислий газ
Застосування	Хімічна промисловість, нафтогазова промисловість, виробництво фанери, ДСП, виготовлення пластмаси, полімерів, ливарне виробництво, вогнетривке виробництво, легка промисловість, деревообробне виробництво				



1. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) при гострому впливі. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $6,92 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,55 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на Фінальній вулиці.
2. Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі склав  $2,06 \cdot 10^{-4} \div 2,7 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику. В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.
3. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Заводського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику при хронічному впливі. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,84 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Морфлотській. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $8,57 \cdot 10^{-5}$  в 2016 році на Фінальній вулиці, що, свідчить про низький – припустимий ризик при хронічному впливі.
4. Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії в Заводському районі склав  $1,23 \cdot 10^{-4} \div 1,8 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику. В період з 2016 рік по 2018 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Заводському районі знизився, в період з 2018 рік по 2020 рік – виріс.
5. Популяційний канцерогенний ризик PCR при гострому впливі в Заводському районі складає  $11,3 \div 13,8$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.
6. Популяційний канцерогенний ризик PCR при хронічному впливі в Заводському районі складає  $9,0 \div 6,3$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.
7. Популяційний канцерогенний ризик PCR при гострому впливі в Заводському районі складає  $1,4 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини .
8. Популяційний канцерогенний ризик PCR при хронічному впливі в Заводському районі складає  $1,14 \div 2,5$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.
9. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при гострій дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику при гострому впливі. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $3,3 \cdot 10^{-4}$  в 2020 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $1,3 \cdot 10^{-4}$  в 2017 році на Рекордній та Волоградській вулицях.

10. Індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі склав –  $1,4 \cdot 10^{-4} \div 3,04 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

11. Результати розрахунків індивідуального канцерогенного ризику, при хронічній дії за період з 2016 рік по 2020 рік на досліджуваних вулицях Вознесенівського району, знаходяться в межах середнього рівня ризику ( $10^{-4} < ICR < 10^{-3}$ , який є неприйнятним для населення, характерний для більшості великих промислових міст) при хронічному впливі. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $2,1 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році на вулиці Рекордній. Найменший індивідуальний канцерогенний ризик склав  $0,9 \cdot 10^{-4}$  в 2016 році, що, свідчить про низький – припустимий ризик при хронічному впливі.

12. Індивідуальний канцерогенний ризик при хронічній дії в Вознесенівському районі склав –  $0,9 \cdot 10^{-4} \div 2 \cdot 10^{-4}$ , що свідчить про середній рівень ризику. В період з 2016 рік по 2017 рік індивідуальний канцерогенний ризик при гострій дії в Вознесенівському районі знизився, в період з 2017 рік по 2020 рік – виріс.

13. Популяційний канцерогенний ризик PCR при гострому впливі в Вознесенівському районі складає  $28 \div 14,7$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

14. Популяційний канцерогенний ризик PCR при хронічному впливі в Вознесенівському районі складає  $18,18 \div 11,72$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя на популяцію, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

15. Популяційний канцерогенний ризик PCR при гострому впливі в Вознесенівському районі складає  $1,44 \div 2,74$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

16. Популяційний канцерогенний ризик PCR при хронічному впливі в Вознесенівському районі складає  $0,9 \div 1,78$  додаткових випадків онкозахворювань на протязі життя в перерахунку на 10 000 чоловік, яка підпадає під діючи концентрації речовини.

17. У п'ятому розділі розглянуті заходи з мінімізації ризиків. Наведені сучасні методи очистки промислових газових викидів від формальдегіду. Проведено аналіз та порівняльну характеристику методів.

18. Для очистки промислових газових викидів доцільно використовувати сухі методи очищення у газоконвекторі, ПКТ установку та каталітичне очищення. Вони мають такі переваги: не потребують використання витратних компонентів, кінцевим продуктом є безпечні речовини, не мають відходів та можуть бути застосовані у різних галузях промисловості.

18. Каталізатори можна регенерувати або після повного відпрацювання повернути у виробництво нових каталізаторів, може бути застосований у різних галузях промисловості. Аналіз каталізаторів показав, що найбільший показник окиснення формальдегіду має каталізатор 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al.

**Дякую за  
увагу**