

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра прикладної екології та охорона праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота/проект

група (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему „Аналіз впливу теплової промислових підприємств на стан екологічної безпеки атмосферного повітря. Метод спеціальної частини - Аналіз теплової та газодовітряної забрудненості з мінімізацією екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря газодовітряними релізниками»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗНС-18-1мд
спеціальності 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Технології захисту навколишнього середовища

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Закоряд Т.О

(ініціали та прізвище)

Керівник доц. доц. к.т.н. Белоголов К.В.

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

Рецензент доц. доц. к.т.н. Рижков В.П.

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

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра прикладної екології та охорони праці
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код та назва)
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« 08 » 01 2019 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Замуди Ілліана Іванівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) „Аналіз впливу технологій промислових підприємств на стан екологічної безпеки атмосферного повітря“. Тема спеціалізації - аналіз технологічних заводів з мінімізації екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря водородіємими релювантми.

керівник роботи Белогоцький Карина Валеріївна, к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » 09 2019 року № 1542 - С

2 Строк подання студентом роботи 28.12.2019 р.

3 Вихідні дані до роботи координати забр. релювант, референтні координати, місцевість Косівщина м. Запоріжжя заводського та Вознесенівського районів.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) параметри умовних показників, вплив динаміки забруднення атмос. повітря м. Запоріжжя, оцінка наявних ризиків для здоров'я населення від забрудн. атмосферного повітря водородіємими релювантми, аналіз наявних заходів з мінімізації еколі. ризику від забр. атмосфер. повітря водородіємими, оцінка впливу та техногенна безпека, висновки, параметри оцінки промислових, аграрних

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 20 см листів: Типовий проект, мапа роботи, намета робочої будівлі,
 плановий розробки без навантаження, плановий розробки з навантаженням,
 ординатна діаграма та таблиця, таблиця витратів пріоритетів, плановий
 безрозмірний план, індекси навантаження, плановий безрозмірний
 план витратів зовнішнього плану; схематичні: SO, Fe, II, III; виміри-то
 повний абсорбційний; 4-го плану форм; р-ну ПТК, схематичні
 форм; тех. екон-пор. таблиця; висновки

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	БЕЛОРОВИЧ К.В, доц. РДар. ПЕОП	<i>[Signature]</i> 04.10.19	<i>[Signature]</i> 28.10.19
Розділ 2	БЕЛОРОВИЧ К.В, доц. РДар. ПЕОП	<i>[Signature]</i> 28.10.19	<i>[Signature]</i> 18.11.19
Розділ 3	БЕЛОРОВИЧ К.В, доц. РДар. ПЕОП	<i>[Signature]</i> 18.11.19	<i>[Signature]</i> 09.12.19
Розділ 4	БЕЛОРОВИЧ К.В, доц. РДар. ПЕОП	<i>[Signature]</i> 09.12.19	<i>[Signature]</i> 19.12.19
(ОП та СТ)			

7 Дата видачі завдання 02.09.2019р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу	02.09.19 - 29.09.19	
2	Групування матеріалу	30.09.19 - 06.10.19	
3	Виконання 1 розділу	07.10.19 - 27.10.19	
4	Виконання 2 розділу	28.10.19 - 17.11.19	
5	Виконання 3 розділу	18.11.19 - 08.12.19	
6	Виконання 4 розділу	09.12.19 - 19.12.19	
7	Виконання тривісної частини	20.12.19 - 27.12.19	
8	Захист роботи у ЕК	15.01.2020	

Студент *[Signature]* Зануца Т.О
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *[Signature]* БЕЛОРОВИЧ К.В.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[Signature]* Рижков В.Г
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Анотація

Зануда Т.О. Комплексна кваліфікаційна робота «Аналіз впливу технологій промислових підприємств на стан екологічної безпеки атмосферного повітря». Тема спеціальної частини – аналіз технологічних заходів з мінімізації екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», науковий керівник К.В. Белоконь. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислової 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 вплив цих викидів на здоров'я людини та навколишнє природне середовище. Проведено оцінку ризику для здоров'я населення при гострому та довічному періодах дії для неканцерогенних ефектів. Виконано аналіз технологічних заходів з мінімізації екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами.

Ключові слова: КОЕФІЦІЄНТ НЕБЕЗПЕКИ, АНАЛІЗ, ОЦІНКА РИЗИКУ, ЕКСПОЗИЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ВИКИДИ, ГАЗОПОДІБНІ РЕЧОВИНИ.

Abstract

Zanuda T.A. Complex qualifying work «The Analysis of the Industrial Technology Impact on the Atmospheric Air Ecological Safety State». The theme of special part is «The Technological Measure Analysis to Minimize the Environmental Air Pollution Risk Caused by Gaseous Substances».

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 Institute. Faculty of Construction and Civil Engineering, The Department of Applied Ecology and Labor Protection, 2020.

The most common pollutants that enter the atmospheric air from stationary sources, the dynamics of pollutant emissions into the air, the effect of these emissions on human health and the environment are considered. An assessment of the risk to public health in acute and chronic periods of action for non-carcinogenic effects was carried out. The analysis of technological measures to minimize the environmental risk of air pollution by gaseous substances is carried out.

Keywords: HAZARD COEFFICIENT, ANALYSIS, RISK ASSESSMENT, EXPOSURE, LABOR PROTECTION, EMISSIONS, GASEOUS SUBSTANCES.

Аннотация

Зануда Т.А. Комплексная дипломная работа «Анализ технологий промышленных предприятий на состояние экологической безопасности атмосферного воздуха». Тема специальной части - анализ технологических мероприятий по минимизации экологического риска от загрязнения атмосферного воздуха газообразными веществами.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 183 «Технологии защиты окружающей среды», научный руководитель К.В. Белоконь. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра 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 влияние этих выбросов на здоровье человека и окружающую природную среду. Проведена

оценка риска для здоровья населения при остром и хроническом периодах действия для неканцерогенных эффектов. Выполнен анализ технологических мероприятий по минимизации экологического риска загрязнения атмосферного воздуха газообразными веществами.

Ключевые слова: КОЭФФИЦИЕНТ ОПАСНОСТИ, АНАЛИЗ, ОЦЕНКА РИСКА, ЭКСПОЗИЦИЯ, ОХРАНА ТРУДА, ВЫБРОСЫ, ГАЗООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	12
1. ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЗАПОРІЖЖЯ	18
1.1 Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Запоріжжя	18
1.2 Вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини	29
1.3 Висновки до розділу 1	34
2. ОЦІНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГАЗОПОДІБНИМИ РЕЧОВИНАМИ	35
2.1 Методика оцінки ризику для здоров'я населення	35
2.2 Характеристика об'єкта дослідження, метеорологічної ситуації та рельєфу м. Запоріжжя	41
2.3 Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів від стаціонарних джерел	50
2.4 Результати етапу оцінки експозиції пріоритетних забруднюючих речовин, що викидають стаціонарні джерела	54
2.5 Результати етапу оцінки залежності «доза-відповідь» пріоритетних забруднюючих речовин	56
2.6 Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення	56
2.7 Висновки до розділу 2	69
3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ З МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГАЗОПОДІБНИМИ РЕЧОВИНАМИ	71
3.1 Оцінка впливу діяльності металургійних підприємств на навколишнє природне середовище України	71

3.2 Класифікація методів та устаткування очистки промислових викидів	76
3.3 Очищення промислових газів від сполук сірки	78
3.4 Очищення промислових газів від сірководню	85
3.5 Очищення промислових газів від оксидів азоту	87
3.6 Огляд існуючих методів очищення відхідних газів від оксиду вуглецю і вуглеводнів	91
3.7 Технологія очищення промислових газових викидів від Сульфуру (IV) оксиду (SO ₂) розчинами сполук заліза (II, III)	97
3.8 Плазмокatalітична технологія очищення повітря (ПКТ)	102
3.9 Застосування системи плоскорукавних фільтрів для всіх галузей промисловості	106
3.10 Каталітичне очищення промислових газових викидів від оксиду вуглецю (II) та вуглеводнів	110
3.11 Висновки до розділу 3	114
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	116
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	116
4.2 Заходи з поліпшення умов праці	118
4.3 Виробнича санітарія	119
4.4 Заходи з електробезпеки	122
4.5 Заходи з пожежної та техногенної безпеки	123
4.6 Розрахунок загального освітлення робочого приміщення	125
4.7 Висновки до розділу 4	128
ВИСНОВКИ	129
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	133
ДОДАТКИ	139
Додаток А	139
Додаток Б	142
Додаток В	150

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

HQ	коефіцієнт небезпеки
HI	індекс небезпеки
ICR	індивідуальний канцерогенний ризик
PCR	популяційний канцерогенний ризик
IRM	індивідуальний ризик смерті
RfC	референтна концентрація
SF _i	фактор канцерогенного потенціалу при інгаляційному впливі
ОД	органи дихання
ССС	серцево-судинна система
ВДР	вроджені дефекти розвитку
ПО	паренхіматозні органи (печінка, нирки)
ІС	імунна система
ДУ «ІГМЕ ім.	Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології ім.
М.О. Марзеєва	М.О. Марзеєва Академії медичних наук України»
АМНУ»	
ДУ «Запорізь-	Державна установа «Запорізький обласний лабораторний
кий ОЛЦ МОЗ	центр Міністерства охорони здоров'я України»
України»	
TSP	зважені частки
PM ₁₀	зважені частки з діаметром часток менше 10 мкм
SO ₂	ангідрид сірчистий (діоксид сірки)
NO ₂	діоксид азоту
C ₆ H ₅ OH	фенол
CH ₂ O	формальдегід
CO	оксид вуглецю
H ₂ S	сірководень
CS ₂	сірковуглець
H ₂ SO ₄	сірчана кислота

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема охорони навколишнього середовища та його відтворення стає однією з найважливіших задач. Бурхливий розвиток промисловості призводить до появи перед людством гострої проблеми збереження екологічних систем. Останніми роками екологічні системи потерпають від впливу антропогенних факторів. Тому прогноз зміни екологічних систем в наслідок вказаних причин є актуальним завданням,

вирішення якого складається з двох етапів: а) дослідження процесу забруднення навколишнього середовища викидами промислових підприємств; б) оцінка впливу шкідливих забруднень на атмосферу.

Важливою складовою цього завдання є оцінка забруднення атмосферного повітря. В процесі поширення промислових відходів в повітрі відбуваються хімічні реакції з паром та іншими компонентами атмосфери, в наслідок чого спостерігається перехід речовин від одного хімічного стану до іншого, змінюючи при цьому характер токсичності по відношенню до навколишнього середовища.

Процес поширення промислових викидів в атмосфері відбувається в наслідок їх перенесення повітряними масами і дифузії, яка зумовлюється турбулентними пульсаціями повітря. В атмосферному повітрі сучасних міст присутні сотні різних хімічних класів органічної та неорганічної природи, які поступають з чисельних джерел, як правило, антропогенного походження. Основними джерелами надходження шкідливих речовин в атмосферне повітря міст є промислові підприємства та автотранспорт, а найбільш розповсюдженими забруднюючими речовинами – пил (зважені речовини різної природи), сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та вуглеводні (кілька сотень хімічних речовин). Саме вони вносять найбільший вклад у формування екологічно залежних захворювань та станів.

Разом з тим, необхідно враховувати, що для кожної міської території є свій, обумовлений видом промисловості на даній території, специфічний набір забруднень, які містяться в атмосферному повітрі в концентраціях, нерідко в десятки разів перевищуючих гранично допустимі концентрації (ГДК). Саме тому, об'єктивна оцінка рівня забруднення атмосферного повітря є актуальною проблемою, а гігієнічна діагностика стану навколишнього природного середовища, коректна оцінка реальних рівнів впливу на організм людини продовжує залишатись однією з найважливіших задач екології.

На теперішній час оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться з урахуванням кратності перевищень сумарного показника забруднення нормативних ГДК та включає характеристики рівня забруднення та ступеня безпеки.

Аналізувати забрудненість повітря в м. Запоріжжя виходячи з середньодобових концентрацій шкідливих речовин, що характеризують небезпеку хронічного впливу, у повній мірі не можна. Для мінімально об'єктивної оцінки та відповідності нормативно-правовій базі необхідна інформація за 3 роки. Тим більше, що на стаціонарних постах ведуться спостереження лише за невеликою кількістю найбільш поширених речовин.

У динаміці можна отримати лише дані підфакельних спостережень, де за декількома інгредієнтами (зважені речовини, двоокис азоту, фенол, формальдегід, сірководень, сірковуглець, сірчистий ангідрид, вуглецю оксид та ін.) вимірюються максимально-разові концентрації. Таким чином, санітарний контроль атмосферного повітря через його працеемність, складність та вартість здійснюється не за всіма інгредієнтами та з різним рівнем усередненості результатів. При аналізі екологічної ситуації не враховується комбінована та сумісна дія речовин у складних сумішах, якщо їх концентрація в повітрі нижча за поріг виявлення (часто на рівні до 0,8 ГДК), тобто в дійсності, забруднювачі, які присутні в повітрі на рівні 80 % допустимого вмісту, лишаються поза зором, хоча багато з них виявляють специфічні властивості, зокрема, канцерогенні, алергенні та ін.

Таким чином, дія на організм людини хімічних речовин, які надходять до атмосфери, в стандартних показниках не враховується, що не дозволяє точно оцінити небезпеку атмосферного забруднення для здоров'я людини, об'єктивно проаналізувати взаємозв'язки між рівнем токсичної дії окремих компонентів забруднювачів атмосферного повітря та загальним станом здоров'я населення.

Лише системний науковий підхід, який полягає у виявленні потенційно небезпечних факторів, встановленні рівнів їх впливу, багатосторонньому

аналізі порівняльної медико-соціальної та економічної значимості наслідків цих впливів, аналізі витрат та вигод при різних варіантах управлінських дій, здатні сьогодні забезпечити рішення складних задач в області екології [1]. На сьогодні подібний підхід реалізований в методології оцінки ризику, яка широко використовується практично у всіх країнах світу та міжнародних організаціях. У доповіді ВООЗ щодо стану охорони здоров'я у світі відмічається: «Охорона здоров'я людей починається з оцінки факторів ризику для здоров'я, інформування про них та розробки способів їх подолання, характеристики впливу факторів ризику на людей та ролі уряду в захисті від них населення» [2].

Методологія аналізу ризику, яка заснована на політичних, економічних і, головним чином, на сучасних наукових припущеннях, є потужним засобом впливу на політику та політиків шляхом виявлення джерел, причин, динаміки, рівнів та медико-соціальної значимості ризиків, інформування населення та суспільства щодо ризику, ефективності запропонованих заходів щодо його усунення та зниження (політичних, економічних, технологічних, соціальних заходів) [3].

Таким чином, **метою** кваліфікаційної роботи є встановити рівні неканцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами та виконати аналіз технологій їх очистки для мінімізації екологічного ризику.

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

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення, що зазнає впливу від викидів газоподібних речовин стаціонарних джерел промислових підприємств;
- охарактеризувати метеорологічну ситуацію, оцінити характеристику землекористування та особливості рельєфу території розміщення стаціонарних джерел викидів;

- оцінити токсичність викидів та сформувати перелік пріоритетних забруднюючих речовин атмосферного повітря, що характеризують вплив на здоров'я населення з урахуванням вимог етапу ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза-відповідь»;

- розрахувати та оцінити неканцерогенні ризики за коефіцієнтами та індексами небезпеки (HQ, HI) для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення викидами атмосферного повітря;

- виконати аналіз технологій очистки газів від газоподібних речовин з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – вплив забруднюючих газоподібних речовин на формування неканцерогенного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії викидів стаціонарних джерел.

Предмет дослідження – стан забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя промисловими викидами; неканцерогенні ризики для здоров'я, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря.

Методи дослідження. Дослідження проводили відповідно до міжнародної методології оцінки ризику для здоров'я населення від забруднювачів навколишнього середовища. Також використовували санітарно-гігієнічні (для оцінки забруднення атмосферного повітря шкідливими хімічними речовинами), аналітичні (оцінка токсичності речовин), математичні (ймовірнісна оцінка для розрахунків рівнів ризику для здоров'я експонованого населення) методи дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше одержані та співставленні рівні ризиків для здоров'я населення Вознесенівського та Заводського районів м. Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря викидами газоподібних речовин промислових підприємств.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність кваліфікаційної роботи полягає у впровадженні результатів у діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», лікувально-профілактичних закладів та екологічних служб. Матеріали роботи також можуть бути впроваджені у навчальний процес кафедри прикладної екології та охорони праці Запорізького національного університету.

Особистий внесок автора.

Магістрант особисто планувала та виконувала наукові дослідження в рамках зазначеної теми: самостійно й у повному обсязі зібрано і оброблено первинний матеріал; проведено аналіз токсичності викидів промислових підприємств; проаналізовано ризики хімічного забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами; провела обробку отриманих даних; здійснила теоретичне узагальнення результатів дослідження, підготовку матеріалів досліджень до публікації, сформулювала основні наукові положення й висновки роботи.

Відомості про апробацію результатів роботи.

Основні положення кваліфікаційної роботи представлені та обговорені на: III спеціалізованому міжнародному екологічному форумі «Еко Форум – 2019» (Запоріжжя, Запорізька торгово-промислова палата), VII Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, ВНТУ), V Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (Харків, ХНАДУ), XXIV Науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ (Запоріжжя, ІІ ЗНУ).

Відомості про публікації здобувача.

За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано 5 наукових праць, з них 1 – фахова стаття, 4 - матеріали наукових конференцій.

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). Знаходиться в публікації.

2. Белоконь К.В., Манідіна Є.А., Зануда Т.О. Дослідження процесів каталітичного окислення викидів оксиду вуглецю у відхідних газах металургійних підприємств. III спеціалізований міжнародний екологічний форум «Еко Форум – 2019» Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2019. С. 29-30.

3. Белоконь К.В., Троїцька О.О., Зануда Т.О., Пономаренко К.А. Аналіз впливу викидів підприємств з виробництва вуглецевої продукції на здоров'я населення. VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019) Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 39.

4. Белоконь К.В., Зануда Т.О., Плахотня К.О. Аналіз методів очистки газів в умовах електросталеплавильного виробництва. V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 186-189.

5. Белоконь К.В., Зануда Т.О. Аналіз технологічних заходів з мінімізації екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ Запоріжжя: II ЗНУ, 2019. Т. 4 С. 129.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи.

Кваліфікаційна робота включає 159 сторінок тексту, 27 рисунків, 23 таблиці, 3 додатки, 46 використаних джерел. Обсяг основного тексту – 138 сторінки.

1. ДИНАМІКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЗАПОРІЖЖЯ

1.1 Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Запоріжжя

Місто Запоріжжя є одним з найбільш навантажених міст України за промисловим потенціалом. Це обумовлено наявністю великої кількості підприємств чорної та кольорової металургії, атомної енергетики, теплоенергетики, хімічної, машинобудівної, теплоенергетики. Відсоток підприємств від загальної кількості викидів в атмосферу сягає 93%.

Неминучим наслідком функціонування промислової інфраструктури міста є тенденція до збільшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Викиди забруднюючих речовин збільшуються на 2-2,5% щорічно.

Забруднення атмосферного повітря є фактором, що впливає на здоров'я населення м. Запоріжжя. Порівняно з іншими містами України, в м. Запоріжжя спостерігається вищий рівень захворюваності дихальних шляхів, алергії, астми.

Аналіз атмосферне повітря в зоні впливу промислових підприємств і в місцях проживання населення м. Запоріжжя здійснює Державна установа «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України».

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. тон. В структурі викидів забруднюючих речовин основну частину складають діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом (табл. 1.1) [4].

Таблиця 1.1 – Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році [4]

Назва забруднюючої речовини	Обсяг викидів, тис. т
Метали та їх сполуки	0,6
Стійкі органічні забруднювачі	0,1
Оксид вуглецю	54,1
Діоксид та інші сполуки сірки	71,3
Оксиди азоту	33,0
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	12,6
Леткі органічні сполуки	2,0
Всього	174,7

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя вносять промислові підприємства – найбільші забруднювачі, викиди яких становлять 60-70 % від загального валового обсягу викиду забруднюючих речовин.

Це такі підприємства, як: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПрАТ «Запоріжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», ПрАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Запорізький завод зварювальних флюсів та скловиробів» та інші.

Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря показав, що обсяги викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел в 2019 році порівняно з 2018 роком зменшились на 3 % (табл. 1.2, рис. 1.1) [4].

З року в рік основна частина забруднень потрапляє в атмосферу від підприємств міста Запоріжжя. У 2019 році викиди від стаціонарних джерел підприємств м. Запоріжжя склали 71,3 тис. т (проти 69,9 у 2018 році).

Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин в розрізі показав збільшення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел викидів у порівнянні з попереднім роком на 1,4 тис. тон (рис. 1.2).

Таблиця 1.2 – Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин стаціонарними та пересувними джерелами в м. Запоріжжя, тис. т. [4]

Рік	Обсяги викидів забруднюючих речовин		
	усього, тис. т.	у тому числі	
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами
2015	296,6	206,7	89,9
2016	270,4	193,7	76,7
2017	167,0	167,0	*
2018	180,9	180,9	*
2019	174,7	174,7	*

Примітка.* - даних не наведено

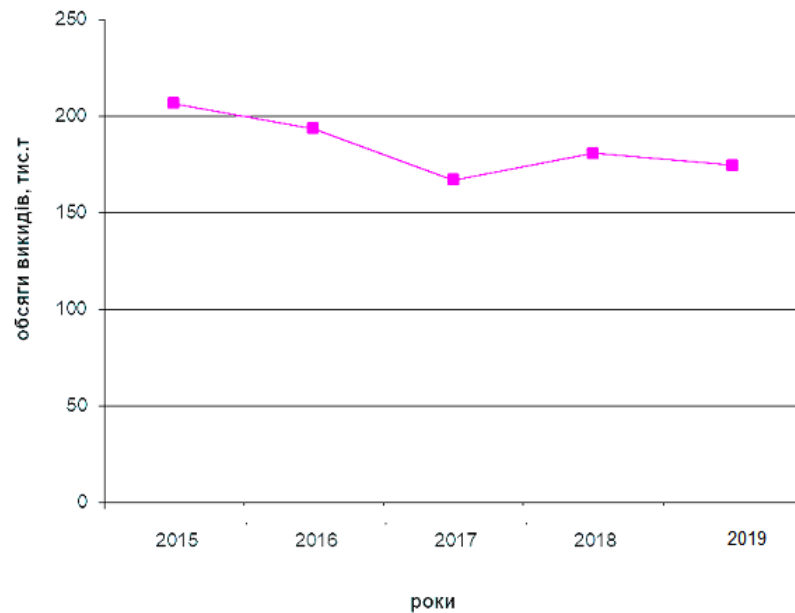


Рисунок 1.1 – Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря по Запорізькій області [4]

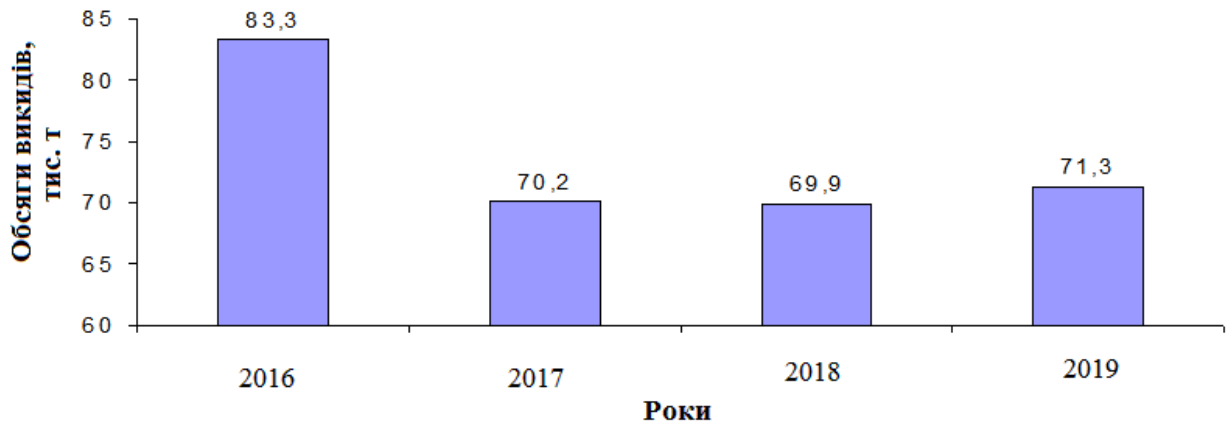


Рисунок 1.2 – Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у м. Запоріжжі, тис. т [4]

Основною причиною забруднення атмосферного повітря в м. Запоріжжя є підприємства, які не можуть забезпечити необхідне дотримання сучасних нормативів гігієни по викидам забруднюючих речовин.

Головні причини забруднення атмосферного повітря від діяльності промислових підприємств є застарілі технології та устаткування, зокрема: зношеність, відсутність засобів контролю за емісією газів, відсутність ефективних методів пом'якшення негативного впливу хімічного азоту та сірчано-азотних викидів електростанцій, підприємств металургійної галузі та численних котелень; специфічні моделі розташування житлових районів, багато з яких розташовані в зоні перенесення вітром атмосферних викидів від основних промислових джерел.

У 2019 році зменшились обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у розрахунку на одну особу і склали 101,9 кг, тоді як у 2018 році – 104,5 кг.

У 2019 році щільність викидів від стаціонарних джерел зменшилась в порівнянні з минулим роком на 0,3 т на 1 км², та склала 6,4 т на 1 км².

Структура викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря та динаміка викидів стаціонарними джерелами в атмосферне повітря

по найпоширеніших речовинах в цілому по місту Запоріжжя представлена на рис. 1.3, 1.4 [4].

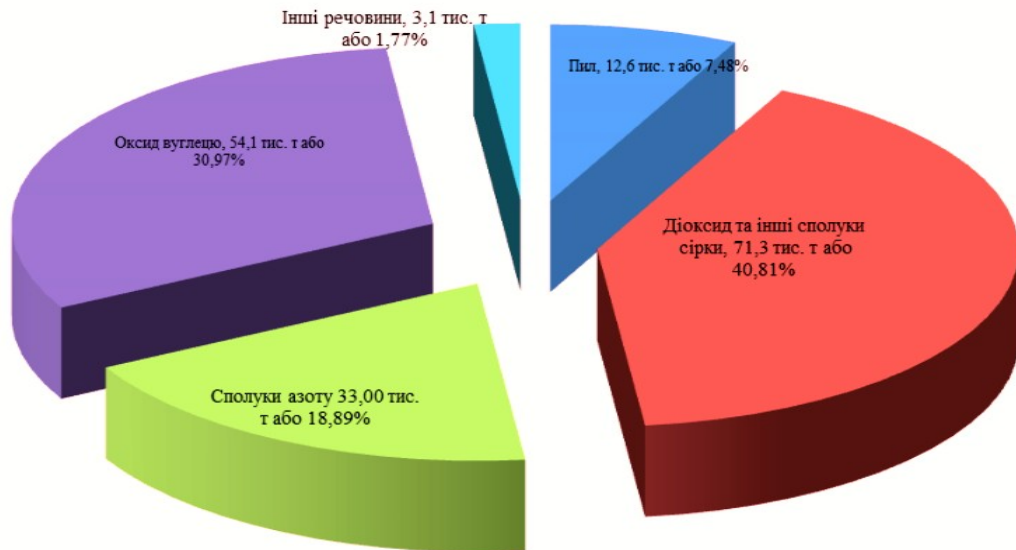


Рисунок 1.3 – Структура викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Запоріжжя [4]

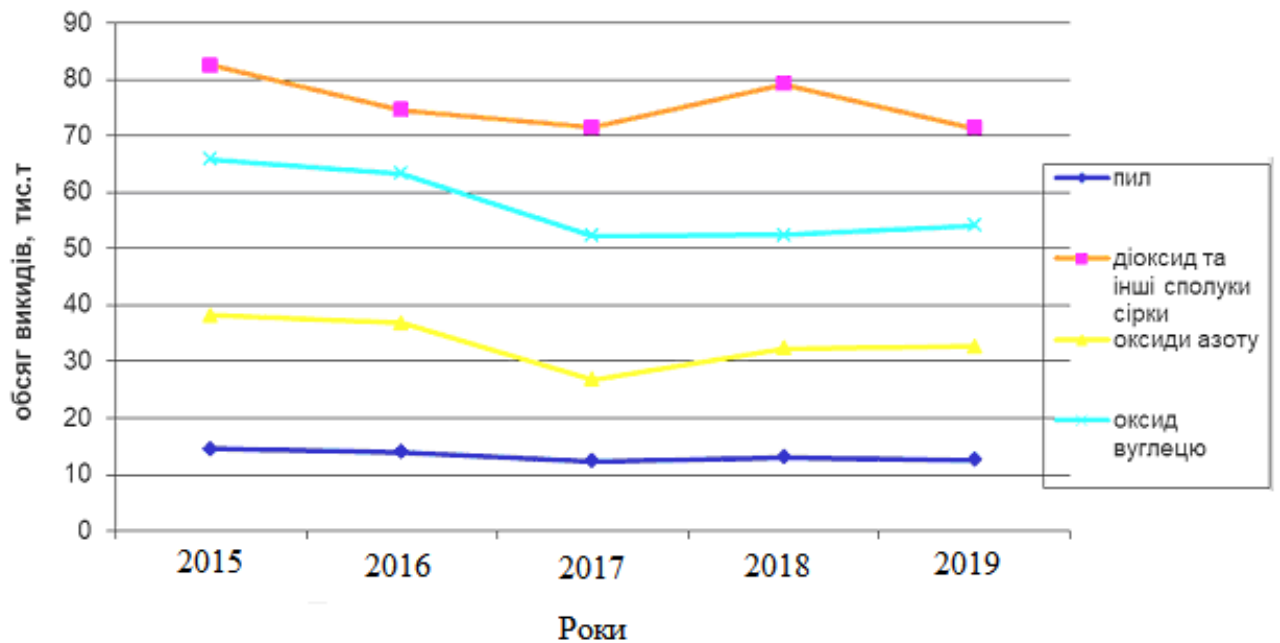


Рисунок 1.4 – Динаміка викидів основних забруднюючих речовин в атмосферне повітря м. Запоріжжя [4]

Простеживши динаміку викидів в атмосферне повітря, спостерігається стійке збільшення викидів діоксиду вуглецю (табл. 1.3, рис. 1.5) [4].

Таблиця 1.3 – Викиди діоксиду вуглецю у атмосферне повітря, тис. т.[4]

Рік	Усього, тис. т.	У тому числі	
		Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами
2014	13,9	12,6	1,3
2015	14,6	13,3	1,3
2016	14,1	13,0	1,1
2017	14,9	13,9	1,0
2018	13,2	13,2	*
2019	14,0	14,0	*

Примітка. * - данні відсутні

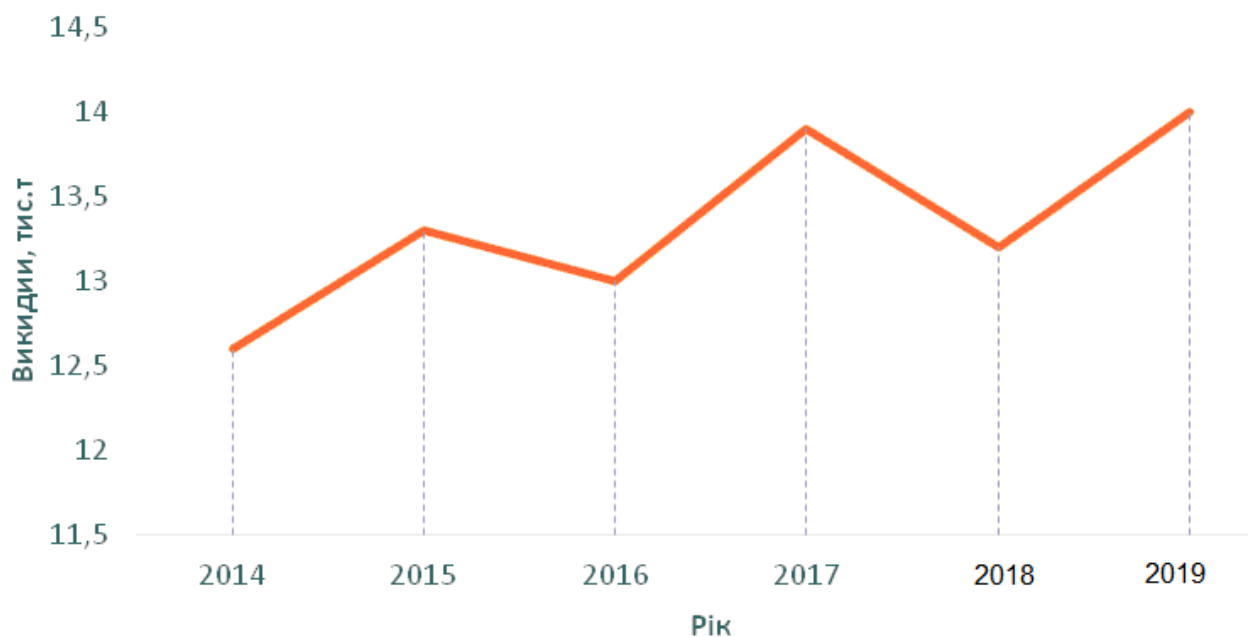


Рисунок 1.5 – Динаміка викидів діоксиду вуглецю від стаціонарних джерел, тис. т [4]

Слід зауважити, що щорічно серед основних речовин-забруднювачів повітря значна частка належить діоксиду сірки (табл. 1.4, рис. 1.6) та оксиду азоту (табл. 1.5, рис. 1.7) [5].

Таблиця 1.4 – Викиди діоксиду сірки в атмосферне повітря, тис. т [2]

Рік	Усього, тис. т	У тому числі	
		Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами
2014	84,6	83,4	1,2
2015	113,4	112,3	1,1
2016	83,4	82,4	1,0
2017	75,4	74,5	0,9
2018	71,4	71,4	*
2019	79,0	79,0	*

Примітка.* - данні відсутні

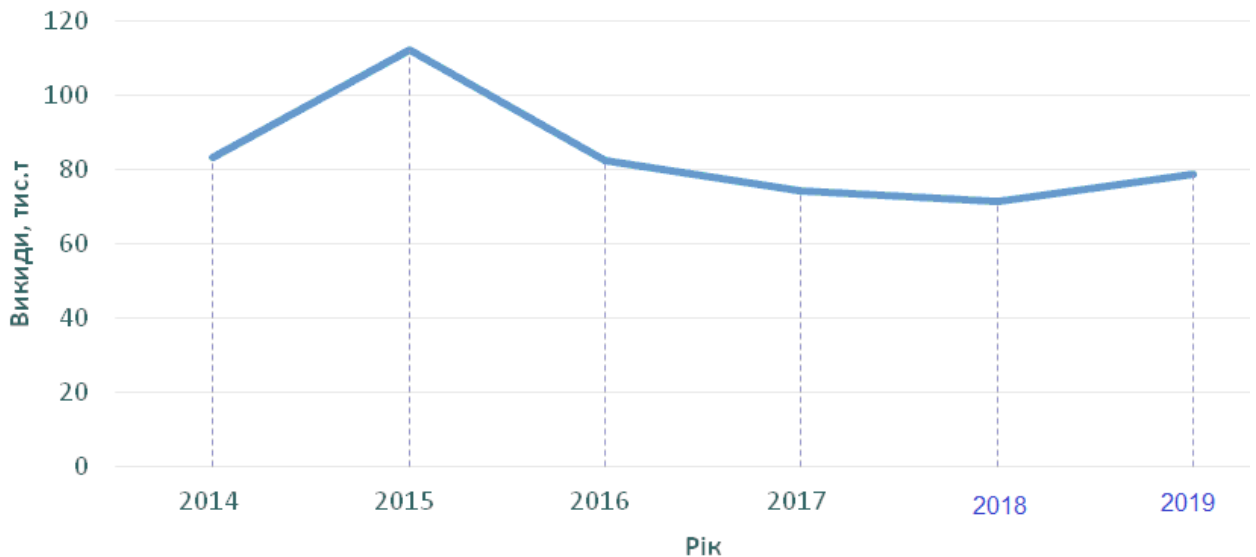


Рисунок 1.6 – Динаміка викидів діоксиду сірки від стаціонарних джерел,
тис. т

Таблиця 1.5 – Викиди діоксиду азоту стаціонарними та пересувними джерелами, тис.т [5]

Рік	Усього, тис. т	У тому числі	
		Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами
2014	42,6	30,8	11,8

Рік	Усього, тис. т	У тому числі	
		Стационарними джерелами	Пересувними джерелами
2015	52,0	40,3	11,7
2016	48,7	38,2	10,5
2017	46,6	36,8	9,8
2018	26,8	26,8	*
2019	31,9	31,9	*

* - данні відсутні

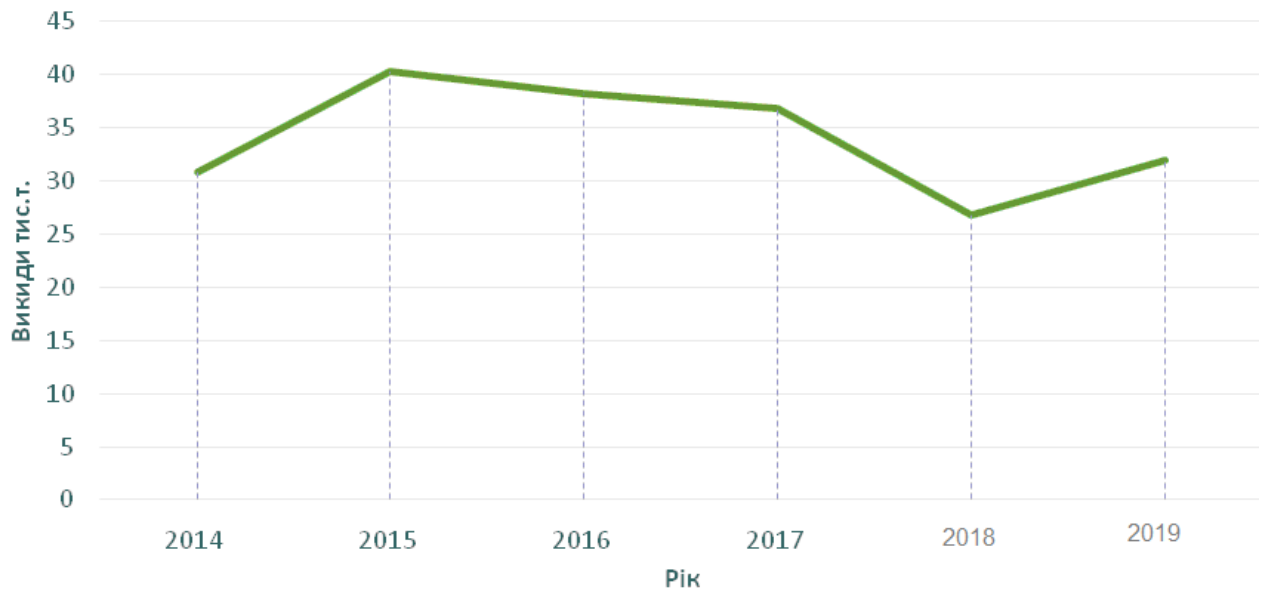


Рисунок 1.7 – Динаміка викидів діоксиду азоту від стаціонарних джерел,
тис. т

Основними забруднювачами атмосферного повітря в місті залишаються підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, на які припадає майже 90 % викидів від загальної кількості забруднюючих речовин по області.

Обсяги викидів промислових підприємств за рік склали [4]:

- ВП Запорізька ТЕС АТ «ДТЕК ДНПРОЕНЕРГО» – 98,059 тис. т (проти 105,238 тис. т у 2018 р.);

- ПАТ «Запоріжсталь» – 52,294 тис. т (проти 50,834 тис. т у 2018 р.);

- АТ «Запорізький завод феросплавів» – 7,512 тис. т (проти 7,656 тис. т у 2018 р.);
- ПрАТ «Дніпроспецсталь» – 0,731 тис. т (проти 0,752 тис. т у 2018 р.);
- ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат» – 2,488 тис. т (проти 1,974 тис. т у 2018 р.);
- ПрАТ «Запоріжжкокс» – 1,804 тис. т (проти 1,946 тис. т у 2018 р.);
- ПАТ «Український графіт» – 1,426 тис. т (проти 1,254 тис. т у 2018 р.);
- ПрАТ «Запоріжвогнетрив» – 0,281 тис. т (проти 0,35 тис. т у 2018 р.);
- ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» – 0,816 тис. т (проти 0,92 тис. т у 2018 р.);
- АТ «Мотор Січ» – 0,575 тис. т (проти 0,707 тис. т у 2018 р.).

Як свідчить динаміка викидів забруднюючих речовин по м. Запоріжжя та області, найбільший внесок в забруднення атмосферного повітря Запорізької області (84%) вносять ПАТ «Запоріжсталь» та ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго».

У порівняння з 2018 роком згідно з проведеним аналізом спостерігається зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, що обумовлене зменшенням обсягів виробництва і впровадженням на підприємствах природоохоронних заходів, встановлених умовами дозволів на викиди та регіональними природоохоронними програмами.

Оцінка стану атмосферного повітря за 2019 рік здійснювалась за середньомісячними концентраціями у кратності перевищень середньодобових гранично-допустимих концентрацій (ГДК) по пріоритетним забруднюючим речовинам.

Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин в житловій забудові міста Запоріжжя представлена в табл. 1.6 [4].

Таблиця 1.6 – Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин в житловій забудові міста Запоріжжя, % [4]

Період, рік	% перевищень ГДК
2015	6,83
2016	9,08
2017	7,63
2018	9,07
2019	7,21

Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, значення середньорічних концентрацій у кратності ГДК представлена в табл. 1.7 [4].

У порівнянні з попереднім роком не змінився вміст у повітрі окису вуглецю, пилу, фенолу, хлористого водню. Зменшився вміст діоксиду азоту, двоокису сірки та окису азоту. Високі та екстремально високі рівні забруднення повітря в м. Запоріжжя протягом 2015-2019 років не зареєстровані.

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

Основні причини понад нормативного забруднення атмосферного повітря міста [4]:

- значна частина промислових підприємств розташована в центрі житлових забудов, що формує основне техногенне навантаження на довкілля міста;

- застарілі технології та устаткування, на базі яких функціонують підприємства, і які вже не в змозі забезпечити дотримання встановлених законодавством нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;

- основні підприємства міста побудовані в тридцяті роки й функціонують по теперішній час. Так, мартенівські печі, агломераційні машини та домені печі ПАТ «Запоріжсталь» експлуатуються 50-60 років.

Сталеплавильні печі ПАТ «Дніпроспецсталь» експлуатуються в середньому 30-40 років. Коксові батареї ПрАТ «Запоріжжкокс» при термінах експлуатації до 20 років, експлуатуються понад 25 років;

- значна частка газоочисного обладнання, яке експлуатується на підприємствах, морально і фізично застаріла. Ступінь амортизаційного зношення складає від 54 до 80%. Газоочисне обладнання підприємств уловлює в основному тільки пил, у той час як найбільш шкідливі з'єднання - оксиди азоту, вуглецю, фенол, сірчисті, фтористі сполуки та ін. - викидаються без очищення;

- великі обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від неорганізованих джерел, які сприяють значній загазованості житлових районів;

- постійно збільшуються обсяги викидів від автотранспорту, доля яких у загальному об'ємі викидів становить 30-40%. Основними проблемами забруднення атмосферного повітря пересувними джерелами є: використання палива, яке не відповідає сучасних екологічним нормам; навантаження головних магістралей міста транзитним транспортом; відсутність нейтралізаторів в основній масі автомобілів вітчизняних марок і старих іномарок.

Все це створює різне по спектру, але інтенсивне навантаження на різні райони міста, погіршуючи екологічну обстановку. Близько 150 хімічних сполук викидаються в атмосферу міста, багато з них є речовинами 1-2 класів небезпеки (двоокис марганцю, бенз(а)пірен, з'єднання свинцю, хрому та ін.).

Таблиця 1.7 – Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя, значення середньорічних концентрацій у кратності ГДК [4]

Забруднюючі речовини	Звітний період, рік				
	2015	2016	2017	2018	2019
Двоокис азоту	2,2	2,2	2,0	2,2	2,0
Двоокис сірки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Оксид азоту	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8

Окис вуглецю	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Пил	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Фенол	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Фтористий водень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Хлористий водень	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Формальдегід	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3

1.2 Вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини

Серед багатьох чинників, що впливають на довкілля та здоров'я населення, одне з головних місць посідають атмосферні забруднення [6-9]. Забруднення атмосферного повітря суттєво впливає на здоров'я людей, адже дихання – це основа життєдіяльності будь-якого організму. Внаслідок постійних та повторюваних впливів на людину через повітря, вони здатні змінити якість життя та стан здоров'я населення навіть до підвищення рівня смертності, появи генетичних порушень, росту онкологічних захворювань та ін. [6].

При цьому розвиток промислового виробництва та зростання обсягів хімічних речовин на тлі інтенсивної сучасної урбанізації міст зумовлюють постійні якісні й кількісні зміни впливу промислових викидів та значно ускладнюють проблему санітарної охорони повітряного басейну.

Негативний вплив забруднення атмосферного повітря на здоров'я населення залишається не до кінця вивченим внаслідок надзвичайної складності таких досліджень в умовах міста [6].

Визначено, що безпечність і оптимальний стан навколишнього середовища та здоров'я населення промислових міст значною мірою залежать від характеру й ступеня впливу на організм шкідливих викидів підприємств. Реальна загроза здоров'ю населення поглиблюється одночасним забрудненням довкілля великою кількістю шкідливих хімічних речовин від стаціонарних і пересувних джерел [10-12].

В основі дії на організм забруднюючих речовин полягає токсичний процес, тобто формування і розвиток реакції біологічної системи у відповідь

на дію ксенобіотика, що призводить до порушення її функціонування чи загибелі.

Загроза забруднюючих речовин для здоров'я зумовлена специфікою токсикодинаміки.

Токсикодинаміка **бенз(а)пірену** полягає у новоутвореннях різноманітної локалізації. Деякі канцерогени викликають рак у місцях їхньої первинної дії, інші – на шляхах утворення й виведення метаболітів.

Нафталін має досить легку розчинність у воді – 0,034 г/л. Його органами-мішенями є нервова система, нирки, шлунково-кишковий тракт, органи зору. Токсикодинаміка проявляється порушенням самопочуття, подразненням слизових дихальних шляхів і очей, гематологічними порушеннями, ринітами, фарингітами, розладами нервової системи й печінки.

Свинець та його сполуки розчиняються у HNO_3 , м'якій воді (особливо у присутності O_2 і CO_2); при нагріванні сполучається з O_2 , галогенами, S, Te.

Тетраетилсвинець розчиняється в органічних розчинниках, жирах і ліпоїдах. Він легко сорбується бетоном, штукатуркою та пористими матеріалами. До органів-мішеней належать нервова система, кров, судини, синтез білка, генетичний апарат і енергетичний баланс клітин, а також загально токсична дія, за дії тетраетилсвинцю – центральна нервова система.

Токсикодинаміка полягає у «свинцевій каймі», «свинцевому колориті», порушенні функції крові, енцефалопатії, рухових та чутливих формах поліневритів, ураженнях аналізаторів, обмінних та ендокринних порушеннях, змінах серцево-судинної системи. За дії тетраетилсвинцю – розлади умовно-рефлекторної діяльності – (симпатичної парасимпатичної нервової системи, судинні розлади у корі головного мозку різке зниження кровопостачання).

Фенол добре вступає у реакції заміщення водню бензольного кільця галогенами, нітро-сульфогрупами. Одноатомні феноли – нервові отрути з вираженою подразнюючою і некротизуючою дією, багатоатомні – загальнотоксична дія (кров'яні отрути, метгемоглобіноутворювачі). Органи-мішені – органи дихання, нервова система, органи зору, шкіра.

Токсикодинаміка фенолу проявляється у подразненні дихальних шляхів, розладах травлення, нервових розладах, захворюваннях шкіри, кон'юнктивітах, анемії, дерматитах.

Значна кількість парів фенолу (60-90%) затримується у легенях. Підвищена концентрація у крові швидко нормалізується внаслідок його переходу у тканини. Фенол і продукти окислення швидко виводяться легенями і нирками у вигляді парних сполук сірчаної та глюкорової кислоти.

Азотна кислота діє на усі метали. Дія парів кислоти значно підсилюється у присутності аерозолів дезінтеграції SO₂ та NaCl, мінерального і моторного мастил. Органами-мішенями для неї є дихальні шляхи, очі, печінка, серцево-судинна та нервова системи. Токсикодинаміка полягає у подразненні дихальних шляхів, кон'юнктивітах, ураженні роговиці очей, бронхітах, бронхіолітах, неврологічних порушеннях, астеновегетативному синдромі, гінгівітах, шлунково-кишкових розладах, дистрофії міокарду, токсичному гепатиті.

Реальна загроза здоров'ю населення мегаполісу металургійної галузі посилюється одночасним забрудненням довкілля багатьма хімічними шкідливими речовинами. Синергізм має така комбінація шкідливих речовин:

- фенол, діоксид сірки, діоксид азоту активізують процес розвитку пухлин у легенях;
- цинк, діоксид азоту, амонію сульфат, озон порушують синтез колагену, знижують захисні властивості легень щодо інфекцій;
- алюміній та хром сприяють розвиткові мезотеліоми, підвищують фібриногенний вплив на легеневу тканину, реакцію трахеобронхіальних лімфатичних вузлів, накопичення ліпідів і цитотоксикантів штучних мінеральних волокон;
- діоксид азоту, смолопідібні речовини спричиняють більш тяжкий перебіг новоутворень легень;
- берилій, фториди активізують патологічний процес у легенях;
- оксид вуглецю, сірководень, діоксид сірки та діоксид азоту

спричиняють гіпотензивну дію;

- бензол, сажа підвищують ризик виникнення раку.

Серед речовин з модифікуючою дією особливе місце посідає формальдегід. За одночасного надходження з іншими екотоксинами він спричиняє модифікуючий за типом активації канцерогенний ефект не тільки в органах-мішенях, але й у віддалених [24]. Ефектом сумачії шкідливої дії володіють аміак – сірководень — формальдегід, ацетон – фенол – формальдегід – акролеїн; аерозолі окису ванадію (V) – окису хрому (III) – окисли марганцю; оцтова кислота – фенол – етилацетат; азотна кислота – сірчана кислота; формальдегід – окис азоту – озон.

Слід відзначити, що низка хімічних речовин має зворотний кореляційний зв'язок з хворобами органів дихання. До них належать азотна кислота, аміак, акролеїн, сірка, формальдегід, оксид міді. Вказане пов'язане з їхніми фізико-хімічними властивостями. Так, аміак дуже реакційно здатний з багатьма речовинами, має реакції приєднання, заміщення й окиснення, а також послаблює токсичний ефект діоксину сірки. Формальдегід легко вступає у реакції приєднання, заміщення й конденсації, дуже легко окислюється, легко полімеризується, особливо під час нагрівання. Сірка активно з'єднується з багатьма елементами. Сірководень є сильним відновником.

Дослідження показали, що на мешканців індустріального міста металургійного профілю діє широке коло шкідливих речовин (біля 40). Серед них є речовини 1-го класу небезпеки: бенз(а)пірен, ванадію оксид, кадмій та його сполуки, ртуть та її сполуки, свинець, хром та його сполуки. До 2-го класу небезпеки належать 14 речовин: азотна кислота, акролеїн, бензол, оксид міді, діоксид марганцю, кобальт та його сполуки, нікель та його сполуки, сірчана кислота, сірководень, стирол, фенол, формальдегід, хлор, ціанистий водень.

Тобто половина речовин, що забруднюють місто, надзвичайно небезпечні та високонебезпечні речовини. Ще чверть речовин в

атмосферному повітрі належить до помірно небезпечних (3-4 клас небезпеки): аміак, ацетон, бензин, бутилацетат, вуглець чотирхлористий, нафталін, паперовий пил, сірковуглець, етилацетат.

За характером лімітуючих критеріїв більшість шкідливих речовин (24), що викидаються в атмосферу індустриального міста металургійного профілю, мають резорбтивну дію. Резорбтивна біологічна дія зумовлює розвиток загальнотоксичних, мутагенних, гонадотоксичних та канцерогенних ефектів.

При цьому їхня вираженість залежить від концентрації шкідливих речовин та терміну їхньої дії. Особливо слід відзначити, що 9 шкідливих речовин мають рефлекторно-резорбтивну дію: азотна кислота, аміак, бензин, оцтова кислота, сірчана кислота, стирол, фенол, формальдегід та хлор.

Токсикодинаміка поллютантів, що забруднюють атмосферне повітря, значною мірою зумовлена їхнім агрегатним станом.

Найбільшу здатність проникати у внутрішнє середовище мають пари речовин, яких у промисловому місті викидається 19.

Ще 13 шкідливих речовин перебувають у вигляді аерозолів, у тому числі аерозольний стан усіх речовин 1-го класу небезпеки (кадмій та його сполуки, бенз(а)пірен, ванадію оксид, ртуть та її сполуки, свинець, хром та його сполуки).

Постійна спільна присутність у викидах металургійних підприємств 30 хімічних речовин зумовлює їхню комбіновану дію, навіть за невеликих концентрацій цих речовин в атмосферному повітрі. Найчастіше комбінація різноманітних компонентів викидів справляє біологічну дію за принципом простої сумачії. Разом з цим одночасне надходження канцерогенів атмосферного повітря з формальдегідом може підсилювати ризики раку [13].

Величина викиду належить до головних факторів, що зумовлюють рівень концентрації [11]. Він переважно залежить від інтенсивності роботи підприємства.

Ступінь забруднення атмосферного повітря населених пунктів може суттєво змінюватися під впливом турбулентності, яка, у свою чергу, залежить від низки метеорологічних факторів (напрямку і швидкості вітру, вологості повітря, температурної стратифікації атмосфери).

1.3 Висновки до розділу 1

1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. тон. В структурі викидів забруднюючих речовин основну частину складають діоксид та інші сполуки сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю та речовини у вигляді суспендованих твердих частинок, недиференційованих за складом.

2. У 2019 році викиди від стаціонарних джерел підприємств м. Запоріжжя склали 71,3 тис. т (проти 69,9 у 2018 році).

3. В 2019 році не змінився вміст у повітрі окису вуглецю, пилу, фенолу, хлористого водню. Зменшився вміст діоксиду азоту, двоокису сірки та окису азоту. Високі та екстремально високі рівні забруднення повітря в м. Запоріжжя протягом 2015-2019 років не зареєстровані. Багаторічний моніторинг якості атмосферного повітря свідчить про стабільно високе його забруднення як на межі санітарно-захисних зон, так і в житлових районах.

2. ОЦІНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГАЗОПОДІБНИМИ РЕЧОВИНАМИ

2.1 Методика оцінки ризику для здоров'я населення

Для оцінки екологічної безпеки викидів промислових підприємств використовувалася методологія оцінки ризику для здоров'я населення. Результати оцінки ризику дозволяють визначити доцільність, пріоритетність і ефективність природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження несприятливого впливу викидів промислових підприємств на навколишнє середовище та здоров'я населення [14, 15].

У відповідності з науковим підходом Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA U.S.) аналіз ризику включає три взаємозалежних елементи: оцінка ризику для здоров'я населення, управління ризиком та інформування про ризик.

Схема оцінки ризику передбачає проведення наступних етапів: ідентифікація небезпеки, оцінка експозиції, оцінка залежності «доза-відповідь», характеристика ризику.

Етап ідентифікації небезпеки передбачає: виявлення всіх джерел забруднення навколишнього середовища досліджуваного підприємства; вибір маршруту і сценарію впливу забруднюючих речовин; ідентифікацію всіх забруднюючих речовин та можливого їх впливу на навколишнє середовище і людину; виявлення пріоритетних для подальшого вивчення забруднюючих речовин.

Маршрут впливу забруднюючої речовини описує механізм, за допомогою якого індивідуум або популяція піддаються дії забруднюючої речовини, точку впливу і шлях надходження.

Складовими частинами повного маршруту впливу є:

- джерело і механізм надходження хімічної речовини у навколишнє середовище;
- сприймаюча, транспортуюча і впливаюча середа;
- місце потенційного контакту людини з забрудненим навколишнім середовищем (точка впливу / рецепторна точка);
- шлях надходження, при якому ймовірність контакту людини з хімічною речовиною найбільш висока, і який призведе до накопичення його концентрації в організмі – пероральний, інгаляційний, шкірний, абсорбція при споживанні води, продуктів харчування, подиху і через шкірні покриви [14].

Всебічна оцінка ризику впливу на здоров'я людини усіх потенційно шкідливих речовин бажана, але складна через великий обсяг досліджень і необхідних матеріальних ресурсів, а також через відсутність адекватних даних про рівні впливу і потенційної небезпеки ряду хімічних сполук. У зв'язку з цим оцінку ризику доцільно було здійснювати на основі детального дослідження обмеженого числа пріоритетних речовин, які найкращим чином характеризують реальний ризик для здоров'я населення, що проживає на досліджуваній території.

Вибір пріоритетних забруднюючих речовин здійснюється згідно з методом описаним в [16].

На етапі ідентифікації небезпеки використовується метод попереднього ранжирування потенційних канцерогенів за величиною сумарної річної емісії та вагового коефіцієнта канцерогенного ефекту (W_c), що встановлюється залежно від значень фактора канцерогенного потенціалу та групи канцерогенності за класифікацією МАВР або відповідні їм групи за класифікацією US EPA. Визначення індексу порівняльної канцерогенної небезпеки (HRI_c) представлено у формулі 2.1 і табл. 2.1 [14].

$$HRI_c = \frac{E \cdot W_c \cdot P}{1000}, \quad (2.1)$$

де HRI_c – індекс порівняльної канцерогенної небезпеки;

Wc – ваговий коефіцієнт канцерогенного ефекту;

P – чисельність популяції;

E – величина умовної експозиції (т/рік).

Таблиця 2.1 – Вагові коефіцієнти для оцінки канцерогенних ефектів (Wc) [14]

Фактор канцерогенного потенціалу, мг/кг	Група канцерогенності за класифікацією U.S. EPA	
	A/B	C
< 0,005	10	1
0,005-0,05	100	10
0,05-0,5	1000	100
0,5-5	10000	1000
5-50	100000	10000
> 50	1000000	1000000

Примітка. A/B – канцерогенні речовини або ймовірно канцерогенні для людини (групи 1-2 за класифікацією Міжнародного агентства з вивчення раку), C – можливі канцерогени для людини (речовини, канцерогенні для лабораторних тварин).

При дуже виражених розходженнях у чисельності населення на порівнюваних територіях значення P слід представляти в балах: <1000 чол. – 1 бал, 1000-100 000 чол. – 2 бали, 100 000-10 000 000 чол. – 3 бали, > 10 000 000 чол. – 4 бали.

При порівнянні небезпеки забруднень різних об'єктів навколишнього середовища величину E слід представляти в балах: надходження в кількості <10 т/рік – 1 бал, 10-100 – 2 бали, 100-1000 – 3 бали, 1000-10 000 – 4 бали, > 10 000 – 5 балів.

Для попереднього ранжирування речовин, що не володіють канцерогенним ризиком (системні токсиканти), використовується метод, аналогічний вищеописаному. При цьому застосовують вагові коефіцієнти, засновані на безпечних дозах або концентраціях (TW). Визначення індексу порівняльної

неканцерогенної небезпеки (HRI) представлено у формулі 2.2 і табл. 2.2 [14].

$$HRI = \frac{E \cdot TW \cdot P}{10000} \quad (2.2)$$

де *HRI* – індекс порівняльної неканцерогенної небезпеки;

TW – ваговий коефіцієнт впливу на здоров'я;

P – чисельність популяції;

E – величина умовної експозиції (т/рік).

Таблиця 2.2 – Вагові коефіцієнти для оцінки неканцерогенних ефектів [14]

Референтна (безпечна) доза, мг/кг	Референтна (безпечна) концентрація, мг/м ³	Ваговий коефіцієнт
< 0,00005	< 0,000175	100000
0,00005-0,0005	0,000175-0,00175	10000
0,0005-0,005	0,00175-0,0175	1000
0,005-0,05	0,0175-0,175	100
0,05-0,5	0,175-1,75	10
> 0,5	> 1,75	1

Примітка. Значення референтних доз і концентрацій повинні мати однаковий період усереднення експозиції (наприклад, референтні концентрації для умов гострого, підгострого та хронічного впливу).

Дотримання діючих екологічних нормативів не є підставою для виключення речовини з переліку аналізованих хімічних сполук.

Виключення хімічних сполук з першого внесення аналізованих речовин здійснюється з використанням таких критеріїв:

- відсутність результатів вимірювань концентрацій речовини або ненадійність наявних даних при неможливості орієнтовно оцінити рівні експозиції;

- відсутність вираженої токсичності і підозр щодо канцерогенності для людини;

- відсутність даних про біологічну дію речовини при неможливості орієнтовного прогнозу показників токсичності і небезпеки [15].

Оцінка експозиції передбачає: кількісну характеристику експозиції

(розрахунок концентрацій і доз); оцінку часу, частоти і тривалості впливу; ідентифікацію населення, яке підпадає під вплив [15]. Населення, що постійно проживає у безпосередній близькості від джерел викидів забруднюючих речовин, вибирається в якості досліджуваної популяції.

Оцінка залежності «доза-відповідь» передбачає процес кількісної характеристики токсикологічної інформації і встановлення зв'язку між діючою дозою (концентрацією) забруднюючої речовини і ймовірністю погіршення стану здоров'я населення в зоні впливу підприємства.

В методології оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає при впливі найменшої з ефективних доз (критичний ефект, критичні органи/системи). При цьому міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що для неканцерогенних речовин передбачається наявність порогових рівнів, нижче яких шкідливі ефекти не виникають.

Як поріг шкідливої дії, нижче якого шкідливі ефекти не розвиваються, виступають референтні концентрації.

Референтна концентрація (RFC, мг/м³) – добова дія хімічної речовини протягом усього життя, яка встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних і, ймовірно, не призведе до виникнення неприйняттого ризику для здоров'я чутливих груп населення [14].

На даному етапі проводять узагальнення всіх наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтні концентрації), критичних органів/систем та шкідливих ефектів, а також оцінка застосування цих даних для вирішення завдань, необхідних для проведення оцінки ризику.

Шляхом проведення аналітичних досліджень здійснюється спільний аналіз якісних даних щодо показників небезпеки для всіх забруднюючих речовин, отриманих в процесі ідентифікації небезпеки та відомостей відповідно до кількісних параметрів залежності «концентрація (доза)-відповідь».

В результаті аналізу та оцінки токсичності викидів використовуються міжнародні банки даних і публікації міжнародних організацій: інтегрованої

інформаційної системи про ризики Агентства США з охорони навколишнього середовища (IRIS), реєстрів токсичних ефектів хімічних сполук (RTECS), американські національні стандарти якості атмосферного повітря (NAAQS), публікації каліфорнійського Агентства з охорони навколишнього середовища (CalEPA), публікації Агентства США з охорони навколишнього середовища (EPA U.S.), публікації Всесвітньої організація охорони здоров'я (WHO), рекомендації національного центру оцінки навколишнього середовища Агентства США з охорони навколишнього середовища (NCEA), зведені таблиці рейтингів ефектів про здоров'я людини (HEAST) (USEPA), база даних NATICH Агентства США з охорони навколишнього середовища (USEPA), публікації Агентства з реєстрації токсичних сполук і захворювань (ATSDR) і дані вітчизняних гігієнічних нормативів.

Характеристика ризику для здоров'я населення. Розрахунок ризиків та їх характеристика проводиться роздільно для канцерогенних і неканцерогенних ефектів.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ), який являє собою співвідношення між величиною експозиції і безпечним рівнем впливу (референтна концентрація чи гранично допустима концентрація) [15]:

$$HQ = AC / RfC, \quad (2.3)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AC – усереднена концентрація, мг/м³;

RfC – референтна (безпечна) концентрація, мг м³.

Характеристика сумарного ризику розвитку неканцерогенних ефектів при комбінованому і комплексному впливі хімічних сполук проводиться на основі розрахунку індексу небезпеки (HI), який оцінюється для груп хімічних сполук, що володіють однорідною (*j*-м) шкідливою дією і / або впливають на одні й ті ж органи / системи організму [15]:

$$HI_j = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad (2.4)$$

де HQ_{*i*} – коефіцієнти небезпеки для кожної забруднюючої речовини.

Різними авторами не однозначно інтерпретуються рівні прийнятності неканцерогенних ризиків. З одного боку ситуація при $HQ > 1$ не обов'язково пов'язана з розвитком шкідливого ефекту: чим вище впливає доза і чим більше вона перевершує референтну, тим вище ймовірність появи шкідливих реакцій [15]. З іншого боку, ризик на рівні $HQ = 1$, не може прийматися як досить прийнятний [16]. В роботі [18] наводиться така градація меж розвитку неканцерогенних ефектів:

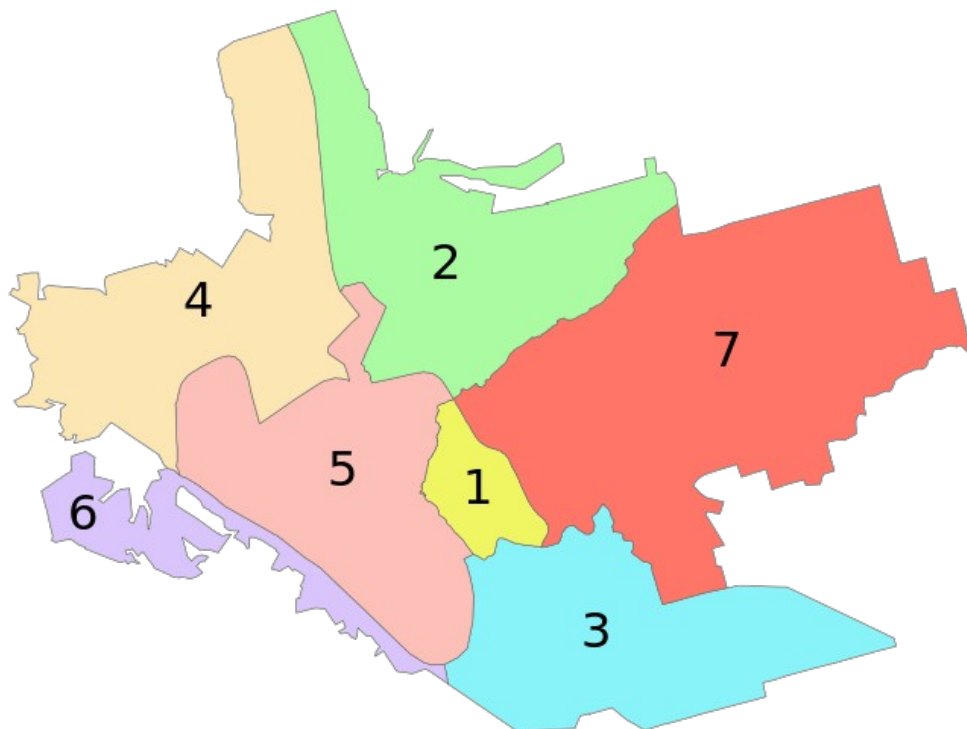
- надзвичайно високий ($HQ/NI > 10$) - масові скарги, виникнення хронічних захворювань;
- високий ($HQ/NI = 5-10$) - існує ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частини населення;
- середній ($HQ/NI = 1-5$) - існує ризик розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення (неприпустимий для населення, допустимий для виробничих умов);
- низький ($HQ/NI = 0,1-1,0$) - ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим;
- мінімальний ($HQ/NI < 0,1$) - ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній.

2.2 Характеристика об'єкта дослідження, метеорологічної ситуації та рельєфу м. Запоріжжя

Місто Запоріжжя є одним з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. Воно розташоване на головній воднотранспортній магістралі - річці Дніпро, у місці її перетинання транспортно-комунікаційними коридорами, що з'єднують південь України з центром Росії, Донбас із Криворіжжям і Закарпаттям. Населення - 745432 осіб. Площа міста Запоріжжя становить 33 099 га. Показник території на 1000 жителів – 39 га, що приблизно збігається з такими ж показниками по містах України (40 га) і міста такого ж рівня - Дніпропетровська (33 га). Більше 4

тис. га зайняті водними просторами (12,8 %), порядку 8 тис. га займають промислові, комунально-складські об'єкти, спецтериторії, 17,6 % міських земель використовується в сільському господарстві. Вільні міські землі, що становлять 1,6 % від усієї території міста Запоріжжя, роздроблені і дисперсно розташовані в плані міста.

Місто Запоріжжя складається з наступних районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький, Шевченківський (рис. 2.1).



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

Рисунок 2.1 – Райони міста Запоріжжя

Як об'єкт дослідження було вибрано Заводський та Вознесенівський райони.

Вознесенівський район (до 2016 року - Орджонікідзевський) - адміністративний район міста Запоріжжя. Загальна площа району 50,78 км². Район займає центральну частину міста. На його території знаходяться органи

влади Запоріжжя, велика кількість підприємств (в тому числі розвинена мережа підприємств сфери обслуговування) і установ, а також великі житлові масиви.

Через територію району проходить інтенсивний рух транспорту в бік Комунарського, Шевченківського, Олександрівського, Дніпровського та Хортицького районів.

Район сформувався в післявоєнний час, рік заснування - 1939 г. Він розташований на території колишнього села Вознесенка, яка до Другої світової війни ділила місто на дві частини: Соцмістечко і Олександрівськ.

У 50-х роках 20 століття Орджонікідзевський район знайшов сучасну територію - на проміжку між площею Фестивальній і 12 квітня зводилися «сталінські будинки», вигляд яких пізніше визнали надмірністю в архітектурі. Саме тому решта міста був забудований «хрущовками».

На території району знаходиться 13 пам'яток містобудування та 25 пам'яток архітектури, в основному періоду 1950-х років (лише один пам'ятник кінця XIX в. - будинок земської школи с. Вознесенка). У Вознесенівському районі розташовано 5 парків і 10 скверів.

Район включає 50 промислових підприємств різних форм власності. Вознесенівський район належить до найбрудніших та найбільш загазованих районів міста Запоріжжя. На стан атмосферного повітря у даному районі дуже великий вплив завдають такі підприємства, як:

- ПрАТ «Укрграфіт» - провідний виробник вуглеграфітової продукції в Україні;
- 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%;

- 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;

- 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.

Заводський район – адміністративний район міста Запоріжжя, утворений 23 травня 1969 року Указом Президії Верховної Ради УРСР шляхом виділення з території Орджонікідзевського району (нині – Вознесенського).

Назва походить від слова «завод», що вказує на основне джерело роботи мешканців району. Житлова частина району в повсякденному мовленні називається Павло-Кічкас. До району увійшли: житловий масив Павло-Кічкас, сел. Запоріжжя-Ліве, вул. Скворцова, сел. Підпорожнє. Площа району складає 56 км², на яких розташовано 155 вулиць та більше ніж 6,8 тис. будинків. Кількість населення району в 2017 році склала 55,5 тис. осіб, із яких 26,2 тис. чоловіків і 29,3 тис. жінок.

Заводський район – індустріальний центр міста Запоріжжя і зона екологічного лиха. Район, зосередивши в собі значні промислові потенціали, опинився перед багатьма екологічними проблемами. Населення змушене жити в умовах подальшої деградації навколишнього середовища та погіршення здоров'я. Показником цього є у 1,5 разів більш висока, в

порівнянні з ситуацією в цілому по місту, смертність мешканців району, найбільш близько розміщеного до основного промислового майданчика міста.

Заводський район є частиною міста, промисловий майданчик якого складається з більш ніж 200 підприємств. Його галузева структура представлена підприємствами практично всіх галузей індустрії: чорної і кольорової металургії, авіаційної промисловості, машинобудування, легкої, харчової промисловості, виробництва будівельних матеріалів, поліграфії, а також великими хімічними виробництвами. Крім того, територією району проходить велика автотранспортна магістраль. Тому не дивно, що в атмосфері Заводського району виявлено більше 150 хімічних сполук. Багато з них є речовинами, що відносяться до 1-2 класів небезпеки. Заводський район являє потужний індустріальний комплекс, до складу якого входять 7 потужних підприємств металургії та оброблення металу, хімічної та легкої промисловості, машинобудування: ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь», ПАТ «Запоріжжкокс», ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ «Український графіт», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Основними забруднювачами атмосферного повітря Заводського району є: зважені речовини, двоокис азоту, фенол, фтористий водень, сірководень, сірковуглець, сірчаний ангідрид, мідь та її сполуки, марганець та його сполуки, алюмінію оксид, хлор та його сполуки, акролеїн, ванадій, сірчана кислота, хром та бенз(а)пірен.

У Заводському районі, порівняно з іншими районами міста, вищий рівень захворюваності. На першому місці стоять гострі захворювання органів дихання різної етіології, з кожним роком за словами медиків збільшується кількість хронічних захворювань, хвороби крові і систем кровообігу, серцево-судинної системи, рухового апарату, імунної системи. Тому виникає потреба в проведенні досліджень у визначенні зон найбільшого техногенного навантаження підприємств підвищеної небезпеки на стан здоров'я населення.

Специфіка розповсюдження забруднюючих речовин на досліджуваній

території м. Запоріжжя залежить від характеристики використання земельних ресурсів, клімату та рельєфу. Для отримання більш точних розрахунків, були проаналізовані та адаптовані наявні в Україні дані щодо характеристики метеорологічної ситуації та рельєфу.

Метеорологічні умови є одним з визначальних чинників, що мають вплив на розповсюдження забруднюючих речовин на досліджуваній території. Варіації метеорологічних параметрів (тиск, хмарність, атмосферна вологість, температура, швидкість вітру та ін.) впливають на формування специфічних станів атмосфери, класи стабільності атмосфери, які визначають умови поширення забруднювачів.

Запоріжжя розташоване в континентальній зоні зі спекотним літом і помірно холодною зимою. Найхолодніший місяць року - січень, середньомісячна температура – $4,3^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум -34°C . Найтепліший місяць – липень, середньомісячна температура $+22,3^{\circ}\text{C}$ при абсолютному максимумі $+41^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів – 469 мм, середній сніжний покрив становить 14 см, максимальний – 35 см. Швидкість вітру на території міста не перевищує 5–7 м/с, проте максимальна швидкість може досягати 20–30 м/с.

За даними метеорологічних спостережень протягом 2019 року (8760 щогодинних даних) у м. Запоріжжя штиль спостерігався протягом 0,77 % часу спостереження (або 67 год.), а середня швидкість вітру склала 3,52 м/с. Протягом року переважаючими швидкостями вітру були від 1,5 до 6,0 м/с. Чітко вираженими домінуючими були вітри зі швидкістю 3,0-4,0 м/с.

На рисунку 2.2 представлено загальнорічну 16 румбову розу вітрів міста, де домінуючими є вітри північного, південно-західного та західного напрямків, які характеризуються середньою швидкістю вітру в межах від 3,0 до 5,0 м/с.

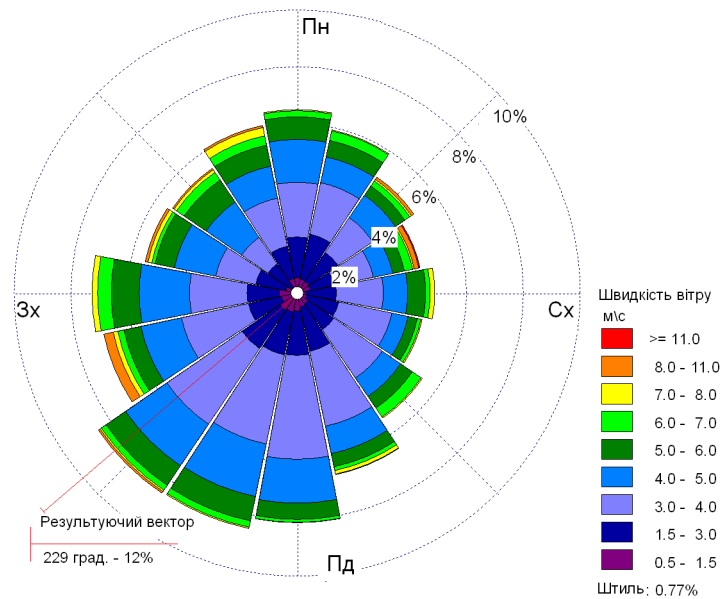


Рисунок 2.2 – Загальна річна роза вітрів в м. Запоріжжя у 2019 році

Класифікація різних метеорологічних станів атмосфери відносно можливості розсіювати та переносити забруднювачі (категорії стабільності атмосфери) поділяється за ключовими характеристиками, що визначають швидкість вітру, рівень сонячної інсоляції, хмарність та ін. В моделях ERA стабільність атмосфери класифікується за Паскуїлло-Гіффордом-Тернером і представлена 6-ма категоріями стабільності від А до F [19]:

А – максимально нестабільний клас (сильна температурна нестабільність, яскраве сонце);

В – середньо нестабільний клас (перехідні періоди, спокійне перемішування);

С – помірно нестабільний клас (перехідні періоди, незначне перемішування);

Д – нейтральний клас (сильний вітер, суцільна хмарність, переходи день-ніч);

Е – помірно стабільний клас (перехідні періоди, нічні помірні вітри);

F – середньо стабільний клас (чисте небо опівночі, дуже обмежене

вертикальне перемішування).

Майже половина часу або 43,9 % атмосфера на території м. Запоріжжя протягом 2019 року знаходилися в нейтральному стані, майже однаковий час в помірно (Е-15,5 %) та середньо стабільному (Б-15,1 %). Найменше часу атмосфера перебувала в максимально нестабільному стані - 0,4 %.

Можливість найгіршого варіанту розвитку ситуації складається тоді, коли високі концентрації викидів припадають на маловітряний період, який характеризується класами стабільності атмосфери С та Е (11,1 % та 9,8 % протягом року). Періоди сильних вітрів, клас D (57,7 % протягом року), сприяють активній дисперсії та поширенню забруднюючих речовин на значні відстані [19].

На території м. Запоріжжя переважаючим напрямками вітру у 2016-2019 роки відповідно були південно-західний, північно-східний та північний. Отже, у поєднанні з нейтральним класом стабільності атмосфери, забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів на досліджуваних територіях будуть поширюватися у відповідних напрямках.

Рельєф території міста Запоріжжя – рівнина, розмежована річками і балками. Схили поверхні спрямовані у бік рік і водойм. У геологічній будові ділянки до глибини 15-20 м беруть участь четвертинні та неогенові відкладення (суглинки, супіски, піски, глини), що залягають на нерівній поверхні докембрійських гранітів. Висотні відмітки рельєфу на території дослідження представлені на рис. 2.3 [19].

Абсолютні висотні відмітки рельєфу для досліджуваної території коливаються в межах від 48 м до 105 м над рівнем моря у розрізі захід-схід (рис. 2.4) та у діапазоні від 48 м до 87 м у розрізі північ-південь (рис.2.5) [19].

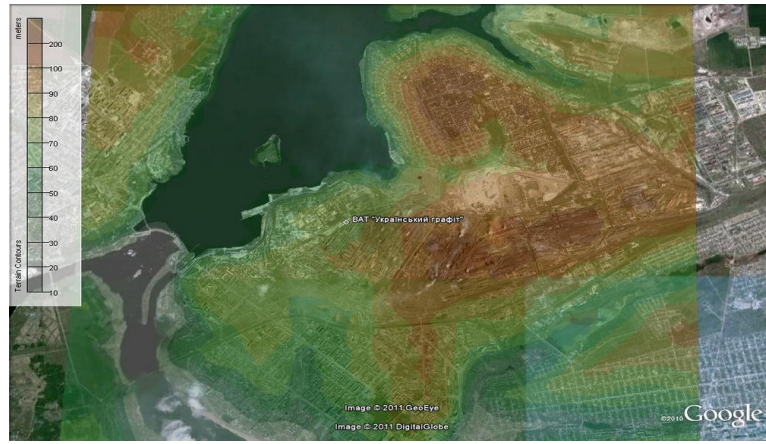


Рисунок 2.3 – Висотні відмітки рельєфу на території дослідження

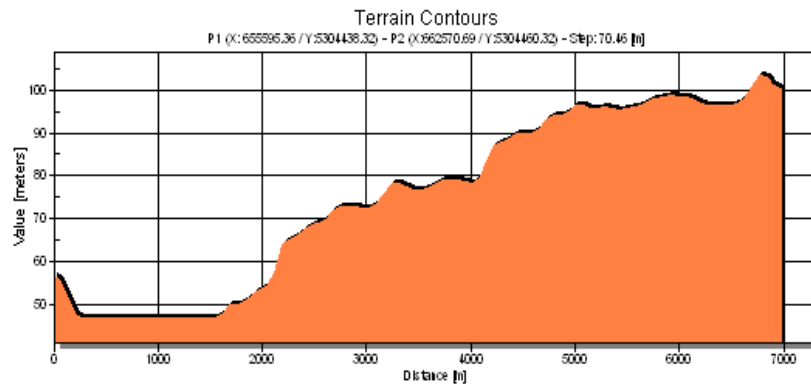


Рисунок 2.4 – Профіль абсолютних висотних відміток рельєфу на території дослідження у напрямку захід-схід

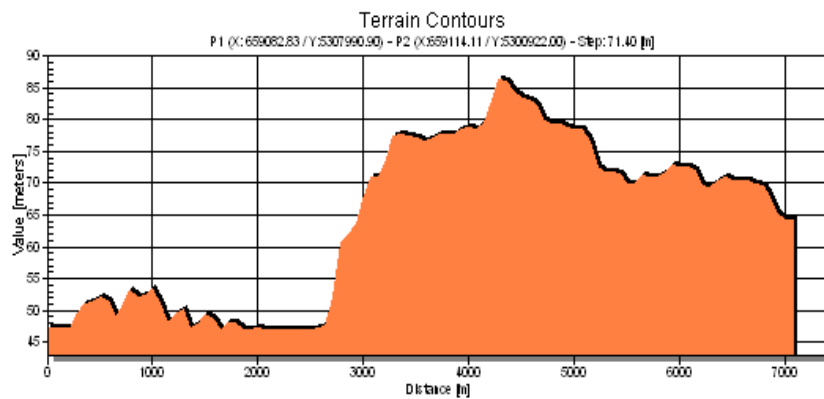


Рисунок 2.5 – Профіль абсолютних висотних відміток рельєфу на території дослідження у напрямку північ-південь

Отримані результати досліджень є необхідними для розрахунку та оцінки специфіки поширення пріоритетних забруднюючих речовин на досліджуваній території.

2.3 Результати етапу ідентифікації небезпеки щодо оцінки токсичності викидів від стаціонарних джерел

Характеристика сценарію і маршруту впливу забруднюючих речовин, обраних для умов Заводського та Вознесенівського районів, представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Сценарій і маршрут впливу забруднюючих речовин

Елементи аналізу експозиції	Характеристика експозиції			
Агенти	хімічні забруднюючі речовини			
Джерела	викиди підприємств в атмосферне повітря від стаціонарних організованих джерел			
Шлях впливу	інгаляційний (дихання повітрям)			
Тривалість експозиції	канцерогенні ефекти – 70 років, неканцерогенні ефекти – 30 років			
Географічне охоплення	Заводський та Вознесенівський райони м. Запоріжжя			
Період оцінки	2018 рік			
Тип впливу за часом контакту	гострий	хронічний (70 років)		
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)	≤ 6	6-18	18≥

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

Як джерела забруднення обрано такі об'єкти: ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПрАТ «Український графіт», ПАТ «Запоріжвогнетрив», ПрАТ

«Запоріжжюкс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

З метою визначення переліку пріоритетних для подальших досліджень потенційно шкідливих хімічних сполук на даних підприємствах, спочатку складався максимально повний список всіх хімічних речовин, здатних впливати на людину на досліджуваній території, який включав 46 забруднюючих речовин.

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. В результаті аналізу використовувалися наступні банки даних:

- IRIS (Інтегрована інформаційна система по ризикам);
- RTECS (Реєстр токсичних ефектів хімічних сполук Національного Інституту професійної безпеки та здоров'я США);
- NAAQS (американські національні стандарти якості атмосферного повітря);
- CalEPA (Каліфорнійське Агентство з охорони довкілля), EPA (публікації Агентства США з охорони довкілля);
- WHO (Всесвітня організація охорони здоров'я);
- NCEA (Національний центр оцінки довкілля);
- OSHA (Агентство професійної безпеки та здоров'я США).

Враховувалися наступні критерії вибору пріоритетних забруднюючих речовин:

- оцінка токсичності забруднюючих речовин хімічних речовин, здатних впливати на здоров'я населення;
- аналіз даних відносно параметрів небезпеки та залежностей «доза-відповідь» (референтні концентрації; фактори канцерогенного потенціалу; чинні вітчизняні нормативи: гранично допустимі концентрації максимально разові та середньодобові (ГДК_{м.р.}, ГДК_{с.д.}), орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ));
- оцінка направленості впливу на органи та системи людського

організму; чисельність населення, яке зазнає впливу від викидів підприємств [16, 19].

Враховуючи критерії вибору пріоритетних забруднюючих речовин, що викидають в атмосферне повітря стаціонарні джерела, було сформовано перелік пріоритетних забруднюючих речовин, необхідних для проведення подальших досліджень з оцінки ризику для здоров'я населення.

До переліку увійшло 8 хімічних сполук (табл. 2.4), з яких до 2 класу небезпеки (високонебезпечні речовини) відносяться – сірководень, фенол, формальдегід, сірковуглець, сірчана кислота; до 3 класу небезпеки – азоту діоксид, ангідрид сірчистий, до 4 класу небезпеки – вуглецю оксид.

Кожна з пріоритетних забруднюючих речовин завдає великого впливу на здоров'я населення. **Сірководень** має токсичні властивості, потрапляючи до легень разом з повітрям викликає запаморочення, головний біль, нудоту, у великих концентраціях може призвести до судом, набряку легень та смерті.

Азоту діоксид призводить до появи симптомів з боку верхніх дихальних шляхів у дітей, збільшення тривалості періодів загострення захворювань верхніх дихальних шляхів у дітей, а також збільшення частоти захворювань нижніх дихальних шляхів у дітей [20].

У разі потрапляння **ангідриду сірчистого** до організму людини можлива смертність, він призводить до збільшення числа нападів астми у астматиків, викликає серцево-судинні захворювання, впливає на органи дихання, а також провокує збільшення госпіталізації та звернень за швидкою медичною допомогою з приводу респіраторних захворювань осіб у віці 65 років і більше.

Розчин **фенолу**, його пил і пари викликають роздратування і хімічний опік шкіри, очей, слизових дихальних шляхів. Отруєння парами фенолу може порушувати функції нервової системи аж до паралічу дихального центру [21].

Потрапляння **вуглецю оксиду** веде до відсоткової зміни вмісту карбоксигемоглобіну в крові, збільшення частота госпіталізації та/або звернення з приводу захворювань серця (у віці 65 років і більше). Зміна

частоти нападів у некурящих хворих на стенокардію у віці 35-37 років, відсоткове зменшення тривалості міжприступного періоду.

Таблиця 2.4 – Параметри токсичності викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел Заводського району м. Запоріжжя

Назва речовини	CAS	ГДК _{м.р.} , мг/м ³	ГДК _{с.д.} , мг/м ³	КН	RfC, мг/м ³ , вплив на органи і системи*	ARfC, мг/м ³ , вплив на органи і системи*
Азоту діоксид	10102-44-0	0,2	0,04	3	0,04, ОД, кров	0,47, ОД
Ангідрид сірчистий	7446-09-5	0,5	0,05	3	0,05, ОД, смерть	0,66, ОД
Вуглецю оксид	630-08-0	5,0	3,0	4	3, ССС, ВДР, ЦНС, кров	23, ССС, ВДР
Формальдегід	50-00-0	0,035	0,003	2	0,003, ОД, ОЗ, ІС	0,048, ОД ОЗ
Фенол	108-95-2-6	0,01	0,003	2	0,006, ОЗ, ОД, ССС, ПО, ЦНС	6, ОД, ОЗ
Сірчана кислота	7664-93-9	0,3	0,1	2	0,001, ОД	0,1, ОД
Сірководень	7783-06-4	0,008	-	2	0,002, ОД	0,1, ОД
Сірковуглець	75-15-0	0,03	0,005	2	0,7, ВДР, ЦНС	20, ВДР кровь

Примітка.* ОД – вплив на органи дихання; кров – вплив на кровоносну систему; ССС – вплив на серцево-судинну систему; ВДР – вплив на процеси розвитку організму, включаючи ембріотоксичну і тератогенну дію, порушення інтелектуального розвитку і здібності до навчання; ЦНС – вплив на центральну нервову систему; ПО – вплив на паренхіматозні органи (печінка, нирки); ОЗ – вплив на органи зору; ІС – вплив на імунну систему, включаючи розвиток алергічних реакцій; смерть – додаткова смертність.

При отруєнні **сірковуглецем** виникає коматозний стан, який може закінчитися смертю від паралічу серця. Середній ступінь отруєння сірковуглецем супроводжується головним болем, блювотою, ейфорією, атаксією, порушенням, яке потім може змінитися сонливістю, пригніченістю,

ослабленням пам'яті, загальної загальмованістю. Органічні зміни в головному мозку можуть носити стійкий характер (енцефалопатія) і обумовлювати значне зниження інтелекту.

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.

2.4 Результати етапу оцінки експозиції пріоритетних забруднюючих речовин, що викидають стаціонарні джерела

На цьому етапі було встановлено чисельність населення, на яке впливають шкідливі чинники такого забруднення.

Згідно Головного управління статистики у Запорізькій області чисельність населення м. Запоріжжя складає у 2019 році 748 058 жителів.

Статистика населення в місті Запоріжжі та в досліджуваних районах за 2019 р. представлена в табл. 2.5.

Для дослідження були вибрані вулиці Заводського та Вознесенівського районів, які наведені в табл. 2.6.

Усереднені рівні добових і річних концентрацій забруднюючих речовин, які формують експозиційні навантаження на здоров'я населення, представлені в додатку А (табл. А.1-А.6).

Таблиця 2.5 – Статистика населення в місті Запоріжжі та в досліджуваних районах

Роки	Чисельність м. Запоріжжя,	Чисельність Вознесенівського району,	Чисельність Заводського

	тис. осіб	тис. осіб	району, тис. осіб
2019	745432	101,5	55,5

Таблиця 2.6 – Досліджувані вулиці Заводського та Вознесенівського районів м. Запоріжжя

№	Вулиці Вознесенівського району	Вулиці Заводського району
1	Антенна	Фінальна
2	Рекордна	Фундаментальна
3	Яценка	Морфлотська
4	Гагаріна	Зразкова
5	Незалежної України	Билкіна
6	бул. Центральний	Електрична
7	Волгоградська	Вогнетривка
8	Адмірала Нахімова	
9	Матросова	
10	Сєдова	
11	Я. Новицького	
12	пр. Соборний	
13	бул. Шевченко	
14	Лермонтова	
15	Сталеварів	
16	Патріотична	
17	пр. Маяковського	
18	Єнісейська	

2.5 Результати етапу оцінки залежності «доза-відповідь» пріоритетних забруднюючих речовин

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.

Перевищення ГДК забруднюючих речовин по Вознесенівському та Заводському районах за 2019 рік представлено в додатку Б (табл. Б.1, Б.2).

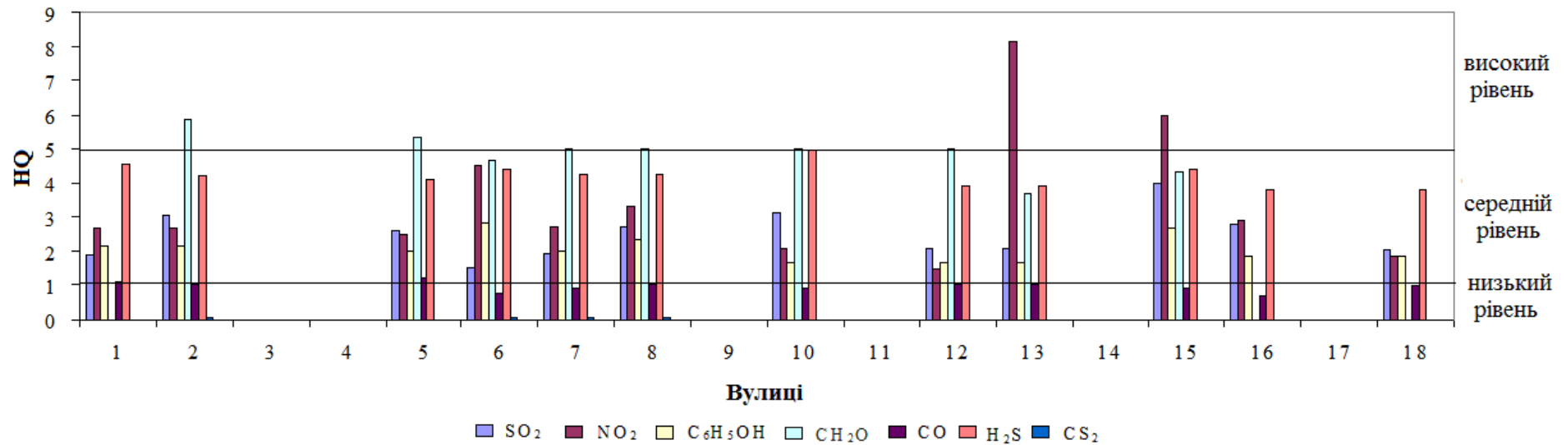
Згідно міжнародних критеріїв оцінки якості атмосферного повітря, то серед пріоритетних забруднюючих речовин спостерігається перевищення ГДК по пилу, фенолу, сірководню, азоту діоксиду, сірковуглецю.

2.6 Результати етапу характеристики ризику для здоров'я населення

На основі розрахованих рівнів експозиції були встановлені характеристики ризику для Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря, обумовлені викидами підприємств району, які включали: неканцерогенні ризики (коефіцієнти небезпеки для окремих речовин (HQ), індекси небезпеки для сукупності речовин та сумарні індекси небезпеки (HI) [22-26].

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при **хронічному впливі** на досліджуваних вулицях за 2019 рік свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) у деяких місцях заміру рецепторних точок та представлені в дод. В (табл. В.1).

Коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при хронічному впливі представлено на рис. 2.6.



1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Рисунок 2.6 – Загальний вид: коефіцієнти небезпеки при оцінці **хронічних** інгалаційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік

Середні значення коефіцієнтів небезпеки **при хронічному інгаляційному впливі в 2019 р.** перевищують допустимий рівень ($HQ > 1$) для всіх речовин крім сірковуглецю і знаходяться на рівні [23-26]:

- для ангідриду сірчистого – на середньому рівні на всіх вулицях ($HQ = 1,52 \div 4,00$);

- азоту діоксиду – на середньому рівні ($HQ = 1,48 \div 4,50$), окрім вулиць бул. Шевченко ($HQ = 8,15$) та Сталеварів ($HQ = 6,00$) – на високому рівні;

- для фенолу – на середньому рівні на всіх вулицях ($HQ = 1,667 \div 2,833$);

- для формальдегіду – на середньому рівні на всіх вулицях ($HQ = 3,667 \div 5,00$), окрім вулиць Рекордна ($HQ = 5,867$), Незалежної України ($HQ = 5,333$) – на високому рівні;

- для оксиду вуглецю – на низькому рівні ($HQ = 0,70 \div 0,97$), окрім вулиць Антенна ($HQ = 1,1$), Рекордна ($HQ = 1,00$), Адмірала Нахімова ($HQ = 1,033$), пр. Соборний ($HQ = 1,033$), бул. Шевченко ($HQ = 1,00$), де знаходяться на середньому рівні;

- для сірководню – на середньому рівні на всіх вулицях ($HQ = 3,80 \div 4,55$);

- для сірковуглецю – на низькому рівні на всіх вулицях.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при **гострому впливі** на досліджуваних вулицях свідчать про безпечні рівні ($HQ < 1$) у всіх місцях заміру рецепторних точок дод. В (табл. В.2).

Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на надзвичайно високому рівні в 2019 р. $HI = 18,204$.

Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від

промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) та знаходяться на середньому рівні в 2019 р. $HQ = 1,011$.

Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних та гострих** інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у Вознесенівському районі представлені в дод. В, табл. В.3.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) по всім речовинам, окрім сірковуглецю. Коефіцієнти небезпеки діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та оксиду вуглецю та сірководню знаходяться на середньому рівні (дод. В, табл. В.3).

Загальний вид коефіцієнтів небезпеки у Вознесенівському районі за 2019 р. представлено на рис. 2.7.

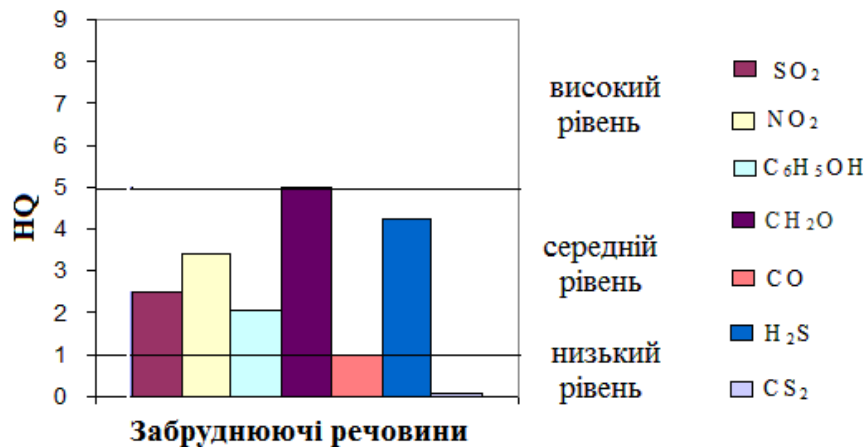


Рисунок 2.7 – Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі за 2019 р.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про мінімальний рівень ризику ($HQ \leq 0,1$) по фенолу,

сірководню та сірковуглецю, низький рівень ($HQ = 0,1-1$) по діоксиду азоту, ангідриду сірчистому (діоксиду сірки), оксиду вуглецю та формальдегіду.

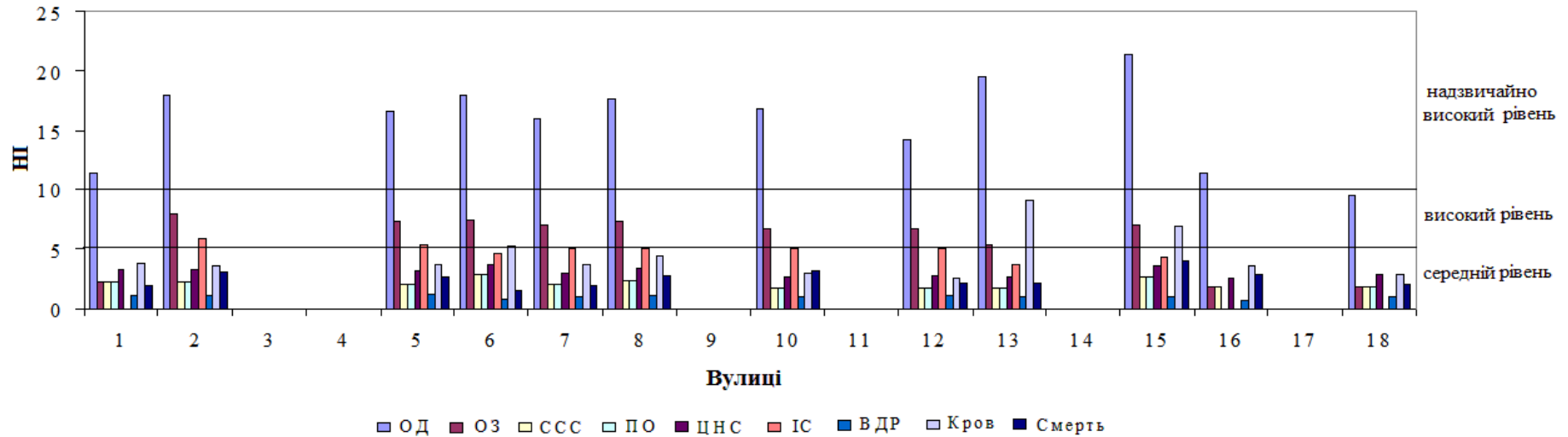
Результати розрахунків індексів небезпеки (дод. В, табл. В.4) свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання, кровоносну систему, органи зору, серцево-судинну систему, центральну нервову систему, вроджені дефекти розвитку, паренхіматозні органи (печінка, нирки), імунну систему, додаткову смертність (рис. 2.8).

Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання на всіх вулицях, а також на вулицях Антенна, Адмірала Нахімова, Сталеварів на органи дихання, серцево-судинну систему, додаткову смертність, на вулицях Рекордна та Сєдова на органи дихання та додаткову смертність у 2019 році.

Результати розрахунків індексів небезпеки (дод. В, табл. В.5) свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому інгаляційному впливі тільки на органи дихання, та знаходяться на середньому рівні.

Результати розрахунків індексів небезпеки у Вознесенівському районі свідчать про надзвичайно високий рівень **при хронічному** інгаляційному впливі на органи дихання (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) та високий і середній рівень на інші органи та системи, що доводить необхідність проведення природоохоронних та профілактичних заходів на етапі управління ризиком (рис. 2.9).

Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при **гострому** впливі у Вознесенівському районі на органи дихання та знаходяться на середньому рівні, що свідчить про ризик розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення (неприпустимий для населення, допустимий для виробничих умов).



1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Рисунок 2.8 –Індекси небезпеки на системи та органи на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при хронічному впливі у 2019 році

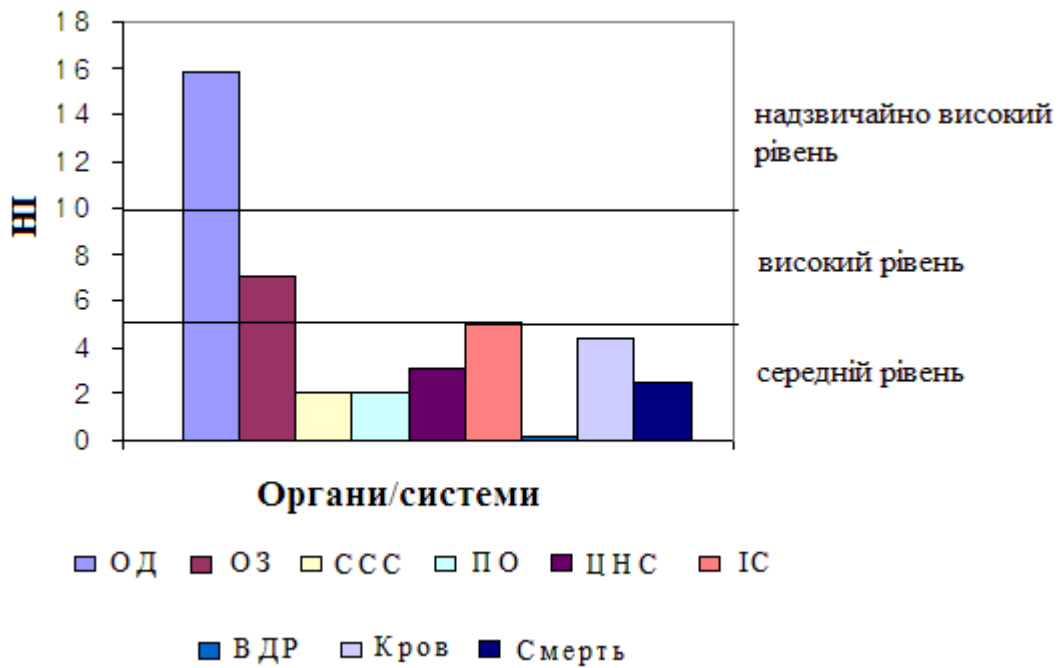


Рисунок 2.9 – Індеси небезпеки на системи та органи у Вознесенівському районі при хронічному впливі в 2019 році

Формування індексу небезпеки на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при хронічному впливі викидів промислових підприємств на **органи дихання** здійснюється за рахунок сірководню, діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та сірчаної кислоти, на **кровоносну систему** – діоксиду азоту та оксиду вуглецю, на **органи зору** – фенолу та формальдегіду, **серцево-судинну систему** – фенолу та оксиду вуглецю, **центрально-нервову систему** – фенолу, оксиду вуглецю, сірковуглецю, **вроджені дефекти розвитку** – оксиду вуглецю та сірковуглецю, на **паренхіматозні органи** – фенолу, **додаткову смертність** – діоксиду сірки.

Формування індексу небезпеки на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при гострому впливі викидів промислових підприємств на **органи дихання** здійснюється за рахунок сірководню, діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та сірчаної кислоти, на **кровоносну систему** – сірковуглецю, на **органи зору** – фенолу та

формальдегіду, **серцево-судину систему** – оксиду вуглецю, **вроджені дефекти розвитку** – оксиду вуглецю та сірковуглецю.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при хронічному впливі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 р. свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) у деяких місцях заміру рецепторних точок та представлені в дод. В (табл. В.7).

Коефіцієнти небезпеки забруднюючих речовин на досліджуваних вулицях Заводського району при **хронічному** впливі представлено на рис. 2.10.

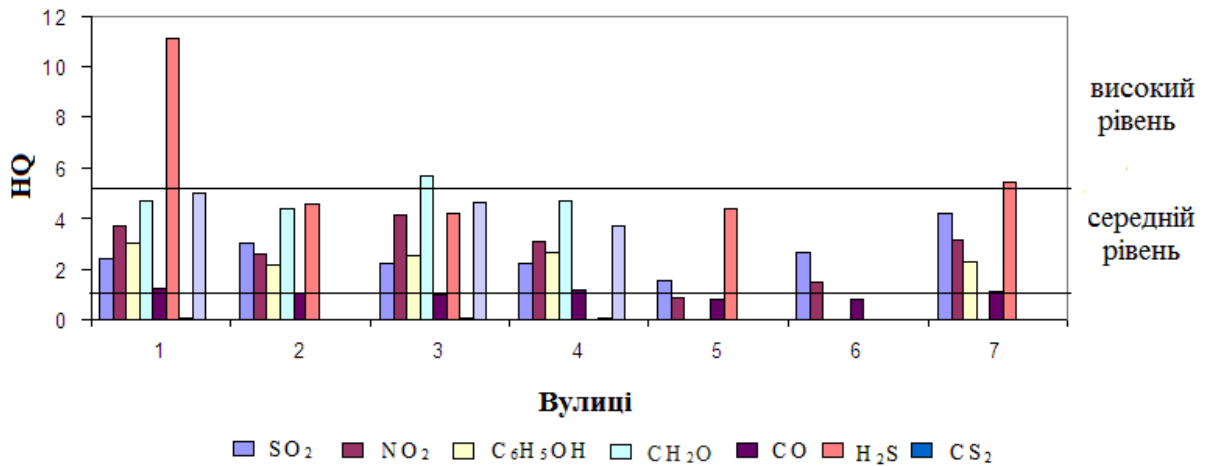


Рисунок 2.10 – Загальний вид: коефіцієнти небезпеки при оцінці **хронічних** інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району на досліджуваних вулицях за 2019 рік

Середні значення коефіцієнтів небезпеки при довічному інгаляційному впливі в 2019 р. перевищують допустимий рівень ($HQ > 1$) для всіх речовин крім сірковуглецю і знаходяться на рівні: для ангідриду сірчастого – середньому рівні; азоту діоксиду – середньому рівні; для фенолу – середньому рівні; для формальдегіду – середньому рівні; для оксиду вуглецю

– середньому рівні, окрім Билкіна та Електрична, де знаходяться низькому рівні; для сірководню – середньому рівні на всіх вулицях, окрім Фінальна, де знаходяться на високому рівні; для сірчаної кислоти – середньому рівні на всіх вулицях; для сірковуглецю – низькому рівні на всіх вулицях.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при гострому впливі на досліджуваних вулицях за 2019 р. свідчать про безпечні рівні ($HQ < 1$) у всіх місцях заміру рецепторних точок та представлені в дод. В (табл. В.8).

Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на надзвичайно високому рівні.

Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) на вулицях Фінальна та Морфлотська та знаходяться на середньому рівні, на інших вулицях знаходяться на низькому рівні.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HQ > 1$) по всім речовинам, окрім сірковуглецю (табл. 2.7).

Загальний вид коефіцієнтів небезпеки в Заводському районі за 2019 р. представлено на рис. 2.11.

Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про мінімальний рівень ризику ($HQ \leq 0,1$) по фенолу, сірчаній кислоті та сірковуглецю, низький рівень

($HQ = 0,1-1$) по діоксиду азоту, ангідриду сірчистому (діоксиду сірки), оксиду вуглецю, формальдегіду та сірководню та представлені в табл. 2.8.

Таблиця 2.7 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району

Забруднюючі речовини	2019 рік
Ангідрид сірчистий	2,6
Діоксид азоту	2,7
Фенол	2,33
Формальдегід	4,67
Оксид вуглецю	1,01
Сірководень	5,95
Сірковуглець	0,06
Сірчана кислота	4,4

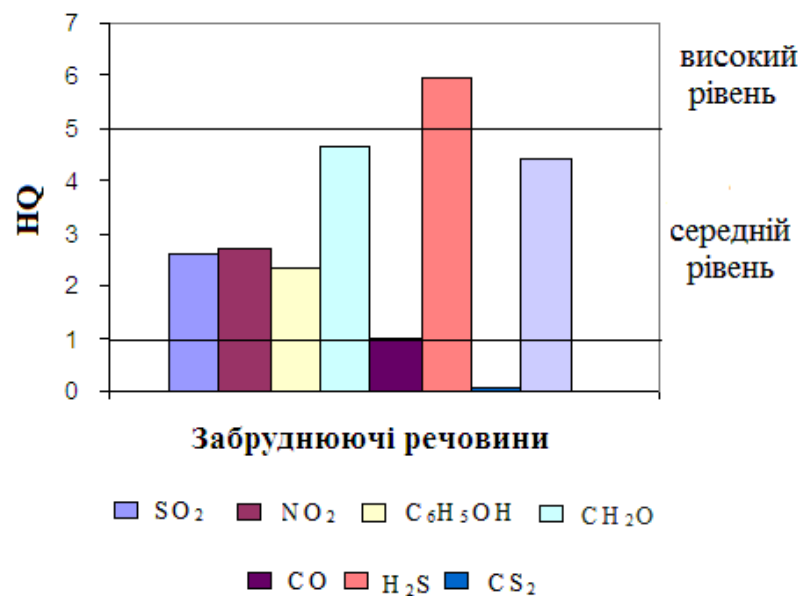


Рисунок 2.11 – Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин в Заводському районі за 2019 р.

Таблиця 2.8 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району

Забруднюючі речовини	2019 рік
Азоту діоксид	0,23
Ангідрид сірчистий	0,2
Оксид вуглецю	0,13
Фенол	0,002
Формальдегід	0,29
Сірчана кислота	0,044
Сірководень	0,119
Сірковуглець	0,0022

Результати розрахунків індексів небезпеки (дод. В, табл. В.9) свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання, кровоносну систему, органи зору, серцево-судинну систему, центральну нервову систему, вроджені дефекти розвитку, паренхіматозні органи (печінка, нирки), імунну систему, додаткову смертність (рис. 2.12).

Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі **на органи дихання** (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) на вулицях Фінальна, Фундаментальна, Морфлотська, Зразкова, Вогнетривка в 2019 році.

Результати розрахунків індексів небезпеки (дод. В, табл. В.10) свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому інгаляційному впливі на органи дихання на вулицях Фінальна та Морфлотська.

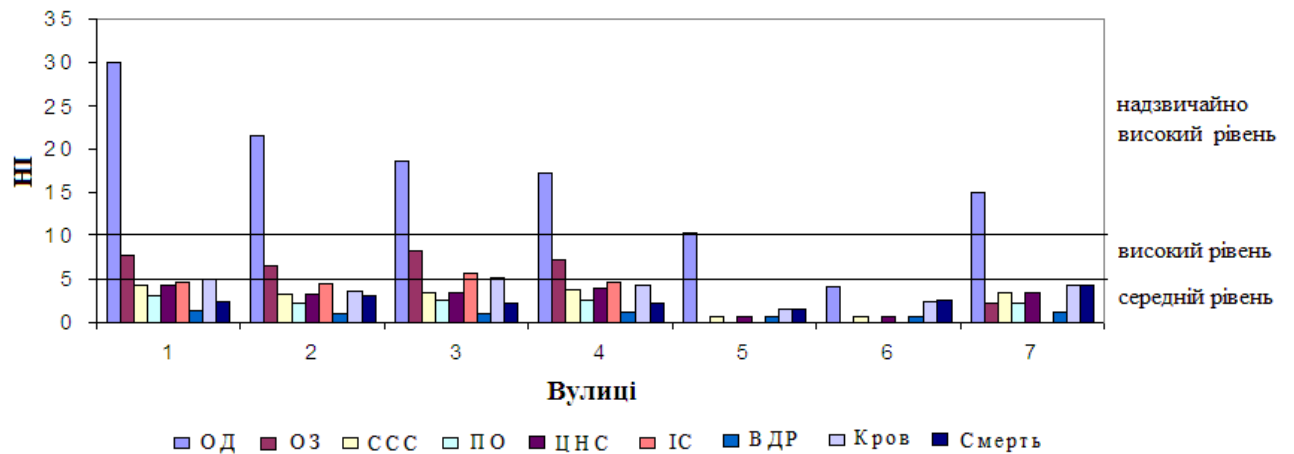


Рисунок 2.12 – Загальний вид: індекси небезпеки на системи та органи на досліджуваних вулицях Заводського району при хронічному впливі в 2019 році

Результати розрахунків індексів небезпеки (табл. 2.9) свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI > 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при хронічному інгаляційному впливі в Заводському районі на органи дихання, кровоносну систему, органи зору, серцево-судинну систему, центральну нервову систему, вроджені дефекти розвитку, паренхіматозні органи (печінка, нирки), імунну систему, додаткову смертність (рис. 2.13).

Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі **на органи дихання**, (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) та високий рівень на органи зору, середній рівень на інші органи та системи, що доводить необхідність проведення природоохоронних та профілактичних заходів на етапі управління ризиком.

Результати розрахунків індексів небезпеки (табл. 2.10) свідчать про відсутність перевищень безпечних рівнів впливу ($HI < 1$) сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому впливі в Заводському районі на органи та системи та знаходяться на низькому рівні.

Таблиця 2.9 – Індекси небезпеки для систем та органів при хронічному впливі в Заводському районі в 2019 р.

Рік	ОД	ОЗ	ССС	ПО	ЦНС	ІС	ВДР	Кров	Смерть
2019	22,65	7	3,34	2,33	3,4	4,67	1,07	3,71	2,6

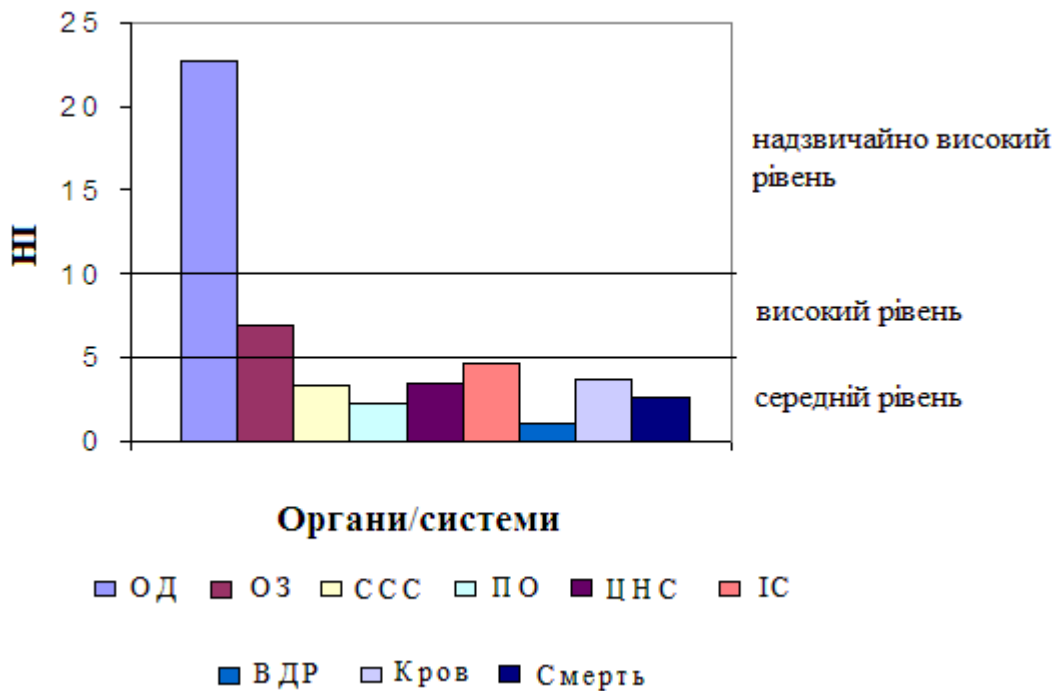


Рисунок 2.13 – Загальний вид: індекси небезпеки на системи та органи в Заводському районі при хронічному впливі в 2019 році

Таблиця 2.10 – Індекси небезпеки для систем та органів при гострому впливі в Заводському районі в 2019 р.

Рік	ОД	ОЗ	ССС	ВДР	Кров
2019	0,89	0,29	0,13	0,13	0,0022

Формування індексу небезпеки на досліджуваних вулицях Заводського району при хронічному впливі викидів промислових підприємств на **органи дихання** здійснюється за рахунок сірководню, діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та сірчаної кислоти, на **кровоносну систему** – діоксиду азоту та оксиду вуглецю, на **органи зору** – фенолу та

формальдегіду, **серцево-судину систему** – фенолу та оксиду вуглецю, **центрально-нервову систему** – фенолу, оксиду вуглецю, сірковуглецю, **вроджені дефекти розвитку** – оксиду вуглецю та сірковуглецю, на **паренхіматозні органи** – фенолу, **додаткову смертність** – діоксиду сірки.

Формування індексу небезпеки на досліджуваних вулицях Заводського району при гострому впливі викидів промислових підприємств на **органи дихання** здійснюється за рахунок сірководню, діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та сірчаної кислоти, на **кровоносну систему** – сірковуглецю, на **органи зору** – фенолу та формальдегіду, **серцево-судину систему** – оксиду вуглецю, **вроджені дефекти розвитку** – оксиду вуглецю та сірковуглецю.

2.7 Висновки до розділу 2

1. На досліджуваних вулицях Вознесенівського району середні значення коефіцієнтів небезпеки при хронічному інгаляційному впливі в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю та оксиду вуглецю і знаходяться на високому (формальдегід, діоксид азоту) та середньому рівнях.

2. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при гострому впливі на досліджуваних вулицях Вознесенівського району свідчать про безпечні рівні у всіх місцях заміру рецепторних точок.

3. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на надзвичайно високому рівні в 2019 р. $HI = 18,204$.

4. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці

гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на середньому рівні в 2019 р. $HI = 1,011$.

5. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів по всім речовинам, окрім сірковуглецю. Коефіцієнти небезпеки діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та оксиду вуглецю та сірководню знаходяться на середньому рівні.

6. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про мінімальний рівень ризику по фенолу, сірководню та сірковуглецю, низький рівень по діоксиду азоту, ангідриду сірчистому (діоксиду сірки), оксиду вуглецю та формальдегіду.

7. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання на всіх вулицях Вознесенівського району, а також про високий рівень на органи зору у 2019 році.

8. Результати розрахунків індексів небезпеки у Вознесенівському районі свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання (масові скарги, виникнення хронічних захворювань), високий рівень на органи зору та середній рівень на інші органи та системи.

9. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому впливі у Вознесенівському районі на органи дихання та знаходяться на середньому рівні.

10. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при довічному інгаляційному впливі на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю

і знаходяться на рівні: для ангідриду сірчистого – середньому рівні; азоту діоксиду – середньому рівні; для фенолу – середньому рівні; для формальдегіду – середньому рівні; для оксиду вуглецю – середньому рівні, окрім Билкіна та Електрична, де знаходяться низькому рівні; для сірководню – середньому рівні на всіх вулицях, окрім Фінальна, де знаходяться на високому рівні; для сірчаної кислоти – середньому рівні на всіх вулицях; для сірковуглецю – низькому рівні на всіх вулицях.

11. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств при гострому впливі на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 р. свідчать про безпечні рівні у всіх місцях заміру рецепторних точок.

12. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів та знаходяться на надзвичайно високому рівні $HI = 17,03$ (середнє значення).

13. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів на вулицях Фінальна та Морфлотська та знаходяться на середньому рівні, на інших вулицях знаходяться на низькому рівні, середнє значення $HI = 0,83$.

14. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів по всім речовинам, окрім сірковуглецю.

15. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про мінімальний рівень ризику по

фенолу, сірчаній кислоті та сірковуглецю, низький рівень по діоксиду азоту, ангідриду сірчистому (діоксиду сірки), оксиду вуглецю, формальдегіду та сірководню.

16. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) на вулицях Фінальна, Фундаментальна, Морфлотська, Зразкова, Вогнетривка в 2019 році.

17. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі в Заводському районі на органи дихання, (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) та високий рівень на органи зору, середній рівень на інші органи та системи.

18. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про відсутність перевищень безпечних рівнів впливу сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому впливі в Заводському районі на органи та системи та знаходяться на низькому рівні.

3 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ З МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ГАЗОПОДІБНИМИ РЕЧОВИНАМИ

3.1 Оцінка впливу діяльності металургійних підприємств на навколишнє природне середовище України

Промислові підприємства є найпотужнішим джерелом комплексного впливу на природні екосистеми, що пов'язано з багатьма виробничими процесам, як видобування корисних копалин, їх збагачення, наступна переробка з метою виробництва готової продукції, а також її транспортування та використання. Промислове виробництво завжди включає процеси споживання природних ресурсів і процеси переміщення в екосистемі відходів та нереалізованої енергії [27].

Загальновідомо, що більш ніж 90% викидів шкідливих речовин в атмосферу здійснюються підприємствами металургії, енергетики, вуглевидобутку та коксохімії [27].

Металургійний сектор у 2019 р. за обсягом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря отримав друге місце після енергетичного.

Серед речовин, забруднюючих повітря, найбільші обсяги викидів у 2019 р. припадають на сполуки сірки - 1235,2 тис. т (28,8% викидів від стаціонарних джерел,), оксид вуглецю - 1007,2 тис. т (23,5%), метан - 920,9 тис. т, (21,4,6%), сполуки азоту - 333,3 тис. т (7,8%). Відносно високим є рівень забруднення повітряного басейну країни викидами двоокису вуглецю - 180932,5 тис. т. Крім викидів в атмосферу, металургійні підприємства використовують до 20-25% води від загального її споживання промисловими підприємствами та істотно забруднюють поверхневі води [28].

Металургійне виробництво є потужним фактором негативного впливу на навколишнє природне середовище у промислових регіонах України. Це особливо стосується Дніпропетровської, Донецької та Запорізької областей.

Так, річний обсяг лише газоподібних викидів в атмосферу у межах промислових місць вищезгаданих областей перевищує 100 тис. т, що спричиняє значне погіршення умов життя на вказаних територіях.

Згідно з результатами досліджень, низька якість атмосферного повітря в містах, де розташовані металургійні підприємства, є причиною суттєвого підвищення загальної захворюваності та смертності населення [28].

Обсяг шкідливих викидів металургійного виробництва в 2019 р. склав 1004,6 тис. т. Загальний обсяг викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності в цілому склав 4295,1 тис. т, тобто 23,4% викидів підприємств всіх видів діяльності.

Особливістю металургійного виробництва є відносно низький середній коефіцієнт виходу готової продукції при інтенсивному використанні мінеральних ресурсів: обсяг кінцевої продукції складає не більше 30% з десятків тисяч тонн сировини, що щорічно споживають металургійні підприємства України [29]. Решта перетворюється на відходи виробництва. Лише концентрація пилу в викидах металургійних заводів, які працюють за традиційними радянськими технологіями, сягає 50-120 кг/т одержуваної сталі.

При використанні сучасних технологій в металургійних процесах подібні викиди знижуються до 10 кг/т сталі. Застарілі технології металургійного виробництва є одним з головних джерел екологічних проблем України. Близько 20 % викидів пилу, а також значна частка газових викидів, зокрема CO і NO_x, пов'язаних у першу чергу з мартенівським процесом виробництва сталі, який практично повністю ліквідовано за кордоном, але продовжує використовуватися в Україні [28].

В Україні склалася наступна структура виробництва сталі: конвертерним методом - 68,7%, мартенівським - 25,4%, виробництво електросталі - 5,9% [28].

Згідно з оцінками, на 1 млн. т річного обсягу металургійної продукції середньодобові викиди в атмосферне повітря становлять: пилу - 350 т,

сірчистого ангідриду - 200 т, оксиду вуглецю - 400 т, оксидів азоту - 42 т [28].

Переважає частка речовин, що забруднюють атмосферне повітря у результаті діяльності металургійних підприємств, представлена викидами коксохімічного, агломераційного, доменного, феросплавного та сталеплавильного виробництва.

Коксохімічне виробництво супроводжується здійсненням викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на різних технологічних етапах – оброблення вугілля і його зберігання, завантаження коксової печі, коксування вугілля, видача коксу, його гасіння й очищення коксового газу, що утворюється при виробництві коксу з наступним його використанням для опалювання коксових батарей і інших установок, які використовують паливо. Основними технологічними процесами, що дають найбільший внесок у викиди на коксохімічних заводах, є: опалювання коксових батарей (викиди з димових труб), гасіння коксу (викиди з гасильної башти) і кінцеве охолодження коксового газу (градирня КГО). Викиди від цих трьох джерел складають – 80-85 % усіх викидів коксохімічних заводів.

Основними забруднюючими речовинами на коксохімічних заводах є найбільш поширені – діоксид сірки (40 % від загальних викидів), оксид вуглецю (25 %), оксиди азоту (9,5 %), пил вугільних концентратів, пил коксу та сажа (15 %); небезпечні забруднюючі речовини – аміак (2 %), бензол (2,2 %), нафталін (1,4 %), водню цианід (1,1 %), сірководень (1,5 %), фенол (0,6 %), сірковуглець (0,02 %) та інші, такі, як – піридин, сірчана кислота, важкі метали, що входять до складу пилу коксу та вугільних концентратів (сполуки арсену, кадмію, міді, нікелю, ртуті, свинцю, хрому, цинку) – 1,68 %.

На 1 т перероблюваного вугілля виділяється близько 0,75 кг діоксиду сірки та по 0,03 кг різних вуглеводнів та аміаку. Поблизу коксохімічних заводів середні рівні вмісту в повітрі діоксиду сірки (сірчаного газу) складають від 0,05 мг/м³ до 0,2 мг/м³.

Цехи сіркоочистки коксохімічних заводів звичайно обладнанні електрофільтрами, через які в атмосферу потрапляють сірчаний газ,

сірководень, діоксид азоту, аерозоль сірчаної кислоти. За даними вміст сірководню у вихідних газах складає $0,14 \text{ мг/м}^3$, а діоксид азоту – $0,9 \text{ мг/м}^3$. Розрахунки показують, що на відстані 1 км від цеху сіркоочистки в повітрі може міститися до $0,2 \text{ мг/м}^3$ сірчаного газу.

У прокатному виробництві викид забруднюючих речовин (SO_2 , NO_x , CH_4 , CO , CO_2 , N_2O , ЛОС, при травленні металів – соляна кислота, аерозоль сірчаної кислоти, фтористий водень, хлористий водень) у повітря, порівняно з іншими цехами підприємств чорної металургії, значно менший [29]. Основними джерелами організованих технологічних викидів прокатних цехів є нагрівальні колодязі, печі та машини вогневої зачистки, травильні відділи, до неорганізованих – нагрівальні колодязі у час відкривання кришок, нагрівальні печі за недостатньої тяги, ножиці для нарізання металу та ін.

В агломераційному виробництві основні джерела забруднення атмосферного повітря - це агломераційні стрічки, системи охолодження агломерату, печі для його випалювання, а також пункти сортування шихти та агломерату. Гази та пил, що утворюються у процесі агломераційного виробництва містять оксиди сірки та вуглецю, залізо та його оксиди, оксиди марганцю, магнію, фосфору, кремнію, кальцію та ін.

Доменне виробництво також є потужним джерелом газопилових викидів в повітря, які містять оксиди вуглецю й сірки, водень, азот, оксиди заліза, кремнію, марганцю, кальцію, магнію.

Головну роль у забрудненні атмосферного повітря при феросплавному виробництві відіграють електродугові печі, які є джерелом викидів газів та пилу, що містять оксиди заліза, міді, цинку, свинцю, хрому, кремнію.

Значні обсяги небезпечних викидів мають місце також при підготовчих роботах і при обробці металу. Це, наприклад, графітовий та металевий пил, оксид вуглецю, формальдегід, фенол, метиловий спирт, пари сірчаної кислоти, аміак, бензол, та ін. Обсяги основних газових викидів, що утворюються у ході процесів металургійного виробництва, наведено в таблиці 3.1.

У залежності від пануючих вітрів, забруднення атмосферного повітря на територіях, де розташовані металургійні підприємства, може спостерігатися в радіусі 20-50 км [29].

Таблиця 3.1 – Газові викиди металургійного виробництва (до очищення)

Складові викидів	Агломераційне виробництво, кг/т агломерату	Доменне виробництво, кг/т чавуну	Сталеплавильне виробництво, кг/т сталі	Прокатне виробництво
Пил	20-25	100-106	13-32	0,1-0,2кг/т прокату
Оксид вуглецю	20-50	600-605	0,4-0,6	0,7т/м поверхні металу
Оксиди сірки	3-25	0,2-0,3	0,4-35	0,4т/м поверхні металу
Оксиди азоту	-	-	0,3-3,0	0,5т/м поверхні металу
Сірководень	-	10-60	-	-

У цілому, техногенне навантаження на навколишнє середовище, пов'язане з діяльністю металургійних підприємств, залишається на неприємно високому рівні, і триваюча деградація природного середовища не дозволяє оцінити діяльність галузі як екологічно безпечну, навіть у мінімальній мірі.

3.2 Класифікація методів та устаткування очистки промислових викидів

Для знешкодження газів, що відходять, від газоподібних та пароподібних токсичних речовин застосовують наступні методи: абсорбції (фізичної чи хемосорбції); адсорбції; каталітичні; термічні: конденсації чи компримірування [30].

Абсорбційні методи очищення газів, що відходять, підрозділяють по наступних ознаках: по абсорбуемому компоненту; по типу застосованого абсорбенту; по характеру процесу (с циркуляцією і без циркуляції газу); по способу використання абсорбенту (с регенерацією та поверненням його в цикл (циклічні) або без регенерації (не циклічні)); по використанню компонентів, що вловлюють домішки (с рекуперацією і без рекуперації); по типу рекуперируемого продукту; по способу організації процесу очистки (періодичні чи безперервні); в залежності від конструктивних типів абсорбційних апаратів.

Для фізичної абсорбції на практиці застосовують воду, органічні розчинники, що не вступають у реакцію з газом і водянні розчини цих речовин.

При хемосорбції як абсорбент використовують водянні розчини солей і лугів, органічні речовини чи водні суспензії різних речовин.

Остаточний вибір методу очищення залежить від багатьох факторів: концентрації компонентів, які містяться у промислових газах; обсягу газу, який необхідно очистити; температури підходящих газів; змісту домішок; наявності хемосорбентів; можливості використання продуктів рекуперації; необхідного ступеня очищення.

Вибір роблять на підставі результатів техніко-економічних розрахунків.

Адсорбційні методи очищення газів використовують для видалення з них газоподібних і пароподібних домішок. Методи засновані на поглинанні домішок пористими адсорбентами. Процеси очищення проводять у періодичних або безперервних адсорберах. Перевагою метода є висока ступінь очищення, а недоліком - неможливість очищення запилених газів.

Каталітичні методи очищення засновані на хімічних перетвореннях токсичних компонентів у нетоксичні на поверхні твердих каталізаторів. Очищенню піддаються гази, що не містять пилу й каталізаторних отрут. Методи використовуються для очищення газів від оксидів азоту, сірки, вуглецю і від органічних домішок, їх проводять у реакторах різної конструкції.

У рекупераційній техніці поряд з іншими методами для вловлювання парів летючих розчинників використовують методи конденсації і компримірування.

В основі **методу конденсації** лежить явище зменшення тиску насиченої пари розчинника при зниженні температури. Суміш пару розчинника з повітрям попередньо охолоджують у теплообміннику, а потім конденсують.

Перевагами методу є простота апаратурного оформлення і експлуатації рекупераційної установки. Однак проведення процесу очищення пароповітряних сумішей методом конденсації сильно ускладнено, оскільки вміст парів летючих розчинників у цих сумішах звичайно перевищує нижню межу їх вибуху. До недоліків методу також відносять високі витрати холодильного агента і електроенергії, а також низький відсоток конденсації пару (вихід) розчинників - він звичайно не перевищує 70-90%.

Метод компримірування базується на тім же явищі, що й метод конденсації але стосується тільки парів розчинників, які перебувають під надлишковим тиском. Однак метод компримірування більше складний в апаратурному оформленні, тому що в схемі уловлювання парів розчинників необхідний комприміруючий агрегат. Крім того, цей підхід зберігає всі недоліки, які властиві методу конденсації і не забезпечує можливість уловлювання парів летючих розчинників при їхніх низьких концентраціях у газоповітряних сумішах.

Термічні методи (методи прямого спалювання) застосовують для знешкодження газів від токсичних, а також домішок з неприємним запахом, які легко окислюються. Методи засновані на спалюванні горючих домішок у

топках печей або смолоскипових пальників. Перевагою методу є простота апаратури та універсальність використання. Недоліками вважається додаткова витрата палива при спалюванні низькоконцентрованих газів, а також необхідність додаткового абсорбційного або адсорбційного очищення газів після спалювання.

Слід зазначити, що складний хімічний склад викидів і високі концентрації токсичних компонентів заздалегідь визначають багатоступінчасті схеми очищення, що представляють собою комбінацію різних методів.

Класифікація методів та устаткування очистки промислових викидів представлена на рис. 3.1.

3.3 Очищення промислових газів від сполук сірки

Відомо, що сірка міститься практично в усіх видах паливно-енергетичних та сировинних ресурсів (нафта, природний і попутній газ, вугілля, руди, зокрема, сульфідні, сульфатні, інші). При цьому існує закономірність, чим глибше в Землі знаходяться поклади сировини, тим більший в них вміст Сульфуру [30]. При переробленні сульфуровмісної сировини на різних стадіях виробничих процесів утворюються сульфуровмісні сполуки, які переходять, насамперед, у газову фазу, переважно у вигляді діоксиду сульфуру.

Найбільшими забруднювачами біосфери є теплові електростанції, підприємства чорної і кольорової металургії, транспортні засоби, хімічні виробництва тощо [30]. Тільки за один рік до атмосфери викидається близько 350 т діоксиду Сульфуру, що еквівалентно понад 530 т сульфатної кислоти, тобто проблема забруднення атмосфери сульфуровмісними сполуками є однією із найгостріших.

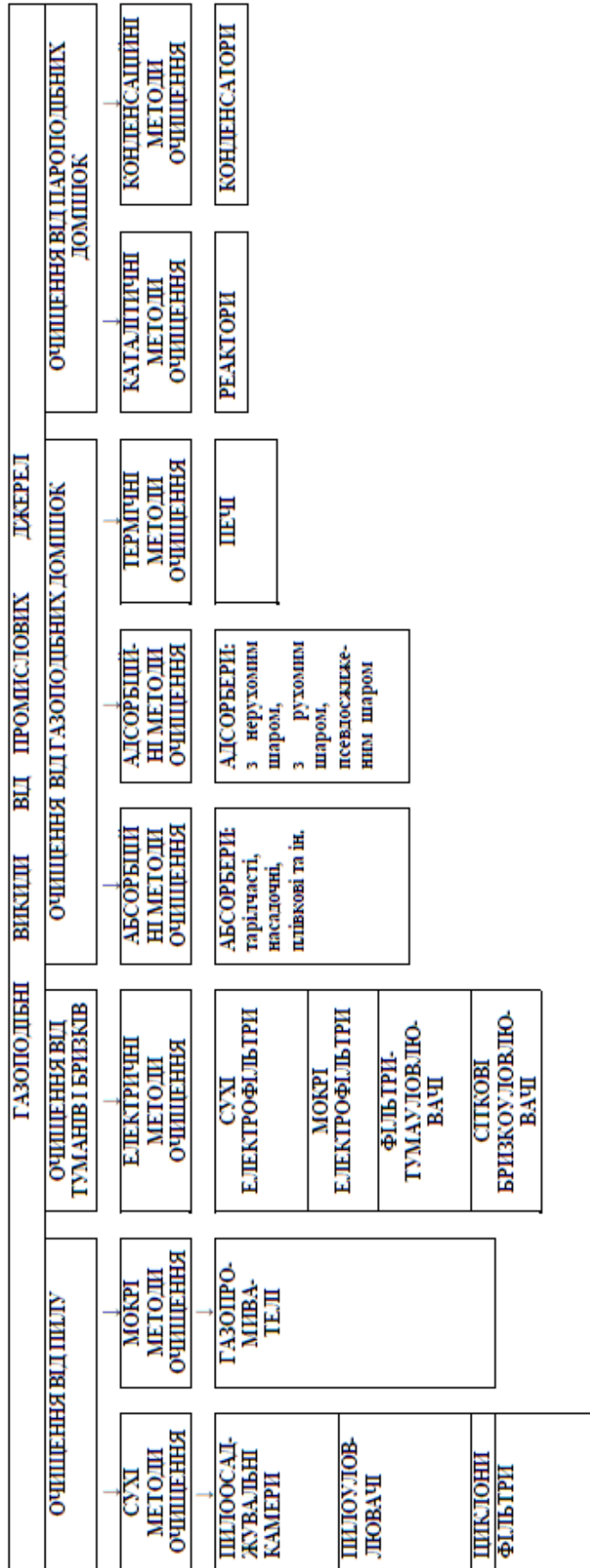
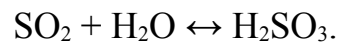


Рисунок 3.1 – Класифікація методів та устаткування очистки промислових викидів

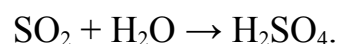
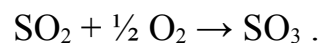
В атмосфері діоксид сульфуру може окислятися до триоксиду. Енергія сонячного проміння, мілкі частинки металів, наявність інших газів каталізують окислення діоксиду сульфуру в триоксид. Тривалість існування діоксиду сульфуру в атмосфері становить 1,5 доби [30]. При наявності вологи в повітрі діоксид сульфуру може перетворюватися у сульфатну кислоту. В результаті сульфатна та інші кислоти, що утворюються при цьому, випадають на землю у вигляді «кислотних дощів» та «кислотного снігу», рН при цьому сягає 4,5-5, інколи 3 і 2,5 [30]. Це призводить до зниження врожайності низки сільськогосподарських культур; вимивання з ґрунтів іонів калію, кальцію, магнію; закислення ґрунтів та водойм це також негативно впливає на здоров'я людей, збільшуючи загальний рівень захворюваності, обумовлюючи ураження окремих органів та систем організму [30].

Очищення від сірчистого ангідриду. Сірчистий ангідрид SO_2 – безбарвний газ з різким запахом. З водою утворює сірчисту кислоту, яка легко розпадається:

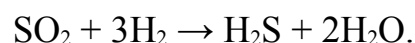
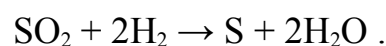


Підвищення температури зсуває рівновагу цієї реакції ліворуч. Сірчистий ангідрид типовий кислотоутворюючий оксид, він реагує з лугами з утворенням стійких солей. Так як H_2SO_3 двоосновна кислота, вона може давати два ряди солей – середні (сульфіти) та кислі (бісульфіти).

У присутності каталізаторів сірчистий ангідрид окислюється окислювачами до сполук шести валентної сірки:



Відновники відновлюють SO_2 до елементарної сірки :

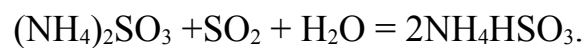
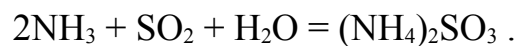


Сірчистий ангідрид є одним з найпоширеніших компонентів шкідливих викидів хімічної промисловості. Досить великі кількості його викидаються в

атмосферу при виробництві сірчаної кислоти та при спалюванні високосірчистого палива в теплоенергетичних установках. Відомо більше двохсот різних способів уловлювання двооксиду сірки з газів і тільки декілька десятків з них застосовуються для санітарного очищення газів. Такий досить широкий вибір методів очищення газів від SO₂ обумовлено різними характеристиками газових викидів (обсягу газів, їх тепломісткістю, концентрацією, складом і характером супутніх компонентів), наявністю в прилеглих районах необхідного хемосорбенту та потребою в продуктах утилізації [30].

Всі відомі та перевірені в заводських умовах методи можна підрозділити на три групи: аміачні методи; методи нейтралізації; каталітичні методи.

Аміачні методи очищення газів від сірчистого ангідриду. Аміачні методи засновані на взаємодії аміаку з двооксидом сірки, у результаті чого утвориться сульфїт-бісульфїт амонію:



Присутній у газах, що відходять, кисень до окислює сульфїт-бісульфїт до сульфату амонію. Аміачні методи зазвичай нециклічні тому, що аміак не повертається на поглинання сірки.

Переваги аміачних методів: висока ефективність очищення; відсутність у адсорбентах твердих складових, які перешкоджають нормальній роботі технологічного обладнання; утримання у якості продуктів утилізації цінних речовин.

Недоліки аміачних методів: підвищення кількості аміаку (через його летючість); забруднення атмосфери токсичними дрібними кристалами сульфїту та сульфату амонію, які важко уловлювати; складність технологічної схеми; необхідність попереднього охолодження газу, що піддається очищенню, для зменшення втрат аміаку та зменшення утворення сульфату амонію [30].

Методи очищення газів, основані на нейтралізації сірчистого ангідриду. *Содовий метод* заснований на поглинанні сірчистого ангідриду розчином соди. Фактично процес одержання бісульфіту проходить через стадії утворення бікарбонату й сульфїту натрію. При концентрації SO_2 у газі менш 0,3 % одержання товарного продукту ускладнюється через процес окислення NaHSO_3 у рідкій фазі, який протікає паралельно. У цих випадках розчин необхідно насичувати більш концентрованим сірчистим ангідридом, що відбирають із основної системи.

Вапняний метод засновано на поглинанні SO_2 з газів суспензій CaO . При очищенні газів, що відходять після концентраторів сірчаної кислоти, крім SO_2 містять туман сірчаної кислоти. Основна кількість сірчаної кислоти вловлюється в електрофільтрах, однак близько 10 % туману залишається в газах, що надходять у скрубєр. Тут H_2SO_4 реагує із CaO .

Сутність *магнезитового методу* складається у зв'язуванні SO_2 суспензією MgO з утворенням сульфїту магнію, що випадає в осад.

Кристалічний сульфїт магнію піддається сушінню і випарюється при температурі 760-1100⁰С з одержанням сірчистого ангідриду (10-16 %) та оксиду магнію. Оксид магнію повертається в цикл поглинання, а SO_2 надходить на подальшу переробку.

Магнезитовий метод має різновидності. Для очищення газів від SO_2 застосовують гідроксид магнію, або лужний розчин оксиду магнію та оксиду марганцю (IV). Оксид марганцю (IV) сприяє прискоренню адсорбції двооксиду сірки. У деяких випадках у розчин, який містить оксид магнію, додають гідроксид кальцію, що сприяє збільшенню лужності розчину та повнішому видаленню SO_2 . Недоліками цього методу є технологічні труднощі на стадіях кристалізації, фільтрування та центрифугування сульфїту магнію, а також регенерації магнезиту та висока вартість процесу.

При використанні *цинкового методу* поглинання SO_2 з газів виникає за рахунок використання суспензії оксиду цинку.

Кристали сульфїту цинку випадають в осад, їх відокремлюють від рїдини фїльтрацією або центрифугуванням. Відфїльтрований $ZnSO_3 \cdot 2,5H_2O$ при нагрїваннї до 300-3500C розкладається на H_2O , SO_2 , і Zn. Оксид цинку повертається в цикл поглинання, а SO_2 видається у виглядї продукту. Сульфїт цинку, що утворюється побїчно, окисляється киснем повітря в сульфат, що залишається в розчинї. Сульфат цинку може бути перероблено рїзними способами. Відповїдно до цього можливі три варїанти: видача як готової продукції сульфату цинку і рїдинного сїрчистого ангїдриду; видача у виглядї готової продукції тїльки рїдкого сїрчистого ангїдриду; одержання сїрчаної кислоти.

Перевагою цього методу над магnezитовим є те, що температура термїчної дисоціації сульфїту цинку на декїлька сотень градусів нижча нїж у сульфїту магнїю, що дозволяє розкладати його з утриманням 100 % SO_2 .

Недолїками цинкового методу є: необхіднїсть роботи адсорбера з твердою фазою, що потребує попереднього тонкого очищення газів від пилу; складнїсть технологїчної схеми; додатковї витрати на суспензїю; пїдвищена витрата оксиду цинку внаслїдок окислення сульфїту до сульфату цинки; необхіднїсть охолодження газів; низький ступїнь уловлювання SO_2 при роботї з бїсульфїтом цинку.

Каталїтичнї методи очищення газів від сїрчистого ангїдриду. До каталїтичних методїв вїдносять тї, що забезпечують переробку утилизованого сїрчистого ангїдриду безпосередньо в сїрчану кислоту.

Пїролюзитний метод очищення газів заснований на окислюваннї сїрчистого ангїдриду киснем у рїдкїй фазї в присутностї каталїзатора - пїролюзиту. Цей процес протїкає з досить високою швидкїстю при вмістї у розчинї 0,025 - 0,03 % MnO_2 . Йони залїза пїдсилюють активнїсть каталїзатора, а йони мїдї, навпаки, послабляють її. Йони цинку, хрому, нїкелю й лужних металїв не змїнюють каталїтичної дїї пїролюзиту.

Марганцевий каталїзатор досить чутливий до стороннїх домїшок, особливо сильною каталїзаторною отрутою є фенол.

При детальному дослідженні піролюзитного методу на реальних газах було встановлено, що при підвищенні кислотності розчину процес поступово сповільнюється й при досягненні вмісту в розчині 20 % H_2SO_4 практично припиняється. Це пояснюється тим, що розчинність кисню і сірчистого ангідриду в розчині H_2SO_4 знижується й порушується ланцюговий механізм процесу.

Високу швидкість процесу можна підтримувати або уведенням свіжих порцій марганцю Mn_{3+} , або збільшенням швидкості окислювання двовалентного марганцю. У практичних умовах не можна безупинно вводити нові порції каталізатора. Тому необхідно прискорити процес регенерації каталізатора шляхом окислення двовалентного марганцю. Піролюзитний метод застосовується для очищення газів, що відходять, після концентраторів сірчаної кислоти.

Перевагою піролюзитного методу є одержання товарної сірчаної кислоти, а недолік процесу – отруєння каталізатора каталітичними отрутами.

Озонокаталітичний метод також має свої переваги. Це відносна простота технологічної схеми й можливість одержання більше концентрованої сірчаної кислоти (до 60%). Озонокаталітичний метод є подальшим розвитком піролюзитного методу й відрізняється від останнього тим, що окислювання двовалентного марганцю до тривалентного здійснюється озоно-повітряною сумішшю.

Рідинно-контактний метод передбачає окислювання SO_2 у рідкій фазі на поверхні каталізатора, наприклад активованого вугілля. При очищенні газової суміші, що містить 2,0 % SO_2 та 80 % повітря, на активованому вугіллі при 200°C було встановлено, що в початковий період реакція кислотоутворення протікає порівняно швидко. По мірі збільшення концентрації H_2SO_4 процес сповільнюється. З досягненням концентрації 40% H_2SO_4 процес окислення практично припиняється.

Зменшення швидкості кислотоутворення при збільшенні концентрації H_2SO_4 , а отже і швидкості абсорбції SO_2 , пояснюється тим, що лімітуючим

фактором є дифузія газів до каталізатора через рідку плівку. У кислому середовищі проникність плівки для сірчистого ангідриду та кисню зменшується внаслідок збільшення в'язкості H_2SO_4 і зменшення розчинності в ній газів. Після змивання плівки сірчаної кислоти, що утворилася, з поверхні каталізатора водою, він знову відновлює свою активність. Однак при цьому концентрація сірчаної кислоти стає менше.

Недоліками рідинно-контактного методу є те, що він не дозволяє одержати сірчану кислоту високої концентрації, крім того, для запобігання загасання процесу необхідно періодично регенерувати каталізатор.

Радикально-каталітичний метод. Окислення сірчистого ангідриду можна здійснювати електрохімічним шляхом. Процес протікає з достатньою швидкістю на платиновому електроді при різниці потенціалів, який відповідає початку розряду іонів OH^- .

Як проміжні продукти утворюються радикали OH^- , що володіють високою реакційною здатністю й окисляють сірчистий ангідрид у рідкій фазі.

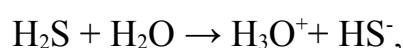
Вихід по струму становить 50%. При електролізі сірчаної кислоти утворюється надсірчана кислота, яка може окислювати двооксид сірки у рідкій фазі.

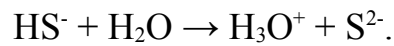
Підставою для остаточного вибору способу очищення газів від двооксиду сірки є досконалий всебічний техніко-економічний аналіз підприємства.

3.4 Очищення промислових газів від сірководню

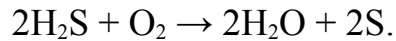
Сірководень не тільки міститься у природному газі та нафті, але і утворюється у процесах відновлення SO_2 та при газифікації вугілля.

Сірководень це безбарвний газ з неприємним запахом. Він легко розчинюється у воді. При тиску 1 атмосфера утворюються 0,1 М розчини. Рівновагу дисоціації у розчинах можна записати таким чином:



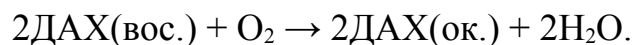
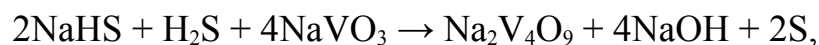
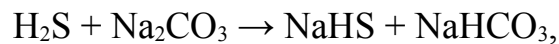


Очистка газів від H_2S протікає простіше та більш повно, ніж від SO_2 . Як правило, санітарне очищення газів від H_2S відбувається шляхом каталітичного окислення його киснем повітря після адсорбції водними розчинами K_2CO_3 , NH_3 , $\text{Fe}(\text{OH})$, та ін.:



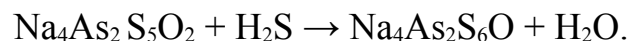
Широке розповсюдження отримав *окислювально-відновний стратфорд-процес* з застосуванням у якості каталізатора ванадату натрію і у якості сокаталізатора - дісульфоантрохінонів (ДАХ).

Реакція здійснюється при адсорбції H_2S карбонатом натрію при рН 8,5 - 9,5:

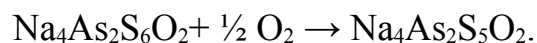


Незважаючи на складність хімічних перетворень, Стратфорд-процес широко застосовується у промисловості.

Широке розповсюдженій отримав також миш'яково-содовий спосіб очищення газів від сірководню. Газ у адсорбері зрошується розчином тіоарсенату:



Коли рН розчину досягає 7,8, розчин нагрівають до температури 40 - 50°C та направляють у регенератор, в котрий нагнітають повітря:



У процесі регенерації розчину, який поглинає, повітря є одночасно і окислювачем, і флотореагентом. Сірка, яка відокремлюється разом з піною ПАР потрапляє до збірника. Фільтрат повертається у потік розчину, що поглинає.

Для видалення сірководню також застосовують оксиди заліза у вигляді водної суспензії.

На аналогічних реакціях засновано і процеси очищення газів від органічних сульфідів та тіофену шляхом попереднього перетворення їх у H_2S з допомогою спеціальних каталізаторів (хромату алюмінію, кобальт-молибдену, оксидів цинку та ін.).

3.5 Очищення промислових газів від оксидів азоту

Оксиди азоту можуть існувати у виді кисневих сполук: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 , NO_3 та N_2O_6 . З погляду забруднення атмосфери інтерес являють перші п'ять, існування останніх трьох можливе лише в специфічних умовах.

Закис азоту N_2O_5 при звичайній температурі не реагує навіть з галогенами, лужними металами й озоном. При більш високій температурі розкладається на азот і кисень і реагує з лужними металами і багатьма органічними сполуками. Повна дисоціація закису азоту настає при 900°C .

Оксид азоту NO також є стійким. Він погано розчинюється у воді, розчинах солей і органічних сполуках. З деякими солями, наприклад двовалентного заліза, міді, марганцю, нікелю, натрію, утворює комплексні сполучення, які легко руйнуються при нагріванні.

На основі фізико-хімічних властивостей оксидів азоту, їх здатності окислюватися під дією рідких, твердих і газоподібних окислювачів, а також відновлюватися до азоту під дією високих температур у присутності рідких, твердих і газоподібних відновників і каталізаторів і вступати в хімічні реакції з різними групами сполук, утворювати різні солі і комплексні сполуки, що піддаються регенерації методи очищення газів можна розділити на чотири класи: окислювальні, відновні, сорбційні та другі [30].

Окислювальні методи санітарного очищення газів від оксидів азоту засновані на попередньому окисленні NO з наступним поглинанням NO_2 та N_2O_3 різноманітними поглинаючими сполуками.

Монооксид азоту (NO) є індиферентним сполученням, яке не утворює

солі, і важко вступає в реакції з більшістю відомих поглинаючих сполук. Для більш повного витягу оксидів азоту з газових сумішей проводять попереднє окислення NO в NO₂ та N₂O₃. У промисловості використовується метод гомогенного окислення NO у NO₂ в газовій фазі за допомогою кисню.

Однак, як показує практика, при низьких концентраціях NO швидкість гомогенного окислення оксиду азоту в газовій фазі надзвичайно мала. З метою інтенсифікації процесу в деяких випадках у нітрозний газ додають кисень, збільшуючи загальний його вміст до 8-10 % і більше. Такий метод малоефективний у наслідок надзвичайно малого збільшення ступеня очищення і низького ступеня використання дозованого кисню (не більш 0,1-0,5 %).

Інтенсифікація процесу окислення й абсорбції оксидів азоту можлива за рахунок збільшення швидкості окислення NO у рідкій фазі, або в присутності каталізаторів.

Відновні методи засновано на відновленні оксидів азоту до нейтральних продуктів в присутності каталізаторів або під дією високих температур у присутності твердих, рідких або газоподібних відновників.

У кисневих сполуках азоту на один атом азоту приходить від 0,5 до 3 атомів кисню. В залежності від умов атом азоту може приєднувати або втрачати частину або усі атоми кисню. У першому випадку він може окислюватися до вищих оксидів азоту NO₂, N₂O₄, N₂O₅ та N₂O₆, а у другому випадку - відновлюється від оксидів до N₂.

Перелік найбільш розповсюджених методів видалення оксидів нітрогену з димових газів та аналіз можливих переваг та недоліків їх застосування наведений в таблиці 3.3.

Загальними перевагами *адсорбційних методів* очищення газів є: 1) глибоке очищення газів від токсичних домішок; 2) порівняна легкість регенерації цих домішок з перетворенням їх у товарний продукт або поверненням у виробництво; у такий спосіб здійснюється принцип безвідхідної технології.

Таблиця 3.3 - Порівняльна характеристика методів знешкодження оксидів нітрогену

Назва методу та короткий опис	Переваги	Недоліки
Абсорбційні методи		
Абсорбція водою	Низька вартість сорбенту	Низька абсорбційна здатність NO потребує витрат води у великих кількостях
Абсорбція водою із додаванням $2\text{H}_2\text{O}$	Висока ступінь вилучення як NO, так і 2NO	Великі витрати $2\text{H}_2\text{O}$ призводять до збільшення експлуатаційних витрат
Абсорбція розчинами лугів та солей		Великі витрати дорогих абсорбентів та їх забруднення золою з димових газів. Процес є ефективним за концентрацій XNO більше за 1%.
Абсорбція розчином аміаку з подальшим розкладанням нітриту амонію $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$		
Селективна абсорбція $\text{FeSO}_4 + \text{NO} = \text{Fe}(\text{NO})\text{SO}$	Можливість регенерації сорбенту та його рециркуляції	Температура процесу 200°C , що збільшує витрати на охолодження та наступне перегрівання димових газів після очищення
Комплексне очищення лугами від $\text{SO}_2 + \text{NO}_x$	Утворення сульфату амонію, який можна використати як добриво	
Адсорбційні методи		
Очищення активованим вугіллям	Порівняно низькі капітальні витрати	Можливість спалахування сорбенту. Низька поглинаюча здатність до NO
Очистка силікагелями	Міцність сорбенту та стабільний режим його експлуатації	Низька економічна ефективність методу

Продовження таблиці 3.3

Назва методу та короткий опис	Переваги	Недоліки
Очистка цеолітами	Висока здатність до поглинання	Процес є ефективним тільки за високих (більше 1%) концентрацій XNO_x
Очистка аніонітами		
Твердофазне каталітичне очищення газів від XNO_x		
Високотемпературне каталітичне відновлення на металах платинової групи або на Ni, Cr за допомогою газів відновників.	Відсутність необхідності в додатковій теплообмінній апаратурі. Простота хімічних перетворень.	Отруєння каталізатора сполуками сульфуру. Велика витрата газів відновників із-за високого вмісту кисню в димових газах, що на 25-30% збільшує витрати цільового виробництва.
Селективне каталітичне відновлення аміаком	Високий ступень очищення від XNO (95%) в середовищі кисню.	Пори каталізатора закупорюються золою з димових газів. Вартість каталізатора 30% від затрат на очищення
Розкладання XNO гетерогенними відновниками $C+NO=CO+0.5N_2$	Просте технічне оформлення	Процес неефективний для вугільних енергоагрегатів в необхідному інтервалі концентрацій XNO_x

Абсорбція дозволяє досягти високого ступеня очищення (95-96%), однак, через утворення рідких стоків, громіздкості апаратурного оформлення, енергоємності неможливо застосувати даний метод для очищення настільки великої кількості газів, що відходять із енергоагрегату.

Адсорбція скасовує вище перераховані недоліки, однак, характеризується циклічністю (адсорбція - десорбція) і виділені при десорбції газу вимагають подальшого знешкодження.

У *каталітичних методах* у якості каталізаторів використовуються метали платинової групи, необхідні значні витрати газів-відновників, що теж обмежує застосування даного методу.

3.6 Огляд існуючих методів очищення відхідних газів від оксиду вуглецю і вуглеводнів

Оксид вуглецю являє собою безкольоровий газ без запаху, але він має токсичні властивості. Пагубний вплив оксиду вуглецю на здоров'я людини особливо виявляється у районах з розвинутою промисловістю, де в атмосферному повітрі іноді присутній оксид вуглецю у кількості, яка перевищує гранично допустиму концентрацію. Тому санітарне очищення промислових газів від оксиду вуглецю необхідне, але до останнього часу ні в нашій країні, ні за кордоном не розроблені методи санітарного очищення газів, що відходять, від цього отруйного компонента [30]. Частково це питання вирішено для очищення технологічних та вихлопних газів транспорту. Для цього застосовуються спеціальні пристрої-нейтралізатори, принцип дії яких засновано на каталітичному окисненні СО. Технологічному очищенню газу, як правило, підлягають невеликі об'єми з використанням підвищеного тиску, температури та дорогих каталізаторів.

Для вибору способу очищення необхідно знати фізико-хімічні властивості монооксиду вуглецю. При температурі -79°C та атмосферному тиску оксид вуглецю розтає, а при -205°C набуває твердого стану. Молекула оксиду вуглецю - найміцніша з двоатомних молекул. Тому оксид вуглецю дуже хімічно інертний і характеризується, головним чином, схильністю до реакцій приєднання та відновними властивостями. Він добре взаємодіє з лужними металами, розчиненими у рідкому аміаку, при цьому утворюються карбоніли лужних металів. Розчинність СО у воді при 200°C складає лише 2,3 мл на 100 гр H_2O . До атмосфери СО потрапляє у результаті не повного згоряння рідкого, твердого та газоподібного палива.

Для зниження концентрацій СО та C_mH_n у викидах промислових газів частіше застосовують термічний, термокаталітичний та сорбційний методи [30].

Методи абсорбції широко застосовуються в хімічній промисловості для

очищення технологічних газів від різних домішок, у тому числі від СО [30]. Сутність цих методів полягає в поглинанні компонентів, які виділяються рідкими поглиначами. Застосувати їх до технологічних газів виробництв металургійної промисловості практично неможливо через суттєві витрати газу, який очищається, складної технологічної схеми очищення від пилу та інших домішок, високого тиску та великої вартості.

Методи адсорбційного очищення газів засновані на селективному поглинанні домішок, які видаляються, поверхнею твердих сорбентів і найчастіше застосовуються для знешкодження технологічних газів від домішок речовин, що перебувають у пароподібному стані. Ці методи мають істотні недоліки: вони потребують значних капітальних та матеріальних витрат, а головне - не забезпечують у певних випадках необхідного рівня очищення газів.

Методи термічного допалювання СО засновані на допалюванні його до СО₂ при високих температурах (800...1150°C). Цей метод може бути застосований при концентрації СО більше 12%, тобто в тому випадку, коли вміст СО перевищує межу запалення газової суміші, а також для очищення від складноокислювальних органічних сумішей, особливо якщо в них наявні тверді органічні речовини (сажа, деревний пил та ін.).

При використанні термічного методу, незважаючи на високий ступінь окислення органічних речовин, не завжди вдається забезпечити ГДК оксиду вуглецю, що утворюється в повітрі. Тому в певних випадках цей метод використовується тільки на першому ступені очищення. Термічні установки прості в обслуговуванні, однак собівартість очищення газу досить висока. Цей метод також вимагає: додаткового палива і дорогого пожежовибухонебезпечного обладнання, застосування спеціальних матеріалів і жорстких вимог до конструкції на здатність витримувати високі термічні навантаження.

Одним з перспективних напрямків знешкодження СО і С_mH_n є каталітичний метод [30], сутність якого полягає в обробці відхідних газів на

каталізаторі з метою перетворення токсичних компонентів у нешкідливі або отримання корисних продуктів при відносно низьких температурах і концентраціях домішок, що видаляються.

Каталітичний процес нейтралізації продуктів горіння протікає, як правило, при температурі вище за 300°C і при короткочасовому контакті, що пов'язано з великими швидкостями потоку промислових викидів і відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.

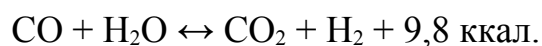
При каталітичному допалюванні органічних речовин і СО доцільно врахувати такі можливості: переробку багатокомпонентних газів з малими початковими концентраціями шкідливих домішок, досягнення високих ступенів очищення (97,0...99,9%), безпосереднього ведення процесу, уникнення в більшості випадків утворення вторинних забруднювачів.

Основні переваги каталітичного способу порівнянно з термічним способом допалювання полягають у його технологічних та експлуатаційних властивостях, а саме: високій ефективності та економічності, відсутності шкідливих побічних явищ.

В промисловості очищення газів від оксиду вуглецю роблять лише в технологічних цілях, наприклад, у виробництві аміаку СО є каталізаторною отрутою і через це підлягає відділенню з технологічного газу.

Очищення газу може бути здійснено шляхом конверсії водяною парою. Двооксид вуглецю, який утворюється, потім легко видаляється з газу промивкою водою або лугами. Цим шляхом, однак, не вдається повністю виділити СО з газу. Тонка очистка газу здійснюється методом абсорбції мідноаміачним розчином або рідким азотом. У деяких випадках для цієї цілі використовують метод метанування.

Конверсія СО водяною парою протікає згідно з реакцією, яка рівноважна та відбувається з виділенням тепла:

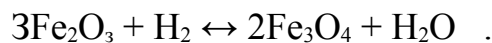
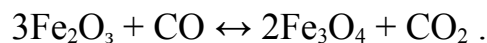


Для того, щоб зсунути хімічну рівновагу вправо, згідно закону дії мас, збільшують вміст пари у газовій суміші у межах 1,2: 1 – 1,5 : 1 та проводять

процес при низьких температурах. Для збільшення швидкості реакції конверсію CO проводять у присутності каталізаторів. На першій стадії підтримують високу температуру (більш 500°C), процес конверсії відбувається з великою швидкістю, але не повно. На другій стадії температура реактора знижується до 420- 450°C, що забезпечує більш повну конверсію оксиду вуглецю. Після другої стадії вміст оксиду вуглецю у конвертованому газі складає 2,5 - 3,0 %.

Під час конверсії використовують залізохромовий каталізатор, який містить 87 % Fe₂O₃ та 6,5 % Cr₂O₃ . Як промотори використовують MgO та K₂O.

Для переводу каталізатора в активний стан його відновлюють початковим газом:



При використанні низькотемпературного каталізатора та проведенні процесу конверсії під тиском вміст оксиду вуглецю у конвертованому газі не перевищує 0,2 %.

Очищення газу від оксиду вуглецю можливо мідно аміачним розчином. В основі цього методу лежить хімічна взаємодія розчинів мідно аміачних комплексних солей з оксидом вуглецю:



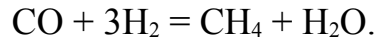
Реакція зв'язування CO відбувається під тиском 320 атмосфер. Далі розчин потрапляє на регенерацію шляхом дроселювання розчинів з високого тиску до 8 - 9 атмосфер і підігріву до 45 - 50°C.

При цих умовах з карбонатного мідно-аміачного комплексу виділяється оксид вуглецю. Залишковий вміст оксиду вуглецю після мідно-аміачної очистки складає не більш 20 проміле .

Перейдемо до процедури очищення газу від оксиду вуглецю промивкою рідким азотом та метануванням. В останні роки очищення газів від оксиду вуглецю виконується промивкою його рідким азотом під тиском

20 - 30 атмосфер та температурі 190°C. Цим засобом досягається тонке очищення газу (0,002 - 0,004%).

Очищення газів від СО можливе також шляхом його метанування на нікелевому або залізному каталізаторах:



Залишковий вміст оксиду вуглецю після метанування складає 0,001 %.

Методи очищення технологічних газів, які приведено, дуже дорогі та складні і тому не можуть бути використані для санітарного очищення газів.

Дослідження, метою яких було розробити ефективний метод санітарного очищення газів від оксиду вуглецю для великої кількості технологічних газів показали, що найбільш досяжними для цієї цілі стали каталітичні методи, які дозволяють проводити очищення газів у відносно компактному обладнанні. При цьому, однак, виникає питання розробки масового, дешевого та ефективного каталізатора санітарного очищення газів від СО.

До каталізаторів очищення газів висуваються дуже жорсткі вимоги – висока активність і вибірковість каталітичної дії, термостабільність, стійкість до дії отрут, висока механічна міцність, велика теплопровідність, малий газодинамічний опір. Каталізатори не повинні бути потенційно небезпечними, а їх виробництво не повинно спричиняти додаткового забруднення навколишнього середовища [30].

Для каталітичного знешкодження оксиду вуглецю та вуглеводнів можуть застосовуватися як металеві, так і оксидні каталізатори. В якості активних каталізаторів можуть бути використані також деякі природні мінерали, шамот, дуніт та ін. [30]. Проте, при використанні оксидних каталізаторів досить висока швидкість контактного процесу може бути досягнута тільки при порівняно високих температурах (300-400°C). Оксиди деяких металів за значенням питомої каталітичної активності можуть бути розташовані в такому порядку [30]:



Питомі каталітичні активності наведених оксидів при температурі 300°C відрізняються більш ніж на п'ять порядків. Оксиди кобальту, міді, нікелю і заліза мають найбільшу каталітичну активність.

Металеві каталізатори характеризуються більш високою активністю щодо реакції взаємодії з CO і вуглеводнями, ніж оксидні. За питомою каталітичною активністю при температурі 180°C ряд деяких металів може бути розташований у такій послідовності [30]:



З неблагородних металів найбільшу активність у цьому ряді мають нікель, кобальт і залізо, причому питома каталітична активність кобальту в 2,1 рази, а заліза в 16 разів менше за активність нікелю. Платина і паладій мають найкращі каталітичні властивості щодо реакції окислення оксиду вуглецю та вуглеводнів. Однак питомі каталітичні активності платини і паладію трохи вищі за активність нікелю: платина активніша за нікель у 6 разів, а паладій - у 5 разів. З іншого боку, нікель значно активніший за оксидні каталізатори: питома каталітична активність його при температурі 180°C на три порядки вища за активність оксиду кобальту і на шість порядків вища за активність оксиду цинку при 300°C. Таким чином, в якості низькотемпературних каталізаторів окислення оксиду вуглецю та вуглеводнів більш доцільно застосовувати нікелеві та кобальтові каталізатори. Якщо врахувати більш високу активність, а також меншу вартість і дефіцитність нікелю порівняно з кобальтом, то вибір нікелевих каталізаторів для промислового застосування в процесах окислення оксиду вуглецю та вуглеводнів слід визнати найбільш раціональним. При цьому до найбільш ефективних каталізаторів відносяться матеріали, які містять інтерметалідні сполуки нікелю, що пов'язують з його здатністю до перенесення активного кисню, який бере участь у процесі окислення.

Розробкою методів очищення шкідливих компонентів газових викидів за допомогою інтерметалідних каталізаторів займалися багато вчених: А.Б. Фасман, Н.М. Попова, Т. М. Налібаєв, В.Ф. Тимофєєва, Е.А. Григорян та

ін. Аналіз отриманих ними результатів свідчить про відсутність єдиної точки зору з цілого ряду питань - структури продукту вилуговування, складу інтерметалідної фази каталізатора, форм існуючих домішок і т.д.

З огляду на вищевикладене та ймовірне використання каталізаторів у процесах окислення оксиду вуглецю та вуглеводнів, проблему підвищення каталітичної активності каталізаторів можна вирішити шляхом створення комплексних багатокомпонентних інтерметалідних каталізаторів на основі інтерметалідів системи Ni-Al сплавів, з домішками перехідних металів.

Інтерметалічними сполуками, або інтерметалідами (від лат. Inter - між і метал), називають хімічні сполуки двох або кількох металів між собою:



де Me і Me' – метали;

m, n – стехіометричні коефіцієнти.

В якості основи для отримання каталізаторів інтерметалідного типу можуть бути використані Co, Ni, Cu, Cr, Mo, Si, Al, Mg та інші метали.

До перспективних можна віднести каталізатори на основі інтерметалідів Ni, Co і Al з добавкою Mn, Cu і інших елементів.

3.7 Технологія очищення промислових газових викидів від Сульфур (IV) оксиду (SO₂) розчинами сполук заліза (II, III)

Оксид сірки (IV) SO₂ утворюється як побічний продукт при металургійному виробництві та спалюванні кам'яного вугілля або нафти, що вміщують домішки сірки. Обсяги викидів оксиду сірки (IV) (SO₂) залишаються великими в промислово розвинених країнах, незважаючи на введення жорсткого державного контролю та економічних санкцій на наднормативні викиди окислів сірки [31].

Навколо металургійних заводів формуються своєрідні техногенні області, в усіх поверхневих утвореннях яких (грунті, снігу, воді, рослинності) міститься широкий набір шкідливих речовин.

Виробництво сталі супроводжується виділенням в атмосферу значної кількості газів та пилу. Виплавка однієї тонни сталі пов'язана з викидами в атмосферу 0,04 т твердих часток, 0,03 т оксиду сірки (IV), близько 0,05 т оксиду карбону [31].

В Україні (без урахування тимчасово окупованих територій) на початок 2019 р. викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення збільшилися на 7,7% і склали 3 млн. 78,5 тис. тонн. Серед викидів в атмосферу найбільші обсяги складають такі речовини: оксид сірки (IV), оксид вуглецю і метан. Обсяги викидів оксиду сірки (IV) та оксиду вуглецю зросли на 29,6% і 5,1% відповідно [31].

Вдихання забрудненого SO₂ повітря призводить до подразнення та захворювання слизових оболонок очей та дихальних шляхів, змін складу крові, погіршення імунітету, порушення вуглецевого та білкового обмінів речовин в організмі, пригнічення окислювальних процесів у головному мозку, печінці, селезінці, м'язах, руйнації вітаміну B1 у крові. Саме цей вітамін відіграє важливу роль у білковому й вуглеводневому обміні в організмі, підтримує нормальне функціонування центральної нервової системи. Тому, згідно рекомендації ВООЗ [32] необхідний більш високий ступінь захисту.

Рекомендовані значення SO₂: 0,020 мг/м³ середньодобове значення; 0,500 мг/м³ значення усереднене на 10 хв. ДСП-201-97 [33] встановлюють для населених місць України середньодобову гранично допустиму концентрацію (ГДК) SO₂ – 0,05 мг/м³; максимально разову ГДК 0,5 мг/м³.

Враховуючі те, що однією зі стратегічних цілей національної екологічної політики України є покращення екологічного стану довкілля та підвищення рівня екологічної безпеки шляхом зменшення обсягу викидів загальнопоширених забруднюючих речовин стаціонарними джерелами до 2020 року на 25% [34], необхідне значне зниження викидів сульфура (IV) оксиду (SO₂) щоб досягнути встановлених рекомендацій. Це дозволить поліпшити стан навколишнього природного середовища до рівня, безпечного

для життєдіяльності населення, з урахуванням європейських стандартів якості навколишнього природного середовища.

Мета роботи полягала в дослідженні розробленої принципової апаратурно-технологічної схеми процесу очищення промислових газових викидів сульфуру (IV) оксиду (SO_2) з отриманням залізоокисного пігменту (гетиту).

Дослідження проводилися за розробленою апаратурно-технологічною схемою процесу очищення промислових газових викидів сульфуру (IV) оксиду (SO_2) з отриманням залізоокисного пігменту. Принципова схема (рис. 3.2) включає такі стадії: приготування розчину сполук заліза (II, III), поглинання оксиду сірки (IV) розчинами сполук заліза (II, III), отримання залізоокисного пігменту (гетиту), сушку та фасування гетиту.

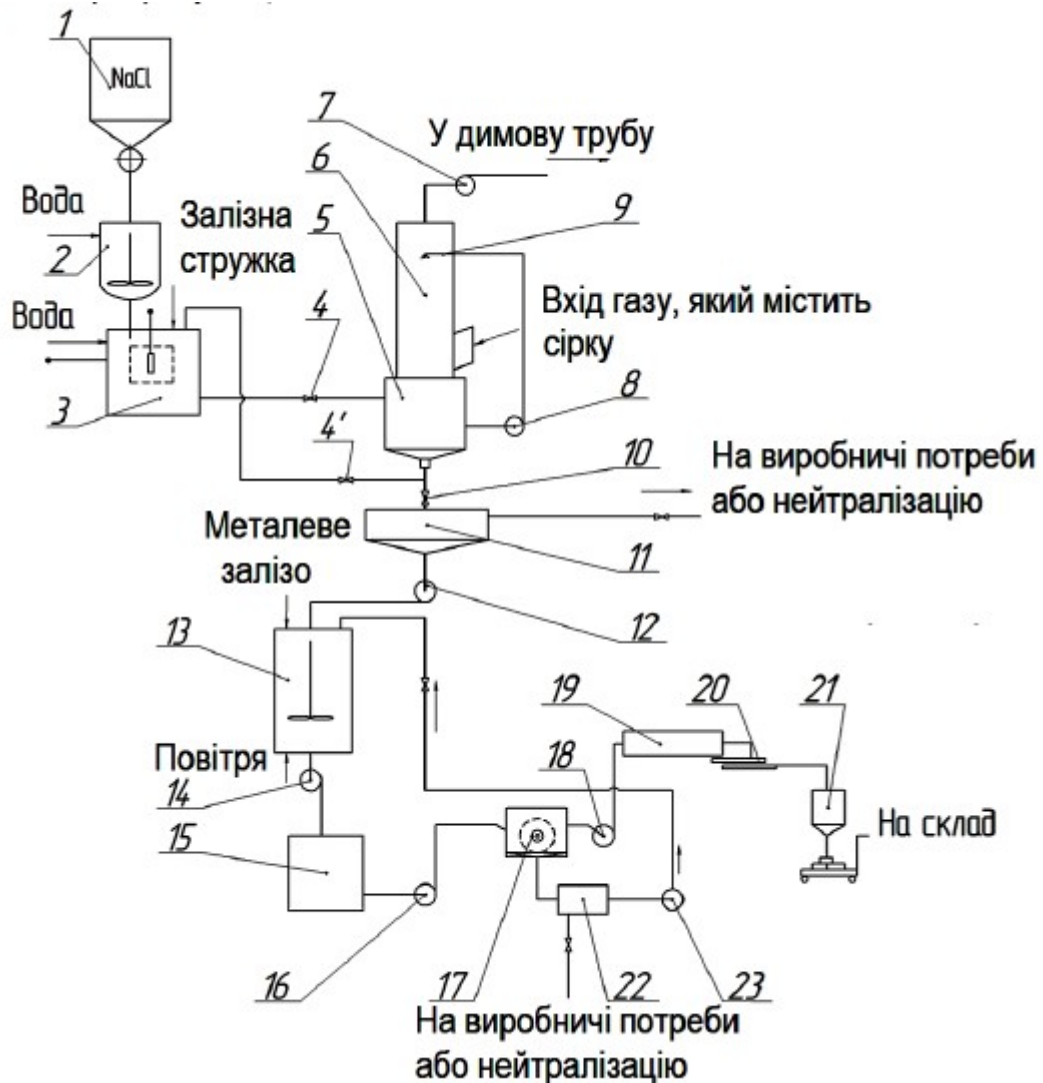
Умови проведення технологічного процесу знешкодження оксиду сірки (IV) з отриманням гетиту наступні: поглинаючий розчин з вмістом загального заліза $C(\text{Fe})_p = 2,384 \text{ г/дм}^3$ і гідроксиду заліза (III) $C(\text{Fe}(\text{OH})_3)_p = 0,47 \text{ г/дм}^3$; кількість металевого заліза було прийнято на підставі стехометричних розрахунків; температура процесу 60°C .

Технологічний процес проводили в реакторі при барботажі повітря через насичення розчину протягом 50 годин. Дослідження показали, що при використанні розробленої принципової апаратурно-технологічної схеми знешкодження сульфуру (IV) оксиду (SO_2), поглинання оксиду сірки (IV) поглинальним розчином прискорюється при додаванні сполук заліза (II).

Осад, що утворюється в поглинальному розчині потребує додаткової обробки – нагрівання до 60°C і додавання металевого заліза для збільшення рН в розчині. При цьому утворюється пігмент – гетит товарної якості. Визначена оптимальна тривалість процесу – 50 годин [35, 36].

Розроблена схема знешкодження оксиду сірки (IV) промислових газових викидів розчинами сполук заліза (II, III) з отриманням гетиту дозволяє вирішити наступні питання:

- провести очистку газів, що утворюється при плавлі мінеральних руд і спалюванні викопних видів палива (вугілля і нафти), що містять сірку;
- отримати товарний жовтий залізоокисний пігмент - гетит.



1 - бункер з NaCl; 2 - бак для розчинення NaCl; 3 - електролізер; 4 - засувка; 5 - циркуляційний бак; 6 - порожнистий форсунковий скруббер; 7 - димосос; 8 - відцентровий насос; 9 – форсунка; 10 - засувка; 11 - відстійник; 12 - насос; 13 - реактор; 14 - насос; 15 - збірник суспензії; 16 - насос; 17 - барабанний вакуум-фільтр; 18 - шнек; 19 - сушарка; 20 - шнековий конвеєр; 21 – бункер; 22 - збірник фільтрату; 23 - насос.

Рисунок 3.2 – Принципова апаратурно-технологічна схема знешкодження оксиду сірки (IV) промислових газових викидів розчинами сполук заліза (II, III) з отриманням залізоокисного пігменту (гетиту)

При цьому в процесі фазових перетворень утворюється додаткова кількість гетиту, а процес в цілому протікає у відповідності зі способом Пеннімана, використовуваним фірмою Байєр (ФРН) для отримання жовтого залізоокисного пігменту найбільш високої якості [35, 37].

Важливою характеристикою розробленої технологічної схеми очищення газів від сульфуру (IV) оксиду (SO_2) розчинами сполук заліза (II, III) є збереження кольору отриманого залізоокисного пігменту в процесі експлуатації пофарбованих матеріалів. Це залежить від фазового складу гідроксиду заліза (III) і наявності домішок в пігменті.

Аналіз витратних коефіцієнтів вартості основних поглиначів для промислових методів очищення газів від оксиду сірки (IV) зроблений на підставі літературних даних [36], лабораторних досліджень і представлений в табл. 3.2, показав, що витрати на отримання розчину сполук заліза (II, III) є мінімальними, а відсутність необхідності поставки реагенту роблять розроблену технологію десульфурації ще більш перспективною.

Таблиця 3.2 - Витрата поглинача при абсорбції оксиду сірки (IV) різними методами десульфурації

Назва методу	Реагент	Од. вим.	Ціна за од., грн.	Витрата реагенту на 1т уловленого оксиду сірки (IV), т/т	Затрати на 1т уловленого оксиду сірки (IV), грн./т
Вапняний метод	Вапняне молоко (перерахунок на суху речовину)	т	1400	0,6	840
Вапняковий метод	Крейда	т	1200	3,5	4200
Аміачний метод	Аміачна вода, 25%	т	2700	0,56	2800
Мокро-сухий метод очищення	Вапно (активність 80%)	т	5000	1,8	4860
Поглинання розчином сполук заліза (II, III)	Розчин сполук заліза (II, III)	м ³	160	2,09	334,4

Таким чином, залізоокисний пігмент утворюється через 50 годин обробки поглинаючого розчину і не поступається гетитам світових виробників, продукція яких представлена на ринку України.

Запропонована принципова апаратно-технологічна схема очищення газів від сульфуру (IV) оксиду (SO_2) розчинами сполук заліза (II, III) є достатньо простою в апаратурному оформленні та характеризується відповідними експлуатаційними якостями.

3.8 Плазмокatalітична технологія очищення повітря (ПКТ)

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 *плазмокatalітичної технології* очищення повітря (ПКТ) [38].

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^3 (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/часткове окислення найширшого спектра забруднюючих речовин до нешкідливих/менш шкідливих. Одночасно з цим

відбувається збудження молекул, атомів і радикалів газоповітряної суміші в плазмовому реакторі. 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_3 . 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_2 , H_2O , O_2 , N_2 і т.д. В установках ПКТ даної конструкції застосовується низькотемпературний каталізатор, який завдяки наявності ступені плазмового реактора ефективно працює в діапазоні температур $30-70^\circ C$ [38].

На рисунку 3.3 схематично наведено принцип роботи установки ПКТ.

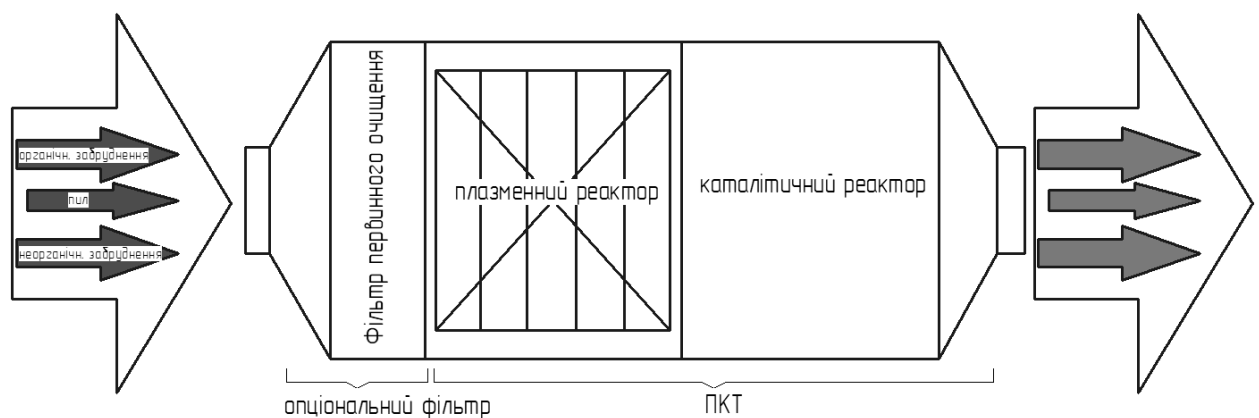


Рисунок 3.3 – Установка плазмокatalітичної технології очищення повітря

ПКТ потрібна там, де необхідно очистити і стерилізація повітря; потрібно озонування та знезараження; є хімічні або лакофарбові виробництва; є зварювання, плазмова/лазерна різка металів, фанер, 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.

В таблиці 3.3 т 3.4 наведено короткий перелік виробництв, де рекомендовано застосовувати ПКТ, та речовин, що нейтралізуються ПКТ.

Таблиця 3.3 – Короткий перелік виробництв, де рекомендовано застосовувати ПКТ [38]

Вид виробництва	Вид забруднень
Виробництво пластиків, склопластиків, композитів	Пари і аерозоль пластифікатора, гелькоута, лакофарбових матеріалів та інших технологічних добавок, пари стирання, пари розчинників.
Автостоянки, гаражі, паркінги	Містять продукти неповного згорання рідкого палива (СО, сажа, вуглеводні, ін.), продукти окислення азоту повітря, поліциклічні ароматичні вуглеводні.
Зварювання, лазерна різка металу, фанери, ДСП, пластики, гуми, композитних матеріалів	Газові викиди складаються з технологічних газів (СО ₂ , N ₂ , аргону) і продуктів термічного розкладання оброблюваного матеріалу.
Лакофарбова промисловість	Пари розчинників, фарб і лаків (ефіри, ацетон, формальдегід, ароматичні вуглеводні).
Виробництво хімволокна	Викиди тетрагідрофурана, бутанола, діметілформальдегіда, аерозолі масла, оцтової кислоти, аерозолі або пари замаслювачів.

Продовження таблиці 3.3

Вид виробництва	Вид забруднень
-----------------	----------------

Переробка гуми	Гумовий пил, пари та аерозолі пластифікаторів та інших технологічних добавок - стирол, толуол, дивініл, ізопрен.
Харчова промисловість, громадське харчування (ресторани, бари і т.д.)	Масляна кислота, чадний газ, дим.
Поліграфія	Велике число різних органічних розчинників.
Виробництво фанери і ДСП	Клеї, розчинники
Парфумерне, тютюнове, фармацевтичне виробництва	Акролеїн, ацетальдегід, оцтова кислота, спирти і жирні кислоти.
Виробництво штучних матеріалів (лінолеум, ламінат, шкірозамінник і т.д.)	Стирол, ацетон, дібутилфтолат, формальдегід.
Лиття металу	Різні аміни, тріметіламін і діметілетіламін.
Виробництво поролону та поліуретану	Полііоли, ізоціанати, добавки, органічні сполуки олова, силіконові стабілізатори.
Тваринництво, птахівництво, зберігання харчової продукції	Бактерії і мікроорганізми, аміак, сірководень, метилмеркаптан, диметиламін, діметилсульфід.
Водоканали і очисні споруди	Бактерії і мікроорганізми, аміак, метан, сірководень, меркаптан тощо.
Утилізація сміття (спалювання)	Оксиди і солі токсичних металів (фториди ртуті, оксиди кадмію, свинцю), оксиди азоту, сірчистий газ, фуран, фенол та інші ароматичні вуглеводні.

Таблиця 3.4 – Перелік речовин, що нейтралізуються установкою ПКТ

Речовина	% очищення	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Оксиди:			
NO _x , 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
Монокарбонові кислоти:			
Мурашина, оцтова та ін.	до 90 - 92%	1-5	2-3
Спирти			
етанол, бутанол, ізопропіловий спирт та ін.	до 92 - 95%	5-10	3-4
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

3.9 Застосування системи плоскорукавних фільтрів для всіх галузей промисловості

Фільтруючі пиловловлювачі можуть в основному видаляти з газу лише тверді частинки. Для видалення газоподібних речовин останні необхідно перевести за допомогою реакції з сорбентами в тверду форму (абсорбція) або захопити внутрішньою поверхнею відповідних сорбентів (адсорбція).

Як приклад можна назвати:

- абсорбцію кислих газових компонентів як HF, HCl і SO_x сорбентами на основі кальцієвих або натрієвих сполук;

- адсорбцію діоксину/фурана сорбентами з великою внутрішньою поверхнею, як, наприклад, активований кокс, активоване вугілля або спеціальні глиняні мінерали;

- абсорбцію і адсорбцію газоподібних сполук важких металів (наприклад, ртуті або миш'яку) одним або декількома вищеназваними сорбентами [39].

Ці методи часто знаходяться в одному апараті для синхронного уловлювання частинок і газоподібних домішок. Вони висувають високі вимоги до форми виконання фільтруючих пиловловлювачів, а також до знань про основоположні критерії уловлювання при одночасно низькій витраті сорбенту.

Абсорбція HF, HCl і SO_x. Для уловлювання кислих газових забруднень в потік димових газів перед фільтром додається в основному наявний на ринку гідроксид кальцію Ca(OH)₂ зі специфічною поверхнею 18 - 20 м²/г.

Рівняння реакції, а також кількість доданого і залишкового матеріалу при 100%-вій реакції сорбенту вказані в таблиці 3.5. На практиці для гарантованого утримання необхідного значення очищеного газу сорбент потрібно додавати стехіометрично (як правило, в співвідношенні 1,5 до 3 до одного).

Доведено, що рециркуляція частинок і сорбенту веде до помітного поліпшення ступеня уловлювання кислих газових забруднень і/або до зниження кількості використовуваного сорбенту.

Час перебування частинок сорбенту в системі збільшується. У реакторі перед фільтром створюється більш висока щільність частинок сорбенту (час реакції в реакторі складає > 2 сек.). Досягається часта просторова переорієнтація при повторному захопленні повернутих частинок сорбенту фільтрувальним матеріалом.

Таблиця 3.5 – Рівняння реакцій для Ca(OH)₂ [39]

Рівняння реакції	Кількість добавки Ca(OH) ₂ , шкідливого газу при 100%-вій обміну (i=1)	Одержувана кількість залишкового матеріалу (з часткою кристалізаційної води), наведена до шкідливого газу
$2\text{HF} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,85 кг/кг	1,95 кг/кг
$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$	1,01 кг/кг	2,02 кг/кг

$\text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$		
$\text{SO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$ $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,93 кг/кг	2,15 кг/кг
$\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$ $\text{CaSO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,16 кг/кг	2,02 кг/кг

Для надійного повернення відокремлених фільтром частинок в потік продуктів згорання в багатьох випадках застосування зарекомендував себе метод рециркуляції з кульовим ротором (рис. 3.4). Кульовий ротор являє собою порожнистий циліндр, обичайка якого виконана з перфорованого листа з отворами 30×30 мм. На 10% обсягу він заповнений кульками з жароміцної і зносостійкої кераміки.

За допомогою мотор-редуктора ротор безперервно обертається зі швидкістю один оборот в хвилину. При цьому кульки рухаються відносно один одного і перфорованої стінки. Барабан обдувається неочищеним газом навколо своєї осі спочатку вниз, потім вгору. Як значущих функцій кульового ротора слід назвати:

- запобігання відкладення частинок при повороті потоку газу;
- створення гомогенного розподілу часток в неочищеному газі, навіть при високих концентраціях (наприклад, до 200 г/м³);
- роздрібнення занадто великих агломератів.

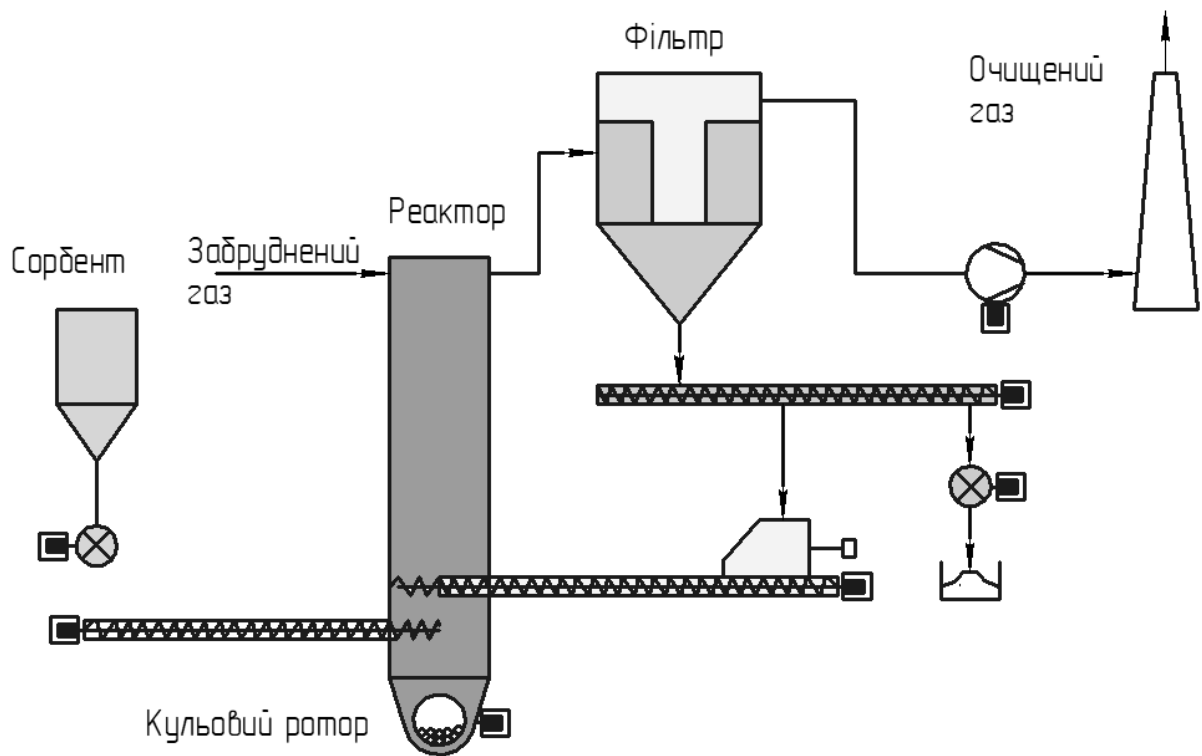


Рисунок 3.4 – Метод рециркуляції з кульовим ротором

Відокремлені в фільтрі частинки багаторазово повертаються шнековим конвеєром в реактор перед їх викидом. Кількість циркулюючих часток регульовано і при необхідності може бути налаштоване в залежності від фактичного обсягу неочищеного газу.

По відношенню до альтернативних, наприклад, пневматичним системам повернення, метод рециркуляції з кульовим ротором проявляє виграшні особливості, серед них:

- транспортування частинок здійснюється механічнонадійним в експлуатації шнековим конвеєром;
- відсутня необхідність в викиді або проміжної буферизації;
- завдяки кульового ротора при подачі циркулюючих часток в потік неочищеного газу забезпечується гомогенний розподіл;
- висока експлуатаційна готовність і надійність.

У деяких реалізованих проектах, особливо у Франції та Італії замість $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для сепарації кислих газів застосовується NaHCO_3 . Недолік цього сорбенту у порівнянні з $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - значно більш висока закупівельна ціна.

3.10 Каталітичне очищення промислових газових викидів від оксиду вуглецю (II) та вуглеводнів

Захист повітряного басейну від викидів підприємств з виробництва вуглецевої продукції є актуальним, тому що у викидах цих підприємств присутні CO (82%) і токсичні вуглеводні (5,5%).

В цілому по Україні підприємства з виробництва електродів виділяють в навколишнє середовище близько 4-5 млн. m^3 газу на годину, який містить CO та смолисті речовини, що представляють собою суміш поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Частина цих речовин має канцерогенні властивості.

Вугільні або графітовані електроди виготовляються з наступних матеріалів: малозольний нафтовий кокс (близько 85%); електродний бій (близько 15%); кам'яновугільного пеку (в якості сполучного речовини).

Компоненти проходять етапи дроблення, прожарювання, подрібнення, розділення по фракціях, дозування і змішування. Далі електродна маса обробляється в потужних горизонтальних пресах. Отримані зелені електроди сушаться, обпалюються та проходять процес графітування.

Вміст шкідливих домішок у газах, що утворюються при прожарюванні нафтококсів, становить, мг/м^3 : 1400 CO ; 470 SO_2 ; 107 NO_2 , 0,45 бензолу, 0,7 стиролу, 0,005 бенз(а)пірену, 1,1 нафталіну, 7,5 аценафтена, 0,65 фенолу.

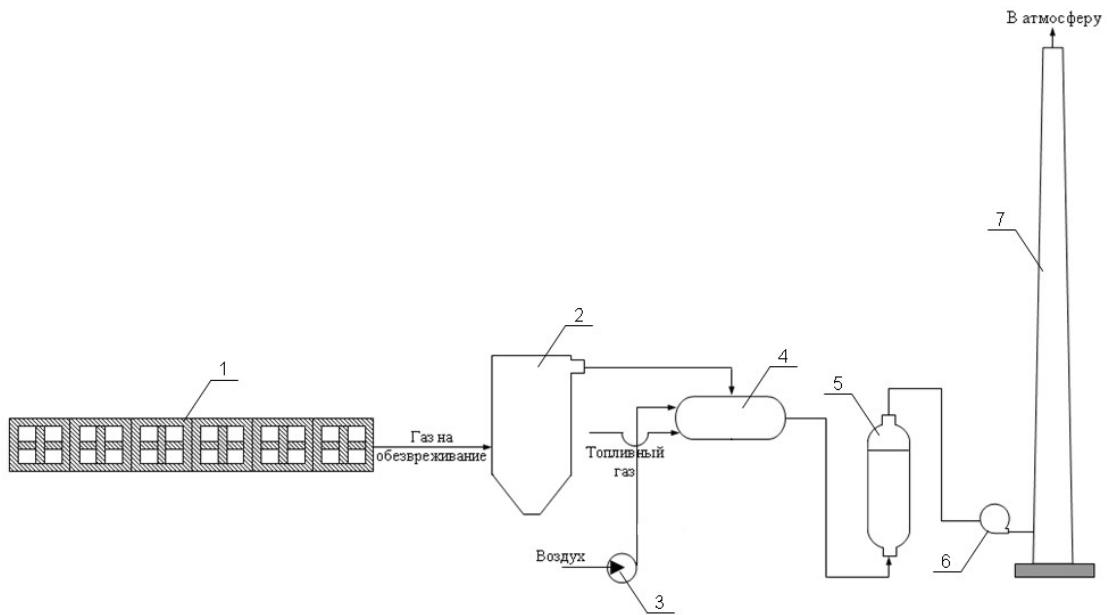
При випаленні пресованих («зелених») електродів від однієї камери обпалювальної печі відходить близько 4 тис. $\text{м}^3/\text{год}$ газу [40]. Під час випалу спостерігається різке збільшення концентрації основних шкідливих компонентів в газовій фазі (CO ; CH_4 ; смолистих речовин, включаючи бенз(а)пірен) в початковий період нагрівання електродних виробів. Це

обумовлено виділенням з кам'яновугільного пеку низькокиплячих вуглеводнів, наприклад бензолу, і їх піролізом до найпростіших компонентів при відносно низьких температурах в окисній атмосфері під склепінням печі (пальники на природному газі) [40].

Для знешкодження газів, що відходять від печей випалювання на підприємствах з виробництва електродів застосовується електричний спосіб очищення, відповідно до якого газ з борова направляється в електрофільтр типу С, де піддаються очищенню від смолистих речовин і потім вентилятором викидаються через димові труби в атмосферу. Склад газової фази при цьому не змінюється по CO, SO₂ і NO₂, а концентрація смолистих речовин знижується на 80-90%. Перевагою цього способу є простота апаратурного оформлення процесу і низька собівартість очищення. Однак даний спосіб має істотний недолік - газ очищується не від усіх токсичних компонентів (CO повністю викидаються в атмосферу).

Для знешкодження газів, що відходять від печей випалювання у кваліфікаційній роботі пропонується двохступінчаста схема очищення, де на першому ступені газ з борова направляється в електрофільтр типу С і піддаються очищенню від смолистих речовин, а на другому ступені – від оксиду вуглецю в каталітичному реакторі (рис. 3.5). Для кожної печі випалювання необхідний свій реактор.

Відхідні технологічні газы печей випалювання 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 [41].



1 – піч випалювання; 2 – смоляний електрофільтр; 3 – вентилятор; 4 – топка-підігрівач; 5 – реактор; 6 – димотяг; 7 – димова труба

Рисунок 3.5 – Схема установки каталітичного знешкодження відхідних газів від печі випалювання

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 [42]. 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 оксиду вуглецю та вуглеводнів 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 окиснення газу направляються в каталізаторний кошик з насипним шаром каталізатора для окиснення оксиду вуглецю та вуглеводнів до вуглекислого газу і води.

Гарячі очищені гази надходять в трубний простір рекуперативної зони і виводяться з апарату за допомогою димотяга в димову трубу. Концентрація оксиду вуглецю та вуглеводнів на виході з апарату не перевищує нормативні значення.

Капітальні витрати на будівництво подібних реакторів, як правило, на 15-20% менше. Поєднаний реактор можна розмістити на площі 60-70 м², а промисловий реактор вимагає не менше 120 м².

При використанні інтерметалідного каталізатора очищення газів від оксиду вуглецю (99,9%) та вуглеводнів (95 %) печей випалювання досягається при 300°C при об'ємній швидкості 32000 год⁻¹, що забезпечує невисоку енергоємність способу.

Основні техніко-економічні показники від впровадження каталітичного очищення газів, що відходять від печі випалювання наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні техніко-економічні показники від впровадження каталітичного очищення газів, що відходять від печі випалювання

Показники	Одиниці виміру	Проектний варіант
Концентрація в газі до очищення:		
- оксиду вуглецю	мг/м ³	1750
- вуглеводнів		0,1-75,49
Ступінь очищення від:		
- оксиду вуглецю	%	99,9
- вуглеводнів		95
Концентрація в газі після очищення:		
- оксиду вуглецю	мг/м ³	1,75
- вуглеводнів		0,1-75,49
Капітальні вклади	грн	18 417 520,57
Експлуатаційні витрати	грн	8 746 366,552
Витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн	24,96

3.11 Висновки до розділу 3

1. Для знешкодження газів, що відходять, від газоподібних речовин застосовують наступні методи: абсорбції, адсорбції; каталітичні та термічні. Вибір методу очищення залежить від багатьох факторів: концентрації компонентів, які містяться у промислових газах; обсягу газу, який необхідно очистити; температури підходящих газів; змісту домішок; наявності хемосорбентів; можливості використання продуктів рекуперації; необхідного ступеня очищення.

2. Оксид сірки (IV) – це одна з найпоширеніших шкідливих речовин у викидах в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення промислових підприємств. Виплавка однієї тонни сталі пов'язана з викидами в атмосферу 0,04 т твердих часток, 0,03 т оксиду сірки (IV), близько 0,05 т оксиду карбону.

3. Запропонована принципова апаратно-технологічна схема очищення газів від сульфуру (IV) оксиду (SO_2) розчинами сполук заліза (II, III) є достатньо простою в апаратурному оформленні та характеризується відповідними експлуатаційними якостями. Поглинання оксиду сірки (IV) поглинальним розчином прискорюється при додаванні сполук заліза (II). Осад, що утворюється в поглинальному розчині потребує додаткової обробки – нагріванні до 60° і додавання металевого заліза для збільшення рН в розчині. При цьому утворюється пігмент – гетит товарної якості. Визначена оптимальна тривалість процесу – 50 годин. Аналіз витратних коефіцієнтів вартості основних поглиначів для промислових методів очищення газів від оксиду сірки (IV) показав, що витрати на отримання розчину сполук заліза (II, III) є мінімальними, а відсутність необхідності поставки реагенту роблять розроблену технологію десульфурації ще більш перспективною.

4. Метод плазмокаталітичної технології очищення повітря є найбільш ефективною і економічною технологією газоочистки для більшості типів підприємств, там де рівень забруднення повітря газоподібними речовинами не перевищує 3000 мг/м^3 (теоретичну межу, після якого падає ефективність очищення). Виробництва, де рекомендовано застосовувати ПКТ: лиття

металу, водоканали і очисні споруди, утилізація сміття (спалювання), металургійна, лакофарбова та харчова промисловість, виробництво хімволокна та штучних матеріалів, переробка гуми, поліграфія, парфумерне, тютюнове, фармацевтичне виробництва, тваринництво, птахівництво, зберігання харчової продукції. Ступінь очищення складає від 85 до 99%.

5. Практичний досвід показав, що фільтруючі пиловловлювачі, включаючи вбудовані перед фільтром компоненти, як, наприклад, реактор і/або випарний охолоджувач, сьогодні в змозі видаляти тверді і газоподібні забруднення синхронно в одноступінчастій установці. Витратні багатоступінчасті технології, наприклад, із застосуванням скрубберів, більше не потрібні. Фільтруючі пиловловлювачі зараховуються до сучасного рівня техніки, в тому числі і для очищення від газоподібних речовин.

6. Для знешкодження газів, що відходять від печей випалювання пропонується двохступінчаста схема очищення, де на першому ступені газів з борова направляються в електрофільтр типу С і піддаються очищенню від смолистих речовин, а на другому ступені – від оксиду вуглецю в каталітичному реакторі. В якості каталізатора рекомендується використовувати інтерметалідний каталізатор складу: 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al, який не містить благородні метали. Ступінь очищення газів від оксиду вуглецю складає 99,9%, вуглеводнів - 95 %. Концентрація оксиду вуглецю та вуглеводнів на виході з апарату не перевищує нормативні значення.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Одним з важливих засобів запобігання нещасним випадкам на виробництві є систематична, доцільно-спрямована пропаганда охорони праці на виробництві. Вона полягає у пробудженні та підтриманні зацікавленості до охорони праці; переконанні працюючих у необхідності того чи іншого заходу з охорони праці; популяризації нових засобів створення безпечних і нешкідливих умов праці. Це як правило розповідь, демонстрація зразків, ознайомлення з безпечними технологіями тощо. На досліджуваному об'єкті ДУ «Запорізький обласний лабораторний центр» МОЗ України в кожному структурному підрозділі знаходяться план евакуації, куточки з техніки безпеки, інструкції та плакати.

Проаналізуємо умови праці для відділення організації санітарно-гігієнічних досліджень.

В якості об'єкта дослідження є приміщення (рис. 4.1), яке знаходиться на 2 поверсі адміністративної будівлі. Загальна площа приміщення складає 48 м², висота – 3,5 м, приміщення має 4 вікна. У приміщенні розташовано 5 персональних комп'ютерів (ПК), розміщені 5 письмових столів, шафа для зберігання документів.

Кількість працюючих в приміщенні 5 чоловік. Отже, на одного працюючого в приміщенні припадає:

$$48 : 5 = 9,6 \text{ м}^2/\text{чол. робочої площі.}$$

Згідно із СніП 2.09.04-87 на кожного працюючого в приміщеннях повинно припадати не менше 4,5 м²/чол., а якщо використовується комп'ютерна техніка – 6 м²/чол. робочої площі. Висота приміщення – не менше 2,5 м. Отже, нормативи розмірів та забезпечення працюючих робочою площею дотримано.

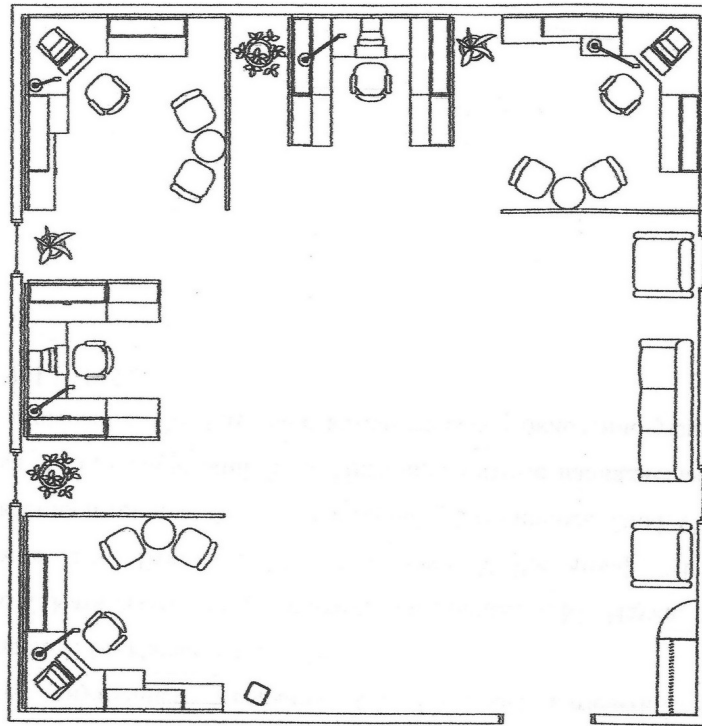


Рисунок 4.1 – План приміщення

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори по природі виникнення поділяються на фізичні, хімічні, психофізіологічні, біологічні [43].

В приміщенні на еколога можуть негативно діяти наступні фізичні фактори: підвищена або знижена температура повітря; надмірна запиленість повітря; підвищена або знижена вологість повітря; недостатня освітленість робочого місця; перевищуючі припустимі норми шуму; підвищений рівень іонізуючого випромінювання; підвищений рівень електромагнітних полів; підвищений рівень статичної електрики; небезпека ураження електричним струмом; бляклість екрана дисплея.

До хімічних факторів, що постійно діють на еколога, відноситься – виникнення в результаті іонізації повітря при роботі комп'ютера активних часток.

До психофізіологічних факторів можна віднести наступні: перенапруження зорового аналізатора; нервово-емоційне напруження; розумове напруження.

Біологічні фактори в даному приміщенні відсутні.

Значення параметрів, які характеризують санітарно-гігієнічні умови праці в аналізованому структурному підрозділу, зведемо в підсумкову таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Санітарно-гігієнічні умови праці в відділенні організації санітарно-гігієнічних досліджень

Параметр	Значення параметру		Нормативний документ
	фактичне	нормативне	
1. Освітленість штучна, лк	350	500	ДБН В.2.5-28-2006
2. Значення коефіцієнта природного освітлення, %	1,38	1,15	ДБН В.2.5-28-2006
3. Температура повітря, °С:			
Взимку	21	21÷25	ГОСТ 12.1.005-88
Влітку	23	22÷28	ГОСТ 12.1.005-88
4. Відносна вологість повітря, %:	45	40-60	ГОСТ 12.1.005-88
5. Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	< 0,1	ГОСТ 12.1.005-88
6. Кратність повітрообміну, м ³ /год	3,06	2-7	СНіП 2.09.04-87

Отже аналізуючи дані таблиці 4.1, можна відмітити, що санітарно-гігієнічні умови праці у відділенні, крім освітлення, є добрими, так як основні параметри знаходяться в межах норми, або є максимально наближеними до неї.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Виробнича діяльність еколога змушує його зазнавати недолік у рухливості й активній фізичній діяльності. Щоб виключити виникнення захворювань необхідно мати можливість вільної зміни поз. Необхідно дотримувати режим праці і відпочинку з перервами, заповнюваними «відволікаючими» м'язовими навантаженнями на ті ланки опорно-рухового

апарату, що не включені в підтримку основної робочої пози.

Антропологічні характеристики людини визначають габаритні і компоновані параметри його робочого місця, а також вільні параметри окремих його елементів.

Робоче місце повинне займати площу не менш 6 м^2 , висота приміщення повинна бути не менш 4 м, а обсяг – не менш 20 м^3 на одну людину. Висота над рівнем підлоги робочої поверхні, на якій працює еколог, повинна складати 720 мм. Бажано, щоб робочий стіл еколога при необхідності можна було регулювати по висоті в межах 680-780 мм. Оптимальні розміри поверхні столу $1600 \times 1000 \text{ мм}^2$. Під столом повинен бути простір для ніг з розмірами по глибині 650 мм. Робочий стіл повинен також мати підставку для ніг, розташовану під кутом 15° до поверхні столу. Довжина підставки 400 мм, ширина – 350 мм. Віддаленість клавіатури від краю столу повинна бути не більш 300 мм, що забезпечить зручну опору для передпліч. Відстань між очима людини й екраном монітора повинна складати 40-80 см.

Робочий стілець повинен бути оснащений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння повинна регулюватися в межах 400-500 мм. Глибина сидіння повинна складати не менш 380 мм, а ширина – не менш 400 мм. Висота опорної поверхні спинки не менш 300 мм, ширина – не менш 380 мм. Кут нахилу спинки стільця до площини сидіння повинен змінюватися в межах $90-110^\circ$.

4.3 Виробнича санітарія

Для створення і автоматичної підтримки в приміщенні оптимальних значень температури та вологості повітря в холодну пору року використовується водяне опалення, в теплу пору року застосовується кондиціонування повітря. Кондиціонер є вентиляційною установкою, яка за допомогою приладів автоматичного регулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища [43].

При виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 500 лк, а комбінована – 750 лк. При цьому все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно – це основна гігієнічна вимога [44].

У зв'язку з тим, що природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, на робочому місці має застосовуватися також штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби. У якості джерела штучного освітлення звичайно використовуються люмінесцентні лампи типа ЛБ, або ДРЛ, які попарно об'єднуються в світильники, які повинні розташовуватися рівномірно над робочими поверхнями [43].

Рівень шуму, створюваний друківаними пристроями, розмножувальною технікою, обладнанням для кондиціонування повітря, вентиляторами систем охолодження, є одним з несприятливих факторів виробничого середовища.

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.

Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 60 дБА. Для того, щоб домогтися цього рівня шуму рекомендується застосовувати звукопоглинаюче покриття стін.

Зниження шуму можна забезпечити установкою в приміщеннях устаткування, що робить мінімальний шум, раціональним плануванням приміщення.

Основним джерелом електромагнітного випромінювання та електричного поля є дисплеї (монітори). Вони являють собою джерела

найбільш шкідливих випромінювань, що несприятливо впливають на здоров'я людини. Електромагнітне поле має електричну і магнітну складову. Вважається, що магнітна складова викликає велику реакцію, ніж електрична.

ПК є джерелами таких випромінювань як: м'якого рентгенівського; ультрафіолетового 200-400 нм; видимого 400-700 нм; ближнього інфрачервоного 700-1050 нм; радіочастотного 3 кгц-30Мгц; електростатичних полів.

Ультрафіолетове випромінювання корисне в невеликих кількостях, але у великих дозах приводить до дерматиту шкіри та головного болю. Інфрачервоне випромінювання приводить до перегріву тканин людини (особливо хрусталика ока), підвищенню температури тіла. Рівні напруженості електростатичних полів повинні складати не більш 20 кв/м. Поверхневий електростатичний потенціал не повинен перевищувати 500 В. При підвищеному рівні напруженості полів варто скоротити час роботи за комп'ютером, робити п'ятнадцятихвилинні перерви на протязі півтори годин роботи і, звичайно ж, застосовувати захисні екрани. Захисний екран, виготовлений із дрібної сітки або скла, збирає на собі електростатичний заряд. Для зняття заряду екран монітора заземлюють.

Може виникнути небезпека по рівнях напруженості електромагнітного поля (ЕМП). На відстані 5-10 см від екрана і корпусу монітора рівні напруженості можуть досягати 140 В/м по електричній складовій, що значно перевищує припустимі значення СанПіН 2.2.2. 542-96.

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.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5-10 см від екрана напруженість електростатичного поля складає 60-280 кв/м, тобто в 10 разів перевищує норму 20 кв/м. Для запобігання утворення та захисту від статичної електрики необхідно використовувати нейтралізатори та зволожувачі, а підлоги повинні мати антистатичне покриття.

4.4 Заходи з електробезпеки

За небезпекою ураження електричним струмом приміщення належить до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом працюючих. Напряга джерела живлення комп'ютерів у приміщенні – 220 В.

Основними причинами поразки працівників приміщення електричним струмом на робочому місці можуть бути:

- поява напруги дотику на металевих конструктивних частинах комп'ютера у результаті пошкодження ізоляції;
- несправність розетки;
- пошкодження ізоляції дротів комп'ютера;
- порушення правил експлуатації техніки;
- заборонене використання електричних приладів, таких як електричні плити, чайники, обігрівачі.

Основними заходами запобігання ураження електричним струмом в приміщенні є захист від дотику до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, застосування малих напруг, захисного заземлення і відключення, а також організаційні заходи [45].

Заземлення корпуса ПК забезпечено підведенням жили, що заземлює, до живильних розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно ПУЕ для електроустановок з напругою до 1000 В.

Основними організаційними заходами є інструктаж і навчання безпечним методам праці, а також перевірка знань правил безпеки й інструкцій відповідно до займаної посади стосовно до виконуваної роботи.

При проведенні незапланованого і планового ремонту обчислювальної техніки виконуються наступні дії: відключення комп'ютера від мережі та перевірка відсутності напруги. Після виконання цих дій проводиться ремонт несправного устаткування. Якщо ремонт проводиться на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою, то виконання роботи проводиться не менш чим двома особами з застосуванням електрозахисних засобів.

4.5 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Аналізоване приміщення за небезпекою виникнення пожежі відповідно до ОНТП 24-86 відноситься до категорії В (пожежонебезпечні – в ньому наявні легкозаймисті речовини – папір, дерево) [46].

Можливими причинами пожежі можуть бути: коротке замикання в електричній мережі; займання паперу, дерева через необережне поводження з вогнем; розповсюдження вогню з сусідніх приміщень.

Для попередження пожежі на стелі розміщена пожежна сигналізація, а також встановлені два вуглекислотні вогнегасники типу ВВ-2.

Для швидкого сповіщення пожежної охорони при виникненні пожежі в приміщенні використовується електрична пожежна сигналізація. Система електричної пожежної сигналізації виявляє пожежу на початковій стадії і сповіщає про місце її виникнення, а також автоматично включає стаціонарні установки гасіння пожеж.

Автоматичні оповісники здійснюють посилку сигналу при різних ознаках. Комбіновані теплові та димові оповіщувачі типу КИ-1 мають чутливий елемент у вигляді іонізуючої камери (реагування на дим) і терморезистори (реагування на теплоту). Температура спрацювання цих оповісники 50-80 °С, площа обслуговування 100 м². Автоматичне сповіщення

продубльоване кнопковим.

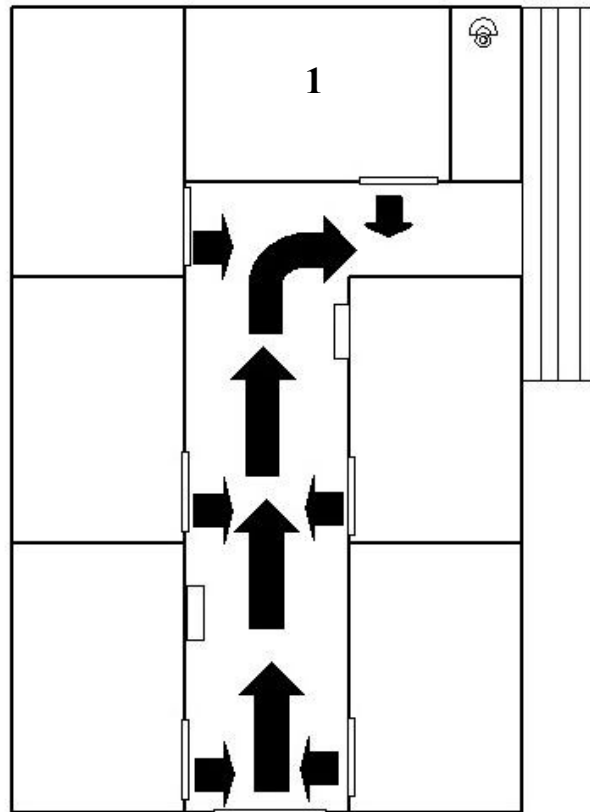
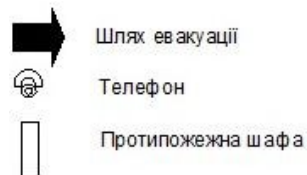
Для запобігання виникненню пожежонебезпечних ситуацій впроваджується комплекс організаційних та технічних заходів, які спрямовані на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожеж, обмеження їх розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожеж [46]. Таким заходами є:

- організаційні – використання приладів, інструменту, паяльників за призначенням, дотримання робочих в належному порядку, проведення інструктажу (щомісячного, квартального, позачергового);
- технічні – дотримання правил протипожежної безпеки при проектуванні, проведенні проводки, опалення, вентиляції, освітлення, та розміщення обладнання;
- режимного характеру – заборона куріння в недозволених місцях;
- експлуатаційні – своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробовування.

В випадку виникнення пожежі перш за все потрібно відключити джерело живлення, сповістити про пожежу в пожежну частину. Евакуювати сторонніх людей, які могли опинитися в небезпечній зоні і лише після цього приступити до гасіння пожежі і рятування цінного обладнання.

Будівля, в якій знаходиться наше приміщення обов'язково має резервний вихід на випадок екстреної евакуації працівників і неможливістю використання основного виходу. Ширина проходів коридорів, дверей, сходових маршів та площадок нормується згідно СНіП 2.09.02-85 “Производственные здания промышленных предприятий”. Евакуаційні шляхи дозволяють усім працівникам своєчасно покинути приміщення при виникненні пожежі.

План евакуації працівників та матеріальних цінностей на випадок пожежі приведений на рис. 4.2.



1 – відділення організації санітарно-гігієнічних досліджень

Рисунок 4.2 – План евакуації персоналу у разі виникнення пожежі

4.6 Розрахунок загального освітлення робочого приміщення

Природне освітлення приміщення здійснюється через віконні отвори і є дуже слабким, тому що поблизу є високі дерева, які закривають небосхил, зменшуючи природну освітленість. Тому на робочому місці застосовується також штучне освітлення.

У приміщеннях висотою до 6 м рекомендується застосовувати люмінесцентні лампи, основною якістю яких є висока світловіддача (до 75 лм/вт), термін служби до 10 000 годин, хороша передача кольору, низька температура.

У якості джерела штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи типу ЛТБ-40-4 (люмінесцентна лампа тепло-білого кольору) по чотири лампи в кожному світильнику, які попарно об'єднуються в світильники та розташовуються над робочими поверхнями. У приміщенні розміщено 4 світильника.

При роботі з ПК категорію виконуваних робіт можна віднести до робіт дуже високої точності з присвоєнням розряду Пв.

Необхідно визначити кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості E_{\min} і потужність освітлюваної установки.

У відповідності з розрядом зорових робіт освітленість робочої поверхні приймається $E_{\min} = 300-500$ лк.

Визначимо індекс приміщення за наступною формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot h} \quad (5.1)$$

де A і B – довжина та ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м.

Довжина приміщення – 8 м, ширина – 6 м, висота – 3,5 м.

Розрахункова висота:

$$h = H - h_p, \quad (5.2)$$

де H – геометрична висота приміщення;

h_p – висота робочої поверхні, $h_p = 1,0$ м.

Тоді

$$h = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ м,}$$

$$i = \frac{6 \cdot 8}{2,5 \cdot (6 + 8)} = 1,4.$$

Необхідний світловий потік ламп світильників:

$$F = \frac{E \cdot k_z \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (5.3)$$

де E – найменша нормована освітленість, $E = 500$ лк, так як розряд зорових робіт дорівнює Пв;

k_z – коефіцієнт запасу;

S – освітлювана площа приміщення, m^2 ;

z – поправочний коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої;

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання, тобто відносна доля потоку лампи, падаюча на поверхню S .

Коефіцієнт запасу k враховує запиленість приміщення, зниження світлового потоку ламп в процесі експлуатації. Для виробничого приміщення з люмінесцентними лампами $k = 1,2$.

Коефіцієнт мінімальної освітленості z характеризує нерівномірність освітлення. Він є функцією багатьох змінних і найбільшою мірою залежить від відстані між світильниками до розрахункової висоті (L / h). При розташуванні світильників в лінію (ряд), якщо витримано найвигідніше відношення L / h , для ЛТБ рекомендується приймати $z = 1,1$.

Коефіцієнт використання світлового потоку η є складною функцією, яка залежить від типу світильника, індексу приміщення і коефіцієнта відображення стелі, стін і підлоги.

Згідно з умовою коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення: стелі $\rho_{стел} = 70\%$, стін $\rho_{стін} = 50\%$, підлоги $\rho_{підл} = 30\%$.

За довідковими таблицями [43] методом інтерполяції знаходимо $\eta = 53,8\%$.

За довідковими таблицями [43] знаходимо для лампи ЛТБ - 40 значення світлового потоку $F = 2450$ лм.

Освітлювана площа дорівнює площі приміщення $S = 48 m^2$.

Визначаємо кількість використовуваних світильників N , вважаючи, що кожен світильник містить чотири ($n = 4$) лампи:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot n \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 1,2 \cdot 48 \cdot 1,1}{2450 \cdot 4 \cdot 0,538} = 6.$$

4.7 Висновки до розділу 4

1. Було проведено аналіз умов праці на робочому місці інженера еколога в приміщенні відділення організації санітарно-гігієнічних досліджень. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні.

2. Виконано розрахунок загального освітлення робочого приміщення. Виявлено, що при використанні ламп типу ЛТБ-40-4 необхідно для забезпечення нормованої освітленості кількість світильників $N = 6$. Приміщення має лише 4 світильники з лампами типу ЛТБ-40-4, що не відповідає розрахунковим даним. Отже, штучне освітлення даного приміщення не відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» і вимагає поліпшення.

ВИСНОВКИ

1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами по Запорізькій області у 2019 році склали 174,7 тис. тон. Викиди від стаціонарних джерел підприємств м. Запоріжжя склали 71,3 тис. т (проти 69,9 у 2018 році).

2. На досліджуваних вулицях Вознесенівського району середні значення коефіцієнтів небезпеки при хронічному інгаляційному впливі в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю та оксиду вуглецю і знаходяться на високому (формальдегід, діоксид азоту) та середньому рівнях.

3. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на надзвичайно високому рівні в 2019 р. $HI = 18,204$.

4. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів ($HI > 1$) та знаходяться на середньому рівні в 2019 р. $HI = 1,011$.

5. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів по всім речовинам, окрім сірковуглецю. Коефіцієнти небезпеки діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду та оксиду вуглецю та сірководню знаходяться на середньому рівні.

6. Результати розрахунків індексів небезпеки у Вознесенівському районі свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання (масові скарги, виникнення

хронічних захворювань), високий рівень на органи зору та середній рівень на інші органи та системи.

7. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів впливу сукупності пріоритетних забруднюючих речовин при гострому впливі у Вознесенівському районі на органи дихання та знаходяться на середньому рівні.

8. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при довічному інгаляційному впливі на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю і знаходяться на рівні: для ангідриду сірчистого – середньому рівні; азоту діоксиду – середньому рівні; для фенолу – середньому рівні; для формальдегіду – середньому рівні; для оксиду вуглецю – середньому рівні, окрім Билкіна та Електрична, де знаходяться низькому рівні; для сірководню – середньому рівні на всіх вулицях, окрім Фінальна, де знаходяться на високому рівні; для сірчаної кислоти – середньому рівні на всіх вулицях; для сірковуглецю – низькому рівні на всіх вулицях.

9. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів та знаходяться на надзвичайно високому рівні $HI = 17,03$ (середнє значення).

10. Результати розрахунків сумарних індексів небезпеки при оцінці гострих інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність перевищень безпечних рівнів на вулицях Фінальна та Морфлотська та знаходяться на середньому рівні, на інших вулицях знаходяться на низькому рівні, середнє значення $HI = 0,83$.

11. Результати розрахунків коефіцієнтів небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району свідчать про наявність

перевищень безпечних рівнів по всім речовинам, окрім сірковуглецю.

12. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) на вулицях Фінальна, Фундаментальна, Морфлотська, Зразкова, Вогнетривка в 2019 році.

13. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі в Заводському районі на органи дихання, (масові скарги, виникнення хронічних захворювань) та високий рівень на органи зору, середній рівень на інші органи та системи.

14. Для знешкодження газів, що відходять, від газоподібних речовин застосовують наступні методи: абсорбції, адсорбції; каталітичні та термічні. Вибір методу очищення залежить від багатьох факторів: концентрації компонентів, які містяться у промислових газах; обсягу газу, який необхідно очистити; температури підходящих газів; змісту домішок; наявності хемосорбентів; можливості використання продуктів рекуперації; необхідного ступеня очищення.

15. Запропонована принципова апаратно-технологічна схема очищення газів від сульфуру (IV) оксиду (SO_2) розчинами сполук заліза (II, III) є достатньо простою в апаратурному оформленні та характеризується відповідними експлуатаційними якостями. Поглинання оксиду сірки (IV) поглинальним розчином прискорюється при додаванні сполук заліза (II). Осад, що утворюється в поглинальному розчині потребує додаткової обробки – нагріванні до 60° і додавання металевого заліза для збільшення рН в розчині. При цьому утворюється пігмент – гетит товарної якості. Визначена оптимальна тривалість процесу – 50 годин. Аналіз витратних коефіцієнтів вартості основних поглиначів для промислових методів очищення газів від оксиду сірки (IV) показав, що витрати на отримання розчину сполук заліза (II, III) є мінімальними, а відсутність необхідності поставки реагенту роблять

розроблену технологію десульфурації ще більш перспективною.

16. Метод плазмокаталітичної технології очищення повітря є найбільш ефективною і економічною технологією газоочистки для більшості типів підприємств, там де рівень забруднення повітря газоподібними речовинами не перевищує 3000 мг/м^3 (теоретичну межу, після якого падає ефективність очищення). Виробництва, де рекомендовано застосовувати ПКТ: лиття металу, водоканали і очисні споруди, утилізація сміття (спалювання), металургійна, лакофарбова та харчова промисловість, виробництво хімволокна та штучних матеріалів, переробка гуми, поліграфія, парфумерне, тютюнове, фармацевтичне виробництва, тваринництво, птахівництво, зберігання харчової продукції. Ступінь очищення складає до 85 - 99%.

17. Для знешкодження газів, що відходять від печей випалювання пропонується двохступінчаста схема очищення, де на першому ступені гази з борова направляються в електрофільтр типу С і піддаються очищенню від смолистих речовин, а на другому ступені – від оксиду вуглецю в каталітичному реакторі. В якості каталізатора рекомендується використовувати інтерметалідний каталізатор складу: 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al, який не містить благородні метали. Ступінь очищення газів від оксиду вуглецю складає 99,9%, вуглеводнів - 95 %. Концентрація оксиду вуглецю та вуглеводнів на виході з апарату не перевищує нормативні значення.

18. В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було проведено аналіз умов праці на робочому місці інженера еколога в приміщенні відділення організації санітарно-гігієнічних досліджень. Виявлені шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища і розроблені заходи, націлені на утворення безпечних умов праці. Розкриті питання електро-, пожежної та техногенної безпеки в приміщенні. Виконано розрахунок загального освітлення робочого приміщення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Турос О.І. Розробка наукових підходів до гігієнічної оцінки небезпеки від джерел забруднення атмосферного повітря на основі показників ризику: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора мед. наук: спец. 14.02.01 (Гігієна та професійна патологія). К., 2008. 42 с.
2. Петросян А.А. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами різних видів промислових підприємств: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата біол. наук: спец. 14.02.01 (Гігієна та професійна патологія). К., 2010. 22 с.
3. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities / U. S. Environmental Protection Agency. Washington, Multimedia Planning and Permitting Division Office of Solid Waste Centre for Combustion Science and Engineering, 2005. P. 5 – 52.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2018 році. Запоріжжя: Запорізька обласна державна адміністрація, 2019. 289 с.
5. Статистична інформація. Головне управління статистики в Запорізькій області [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані – Режим доступу: http://www.zp.ukrstat.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=6001&Itemid=100065 – Назва з екрана.
6. Гребняк М.П., Федорченко Р.А. Токсикологічні аспекти атмосферних забруднень в індустріальному місті. *ENVIRONMENT&HEALTH*. 2017. № 2. С. 31-35.
7. Турос О.І., Ананьева О.В., Петросян А.А. Вдосконалення підходів до кількісної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільних транспортних засобів. *Гігієна населених місць*: зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 63. С. 22–31.
8. Петросян А.А., Черненко Л.М. Аналіз міжнародних законодавчих документів, які регулюють якість атмосферного повітря. *Медичні*

перспективи. 2016. Т. XXI, № 1. С. 130–133.

9. Сердюк А.М., Корзун В.Н., Калинин М.Н., Давыдов Б.Н., Кириленко Н.П., Жмакин И.А. Укрепление и сохранение здоровья человека - общее дело ученых разных стран. *Довкілля та здоров'я*. 2010. № 1 (52).

С. 3-9.

10. Гребняк М.П., Щудро С.А. Екологія та здоров'я дитячого населення: фактори ризику, епідеміологія. Дніпропетровськ : Пороги, 2010. 95 с.

11. Гребняк М.П., Щудро С.А. Медична екологія: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Акцент, 2016. 418 с.

12. Петров С.Б., Петров Б.А. Оценка комплексного влияния аэротехногенных загрязнителей городской среды на заболеваемость населения. *Фундаментальные исследования*.

13. Черниченко І.О., Баленко Н.В., Цимбалюк С.М., Осташ О.М. Про можливі механізми впливу атмосферних забруднень фор мальдегідом на формування захворюваності населення на рак щитоподібної залози. *Довкілля та здоров'я*. 2016. № 2. С. 9-13.

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

15. Методичні рекомендації. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: Наказ МОЗ № 184 від 13.04.2007 р. К., 2007. 28 с.

16. Гульченко Л.П., Глазкова М.Ф., Курляндський Б.А. О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде и их влияние на здоровье населения. М.:, 2002. 12 с. (Информ. письмо / МЗО РФ Департамент ГСЭН).

17. МосМР 2.1.9.003-03. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. – М.: Санэпидмедиа, 2003. 28 с.

18. Качинський А.Б. Безпека загрози і ризик: наукові концепції та

математичні методи. К., 2003. 472 с.

19. Богун С.В., Зорин С.В., Картавцев О.Н., Турос Е.И. Использование пространственного анализа загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха отдельными предприятиями города Запорожья при оценке риска их воздействия на здоровье населения. *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. Симферополь, 2003. Т.17(56). №2. С. 18-26.

20. Шахраманьян М.А., Ларионов В.И., Нигметов Г.М. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. *Безопасность жизнедеятельности*. 2001. № 12. С. 8-14.

21. Сердюк А.М., Турос О.І., Картавцев О.М., Петросян А.А., Бережний Є.О., Дюканов В.Г. Методичні рекомендації з оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами промислових джерел. Київ, 2005. 38 с.

22. 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). Знаходиться в публікації.

23. Белоконь К.В., Манідіна Є.А., Зануда Т.О. Дослідження процесів каталітичного окислення викидів оксиду вуглецю у відхідних газах металургійних підприємств. III спеціалізований міжнародний екологічний форум «Еко Форум – 2019» Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2019. С. 29-30.

24. Белоконь К.В., Троїцька О.О., Зануда Т.О., Пономаренко К.А. Аналіз впливу викидів підприємств з виробництва вуглецевої продукції на здоров'я населення. VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2019) Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 39.

25. Белоконь К.В., Зануда Т.О., Плахотня К.О. Аналіз методів очистки газів в умовах електросталеплавильного виробництва. V Міжнародна

науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» Харків: ХНАДУ, 2019. С. 186-189.

26. Белоконь К.В., Зануда Т.О. Аналіз технологічних заходів з мінімізації екологічного ризику від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами. XXIV Науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ. Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. Т. 4 С. 129.

27. Мамчук І.В., Абрамчук М.Ю. Урахування та аналіз природоохоронних витрат у системі екологічного менеджменту. Механізм регулювання економіки. 2008. №3. С. 223-240.

28. Новиков Н.И., Новикова Г.В., Миролубова О.А. Экологические факторы и их влияние на деятельность и развитие предприятий черной металлургии. Теория и практика общественного развития. 2013. № 2. С. 210-214.

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

30. Черняева О.І. Методи захисту атмосфери: конспект лекцій. Одеса: 2009. 100 с.

31. Статистичний збірник. Довкілля України за 2016. К.: ДССУ, 2016. 242 с.

32. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. Глобальные обновленные данные. – Женева: Отдел подготовки документов ВОЗ, 2006. 28 с.

33. ДСП-201-97. «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами)» (Редакція станом на 07.08.2014) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97>.

34. «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року»: Закон України № 2818-VI від 21.12.2010

(Редакція прийняття від 21.12.2010) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.

35. Смотраев, Р.В., Манидина, Е.А., Румянцев В.Р. Исследование кинетики процесса поглощения оксида серы(IV) растворами солей железа(II) и (III) [Текст]. *Вопр. химии и хим. технологии*. 2016. № 2(106). С. 45-51.

36. Смотраев, Р.В., Манидина, Е.А. Исследование термодинамического равновесия процесса абсорбции диоксида серы электрохимически обработанным поглотительным раствором [Текст]. *Вопр. химии и хим. технологии*. 2013. №2. С. 17-20.

37. Яворський В.Т., Гелеш А.Б., Яворський І.Є., Калимон Я.А. Теоретичний аналіз хемосорбції сульфур(IV) оксиду. Обґрунтування вибору ефективного масообмінного апарата [Текст]. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 6(79). С. 32-40.

38. Смолянова М.Ю. Плазмокаталитическая технология воздухоочистки ПКТ (ТУ 3646-001-65985113-2010). Сборник докладов III Международной конференции «Пылегазоочистка – 2010». Москва: ООО «ИНТЕХЭКО», 2010. С. 8-10.

39. Рюдигер Маргаф. Универсально применимые системы плоскорукавных фильтров для всех отраслей промышленности. Сборник докладов III Международной конференции «Пылегазоочистка – 2010». Москва: ООО «ИНТЕХЭКО», 2010. С. 68-71.

40. Белоконь К.В. Повышение экологической безопасности предприятий электродного производства путём каталитического обезвреживания газовых выбросов. *Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університета*. 2015. Вып. 70. С. 42-49.

41. Belokon K.V., Belokon Y.A., Kozhemyakin G.B., Matukhno E.V. Environmental assessment of the intermetallic catalysts utilization efficiency for deactivation of the pollutants emitted by electrode production enterprises. *Scientific bulletin of National mining university, Scientific and technical journal*. - Dnipropetrovsk, State Higher Educational Institution "National Mining

University”, 2016. №3 (153). С. 87-94.

42. Батура П.И. Каталитические реакторы для дожигания отходящих газов. Кокс и химия. 1991. Вып. №5. С. 32-34.

43. Жидецкий В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. Львів: Афіша, 2003. 173 с.

44. Геврик Є.О. Охорона праці: [навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів]. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

45. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.

46. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. М., 1992.

ДОДАТКИ

Додаток А

Усереднені рівні добових і річних концентрацій забруднюючих речовин викидів Вознесенівського району

Таблиця А.1 – Рівні концентрацій ангідриду сірчистого (SO₂) на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С **
2019	0,095	0,152	-	-	0,13	0,076	0,097	0,136	-	0,157	-	0,105	0,105	-	0,2	0,14	-	0,101	0,125

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Таблиця А.2 – Рівні концентрацій азоту діоксиду (NO₂) на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С **
2019	0,108	0,106	-	-	0,1	0,18	0,109	0,133	-	0,083	-	0,059	0,326	-	0,24	0,116	-	0,074	0,136

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Таблиця А.3 – Рівні концентрацій **фенолу (C₆H₅OH)** на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С **
2019	0,013	0,013	-	-	0,012	0,017	0,012	0,014	-	0,01	-	0,01	0,01	-	0,016	0,011	-	0,011	0,0124

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Таблиця А.4 – Рівні концентрацій **вуглецю оксиду (CO)** на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С **
2019	3,3	3	-	-	3,6	2,3	2,8	3,1	-	2,8	-	3,1	3	-	2,8	2,1	-	2,9	2,9

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Таблиця А.5 – Рівні концентрацій **сірководню (H₂S)** на досліджуваних вулицях*

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	С **
2019	0,0091	0,0084	-	-	0,0082	0,0088	0,0085	0,0085	-	0,0099	-	0,0078	0,0078	-	0,0088	0,0076	-	0,0076	0,0084

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

** – середньорічна концентрація.

Усереднені рівні добових і річних концентрацій забруднюючих речовин викидів Заводського району

Таблиця А.6 – Рівні концентрацій газоподібних речовин на досліджуваних вулицях

Вулиця	H ₂ S	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₅ OH	CO	CS ₂	H ₂ SO ₄
Фінальна	0,0222	0,12	0,148	0,018	3,62	0,046	0,005
Фундаментальна	0,0091	0,15	0,103	0,013	3,12	-	-
Морфлотська	0,0084	0,11	0,165	0,015	3	0,043	0,0046
Зразкова	-	0,11	0,123	0,016	3,52	0,0425	0,0037
Билкіна	0,0087	0,075	0,034	-	2,35	-	-
Електрична	-	0,13	0,059	-	2,4	-	-
Вогнетривка	0,0109	0,21	0,125	0,0135	3,3	-	-
Середньорічна концентрація	0,0119	0,13	0,108	0,015	3,04	0,044	0,0044

Перевищення ГДК забруднюючих речовин по Вознесенівському району за 2019 рік

Таблиця Б.1 – Перевищення ГДК по Вознесенівському району за 2019 рік

Дата	Наявність повідомлення щодо НМУ	Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ГДК)
1	2	3
20.02.2019	З 15 години 20 лютого до 09 години 21 лютого 2018р. по місту Запоріжжя відмічалось високе забруднення повітря фенолом 1-го ступеня; З 20 години 20 лютого до 09 години 21 лютого 2018р. по місту Запоріжжя відмічалось високе забруднення повітря пилом 1-го ступеня.	вул. Я. Нахімова: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - фенол – 0,0157 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0085 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,044 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК;
23.04.2019	-	вул. Волгоградська: - пил – 0,74 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК; - фенол – 0,013 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
10.05.2019	-	вул. Волгоградська: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень - 0,0085 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірковуглець - 0,043 мг/м ³ , в 1,4 рази вище ГДК;

1	2	3
14.05.2019	-	вул. Седова: - пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК;
15.05.2019	З 21 години 15 травня до 21 години 16 травня 2018 р. відмічалось високе забруднення повітря фенолом і двоокисом азоту 1-го ступеня;	вул. Антенна: - пил – 0,63 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень - 0,0082 мг/м ³ , в 1,025 рази вище ГДК;
22.05.2019	-	вул. Рекордна: - пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК; - фенол – 0,011 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
23.05.2019	З 21 години 23 травня до 21 години 24 травня 2018 р. по місту Запоріжжя відмічалось високе забруднення повітря фенолом і двоокисом азоту 1-го ступеня;	пр. Соборний-пл. Шевченко: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;
29.05.2019	-	вул. Сталеварів-вул. Незалежної України: - пил – 0,64 мг/м ³ , в 1,28 рази вище ГДК; - фенол – 0,016 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0086 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
30.05.2019	-	вул. Волгоградська: - пил – 0,65 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,024 мг/м ³ , в 2,4 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0089 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - азоту диоксид - 0,24 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірковуглець - 0,039 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК;

1	2	3
07.06.2019	З 15 години 07 червня до 21 години 08 червня 2018 р. високе забруднення повітря пилом 1 ступеню	вул. Волгоградська: - пил – 0,52 мг/м ³ , в 1,04 рази вище ГДК; - фенол – 0,011 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0086 мг/м ³ , в 1,08 рази вище ГДК;
11.06.2019	-	вул. Волгоградська: - пил – 0,55 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - фенол – 0,013 мг/м ³ , в 1,3 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0099 мг/м ³ , в 1,24 рази вище ГДК;
21.06.2019	З 15 години 21 червня 2018 р. до 21 години 22 червня по місту Запоріжжя високе забруднення повітря пилом 1 ступеню.	бул. Центральний: - пил – 0,54 мг/м ³ , в 1,08 рази вище ГДК; - фенол – 0,017 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0082 мг/м ³ , в 1,025 рази вище ГДК; - сірковуглець - 0,047 мг/м ³ , в 1,57 рази вище ГДК;
09.07.2019	-	вул. Волгоградська: - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0092 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК;
10.07.2019	-	вул. Сєдова: - фенол – 0,011 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
26.07.2019	-	вул. Рекордна: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - фенол – 0,016 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0084 мг/м ³ , в 1,05 рази вище ГДК; - сірковуглець - 0,044 мг/м ³ , в 1,47 рази вище ГДК;

Продовження таблиці

	забруднення повітря фенолом та пилом 1-го ступеня.	- пил – 0,52 мг/м ³ , в 1,04 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0082 мг/м ³ , в 1,02 рази вище ГДК;
13.11.2019	-	вул. Рекордна: - фенол – 0,013 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень - 0,0083 мг/м ³ , в 1,04 рази вище ГДК.

Перевищення ГДК забруднюючих речовин по Заводському району за 2019 рік

Таблиця Б2 – Перевищення ГДК по Заводському району в 2019 році

Дата	Перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин (ГДК)
1	2
03.01.2019	<p>вул. Фундаментальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,61 мг/м³, в 1,22 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м³, в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0084 мг/м³, в 1,05 рази вище ГДК;
09.02.2019	<p>вул. Зразкова:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фенол – 0,013 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК;
02.02.2019	<p>вул. Зразкова:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,06 мг/м³, в 1,2 рази вище ГДК; - фенол – 0,024 мг/м³, в 2,4 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0097 мг/м³, в 1,2 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,04 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; <p>вул. Фінальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,07 мг/м³, в 1,4 рази вище ГДК; - фенол – 0,029 мг/м³, в 2,9 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0101 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,045 мг/м³, в 1,5 рази вище ГДК.

Продовження таблиці Б.2

1	2
12.03.2019	вул. Зразкова: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0085 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,04 мг/м ³ , в 1,33 рази вище ГДК;
18.04.2019	вул. Фінальна: - пил – 0,85 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0083 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
04.04.2019	вул. Зразкова: - пил – 0,71 мг/м ³ , в 1,42 рази вище ГДК; - фенол – 0,016 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0087 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
05.04.2019	вул. Фінальна: - пил – 0,72 мг/м ³ , в 1,44 рази вище ГДК; - фенол – 0,017 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК; - сірководень – 0,01 мг/м ³ , в 1,25 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,044 мг/м ³ , в 1,47 рази вище ГДК; - азоту діоксид – 0,21 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
16.05.2019	вул. Морфлотська: - пил – 0,76 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК; - фенол – 0,0135 мг/м ³ , в 1,4 рази вище ГДК; - сірководень - 0,0086 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірковуглець - 0,043 мг/м ³ , в 1,4 рази вище ГДК;

Продовження таблиці Б.2

1	2
13.06.2019	вул. Вогнетрівна – Фундаментальна: - пил – 0,67 мг/м ³ , в 1,34 рази вище ГДК; - фенол – 0,016 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,013 мг/м ³ , в 1,63 рази вище ГДК;
17.07.2019	вул. Фундаментальна: - пил – 0,66 мг/м ³ , в 1,32 рази вище ГДК; - фенол – 0,015 мг/м ³ , в 1,5 рази вище ГДК;
24.07.2019	вул. Морфлотська: - пил – 0,6 мг/м ³ , в 1,2 рази вище ГДК; - фенол – 0,0166 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0083 мг/м ³ , в 1,04 рази вище ГДК;
05.07.2019	вул. Вогнетрівна - Фундаментальна: - фенол – 0,011 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0089 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК;
14.08.2019	вул. Зразкова: - пил – 0,77 мг/м ³ , в 1,54 рази вище ГДК; - фенол – 0,016 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК; - сірководень – 0,009 мг/м ³ , в 1,12 рази вище ГДК;
15.08.2019	вул. Фінальна: - пил – 0,66мг/м ³ , в 1,32 рази вище ГДК; - фенол – 0,017 мг/м ³ , в 1,7 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0087 мг/м ³ , в 1,1 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,048 мг/м ³ , в 1,6 рази вище ГДК;

Продовження таблиці Б.2

1	2
27.09.2019	<p>вул. Фінальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,66 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,019 мг/м³, в 1,9 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0083 мг/м³, в 1,04 рази вище ГДК; - сірковуглець – 0,046 мг/м³, в 1,5 рази вище ГДК; - діоксид азоту – 0,24 мг/м³, в 1,2 рази вище ГДК; <p>вул. Фундаментальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,51 мг/м³, в 1,02 рази вище ГДК; - фенол – 0,017 мг/м³, в 1,7 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0084 мг/м³, в 1,5 рази вище ГДК;
29.10.2019	<p>вул. Фінальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,63 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,012 мг/м³, в 1,2 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0082 мг/м³, в 1,03 рази вище ГДК;
30.10.2019	<p>вул. Фундаментальна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пил – 0,63 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; - фенол – 0,0126 мг/м³, в 1,3 рази вище ГДК; - сірководень – 0,0086 мг/м³, в 1,1 рази вище ГДК.

Додаток В

Таблиця В.1 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних** інгалаційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств на досліджуваних вулицях* Вознесенівського району за 2019 рік

Речовини	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SO ₂	1,90	3,04	-	-	2,60	1,52	1,94	2,72	-	3,14	-	2,10	2,10	-	4,00	2,80	-	2,02
NO ₂	2,70	2,65	-	-	2,50	4,50	2,73	3,33	-	2,08	-	1,48	8,15	-	6,00	2,90	-	1,85
C ₆ H ₅ OH	2,17	2,167	-	-	2,000	2,833	2,00	2,333	-	1,667	-	1,667	1,667	-	2,67	1,833	-	1,83
CH ₂ O	-	5,867	-	-	5,333	4,667	5,00	5,00	-	5,00	-	5,00	3,667	-	4,33	-	-	-
CO	1,10	1,00	-	-	1,20	0,767	0,93	1,033	-	0,933	-	1,033	1,00	-	0,93	0,70	-	0,97
H ₂ S	4,55	4,20	-	-	4,10	4,40	4,25	4,25	-	4,95	-	3,90	3,90	-	4,40	3,80	-	3,80
CS ₂	-	0,063	-	-	-	0,067	0,06	0,066	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарний HI	12,42	18,987	-	-	17,73	18,754	16,91	18,729	-	17,77	-	15,183	13,82	-	22,33	12,03	-	10,47

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

Таблиця В.2 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **гострих** інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств на досліджуваних вулицях* Вознесенівського району за 2019 рік

Речовини	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SO ₂	0,14	0,23	-	-	0,20	0,12	0,15	0,21	-	0,24	-	0,16	0,16	-	0,30	0,21	-	0,15
NO ₂	0,23	0,23	-	-	0,21	0,38	0,23	0,28	-	0,18	-	0,13	0,69	-	0,51	0,25	-	0,16
C ₆ H ₅ OH	0,002	0,002	-	-	0,002	0,003	0,002	0,002	-	0,002	-	0,002	0,002	-	0,003	0,002	-	0,002
CH ₂ O	-	0,367	-	-	0,333	0,292	0,313	0,313	-	0,313	-	0,313	0,229	-	0,271	-	-	-
CO	0,143	0,130	-	-	0,157	0,100	0,122	0,135	-	0,122	-	0,135	0,130	-	0,122	0,091	-	0,126
H ₂ S	0,091	0,084	-	-	0,082	0,088	0,085	0,085	-	0,099	-	0,078	0,078	-	0,088	0,076	-	0,076
CS ₂	-	0,002	-	-	-	0,002	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарний HI	0,606	1,045	-	-	0,984	0,985	0,904	1,027	-	0,956	-	0,818	1,289	-	1,294	0,629	-	0,514

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка; 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

Таблиця В.3 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних та гострих** інгалаційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств у Вознесенівському районі

Забруднюючі речовини	2019 рік	
	хронічний	гострий
Ангідрид сірчистий	2,5	0,19
Діоксид азоту	3,40	0,29
Фенол	2,07	0,002
Формальдегід	5,00	0,313
Оксид вуглецю	0,97	0,13
Сірководень	4,20	0,084
Сірковуглець	0,064	0,002
Сумарний НІ	18,204	1,011

Таблиця В.4 – Індекси небезпеки для систем та органів при **хронічному впливі** на досліджуваних вулицях*

Вознеснівського району в 2019 році

Органи/ системи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ОД	11,32	17,92	0,00	0	16,53	17,92	15,92	17,63	0,00	16,84	0,00	14,15	19,48	0,00	21,4	11,33	0,00	9,5
ОЗ	2,17	8,03	0,00	0,00	7,33	7,50	7,00	7,33	0,00	6,67	0,00	6,67	5,33	0,00	7,00	1,83	0,00	1,83
ССС	2,17	2,23	0,00	0	2	2,9	2,06	2,4	0,00	1,67	0,00	1,67	1,67	0,00	2,67	1,83	0,00	1,83
ПО	2,17	2,167	-	-	2,00	2,833	2,00	2,333	-	1,667	-	1,667	1,667	-	2,67		-	1,83
ЦНС	3,27	3,23	0,00	0,00	3,20	3,67	2,99	3,43	0,00	2,60	0,00	2,70	2,67	0,00	3,60	2,53	0,00	2,80
ІС	-	5,867	-	-	5,333	4,667	5,00	5,000	-	5,000	-	5,000	3,667	-	4,33	-	-	-
ВДР	1,1	1,06	0,00	0	1,2	0,83	0,99	1,1	0,00	0,93	0,00	1,03	1	0,00	0,93	0,7	0,00	0,97
Кров	3,80	3,65	0,00	0,00	3,70	5,27	3,66	4,36	0,00	3,01	0,00	2,51	9,15	0,00	6,93	3,60	0,00	2,82
Смерть	1,90	3,04	-	-	2,60	1,52	1,94	2,72	-	3,14	-	2,10	2,10	-	4,00	2,80	-	2,02

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

Таблиця В.5 – Індекси небезпеки для систем та органів **при гострому впливі** на досліджуваних вулицях*
 Вознеснівського району в 2019 році

Органи/ системи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ОД	0,693	1,413	0	0,37	2,557	1,313	0,78	1,25	0	1,504	0	2,683	1,499	0	3,302	1,938	0,188	0
ОЗ	0,002	0,369	0	0,000	0,335	0,295	0,315	0,315	0	0,315	0	0,315	0,231	0	0,274	0,002	0,002	0
ССС	0,143	0,130	0	0	0,157	0,100	0,122	0,135	0	0,122	0	0,135	0,130	0	0,122	0,091	0,126	0
ВДР	0,143	0,132	0	0	0,157	0,102	0,124	0,137	0	0,122	0	0,135	0,130	0	0,122	0,091	0,126	0
Кров	-	0,002	0	-	-	0,002	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. * – Досліджувані вулиці: 1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Седова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська.

Таблиця В.6 – Індекси небезпеки для систем та органів при хронічному та гострому впливах в Вознесенівському районі в 2019 р.

Органи / системи	Хронічний	Гострий
ОД	15,85	1,39
ОЗ	7,07	0,23
ССС	2,09	0,13
ПО	2,07	-
ЦНС	3,104	-
ІС	5,00	-
ВДР	0,127	0,132
Кров	4,37	0,002
Смерть	2,49	-

Таблиця В.7 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **хронічних** інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств **Заводського району** на досліджуваних вулицях за 2019 рік

№ п/п	Вулиці	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₅ OH	CH ₂ O	CO	H ₂ S	CS ₂	H ₂ SO ₄	Сумарний НІ
1.	Фінальна	2,40	3,70	3,00	4,67	1,21	11,10	0,066	5,00	31,15
2.	Фундаментальна	3,00	2,58	2,17	4,33	1,04	4,55	-	-	17,67
3.	Морфлотська	2,20	4,13	2,50	5,67	1,00	4,20	0,061	4,60	24,36
4.	Зразкова	2,20	3,08	2,67	4,67	1,17	-	0,061	3,70	17,55
5.	Билкіна	1,50	0,85	-	-	0,78	4,35	-	-	7,48
6.	Електрична	2,60	1,48	-	-	0,80	-	-	-	4,88
7.	Вогнетривка	4,20	3,13	2,25	-	1,10	5,45	-	-	16,13

Таблиця В8 – Середні значення коефіцієнтів небезпеки при оцінці **гострих** інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин від промислових підприємств Заводського району на досліджуваних вулицях за 2019 рік

№ п/п	Вулиці	SO ₂	NO ₂	C ₆ H ₅ ОН	CH ₂ O	CO	H ₂ S	CS ₂	H ₂ SO ₄	Сумарний НІ
1	Фінальна	0,18	0,31	0,003	0,29	0,16	0,22	0,002	0,05	1,22
2	Фундаментальна	0,23	0,22	0,002	0,27	0,14	0,09	-	-	0,952
3	Морфлотська	0,17	0,35	0,003	0,35	0,13	0,08	0,002	0,05	1,135
4	Зразкова	0,17	0,26	0,003	0,29	0,15	-	0,002	0,04	0,915
5	Билкіна	0,11	0,07	-	-	0,10	0,09	-	-	0,37
6	Електрична	0,20	0,13	-	-	0,10	-	-	-	0,43
7	Вогнетривка	0,32	0,27	0,002	-	0,14	0,11	-	-	0,842

Таблиця В.9 – Індекси небезпеки для систем та органів при хронічному впливі на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 році

№	Вулиці	ОД	ОЗ	ССС	ПО	ЦНС	ІС	ВДР	Кров	Смерть
1	Фінальна	29,87	7,67	4,21	3,00	4,276	4,67	1,276	4,91	2,4
2	Фундаментальна	21,63	6,5	3,21	2,17	3,21	4,33	1,04	3,62	3
3	Морфлотська	18,7	8,17	3,5	2,50	3,561	5,67	1,061	5,13	2,2
4	Зразкова	17,22	7,34	3,84	2,67	3,901	4,67	1,231	4,25	2,2
5	Билкіна	10,4	0	0,78	-	0,78	-	0,78	1,63	1,5
6	Електрична	4,08	0	0,8	-	0,8	-	0,8	2,28	2,6
7	Вогнетривка	15,03	2,25	3,35	2,25	3,35	-	1,1	4,23	4,2

Таблиця В.10 – Індекси небезпеки для систем та органів при гострому впливі на досліджуваних вулицях

Заводського району в 2019 році

№	Вулиці	ОД	ОЗ	ССС	ВДР	Кров	Смерть
1	Фінальна	1,05	0,293	0,16	0,162	0,002	2,37
2	Фундаментальна	0,81	0,272	0,14	0,140	-	2,00
3	Морфлотська	1	0,353	0,13	0,132	0,002	2,27
4	Зразкова	0,76	0,293	0,15	0,152	0,002	1,83
5	Билкіна	0,27	-	0,10	0,100	-	1,33
6	Електрична	0,33	-	0,10	0,100	-	1,73
7	Вогнетривка	0,7	0,002	0,14	0,140	-	1,80

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

**Комплексна кваліфікаційна робота
на тему:**

**«Аналіз впливу технологій промислових підприємств на стан екологічної
безпеки атмосферного повітря»**

Тема спеціальної частини:

**«Аналіз технологічних заходів з мінімізації екологічного ризику від
забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами».**

Виконала:

ст. гр. ЗНС-18-1мд
Зануда Т.О.

Керівник:

к.т.н., доц. каф. ПЕОП
Белоконь К.В.

м. Запоріжжя
2020 р.

Метою кваліфікаційної роботи є встановити рівні неканцерогенного ризику для здоров'я населення Заводського та Вознесенівського районів від забруднення атмосферного повітря газоподібними речовинами та виконати аналіз технологій їх очистки для мінімізації екологічного ризику.

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

- обґрунтувати використання методології оцінки ризику для здоров'я населення, що зазнає впливу від викидів газоподібних речовин стаціонарних джерел промислових підприємств;
- охарактеризувати метеорологічну ситуацію, оцінити характеристику землекористування та особливості рельєфу території розміщення стаціонарних джерел викидів;
- оцінити токсичність викидів та сформуванати перелік пріоритетних забруднюючих речовин атмосферного повітря, що характеризують вплив на здоров'я населення з урахуванням вимог етапу ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза-відповідь»;
- розрахувати та оцінити неканцерогенні ризики за коефіцієнтами та індексами небезпеки (HQ, HI) для здоров'я експонованого населення, що зазнає впливу від забруднення викидами атмосферного повітря;
- виконати аналіз технологій очистки газів від газоподібних речовин з метою мінімізації ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – вплив забруднюючих газоподібних речовин на формування неканцерогенного ризику для здоров'я населення, що проживає у зоні дії викидів стаціонарних джерел.

Предмет дослідження – стан забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя промисловими викидами; неканцерогенні ризики для здоров'я, обумовлені інгаляційним впливом забрудненого атмосферного повітря.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше одержані та співставленні рівні ризиків для здоров'я населення Вознесенівського та Заводського районів м. Запоріжжя від забруднення атмосферного повітря викидами газоподібних речовин промислових підприємств.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність кваліфікаційної роботи полягає у впровадженні результатів у діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України», лікувально-профілактичних закладів та екологічних служб.

Особистий внесок автора.

Магістрант особисто планувала та виконувала наукові дослідження в рамках зазначеної теми: самостійно й у повному обсязі зібрано і оброблено первинний матеріал; проведено аналіз токсичності викидів промислових підприємств; проаналізовано ризики хімічного забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами; провела обробку отриманих даних; здійснила теоретичне узагальнення результатів дослідження, підготовку матеріалів досліджень до публікації, сформулювала основні наукові положення й висновки роботи.

Відомості про апробацію результатів роботи.

Основні положення кваліфікаційної роботи представлені та обговорені на: III спеціалізованому міжнародному екологічному форумі «Еко Форум – 2019» (Запоріжжя, Запорізька торгово-промислова палата), VII Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, ВНТУ), V Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (Харків, ХНАДУ), XXIV Науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів інженерного інституту ЗНУ (Запоріжжя, II ЗНУ).

Класифікація рівнів небезпеки неканцерогенного ризику

Рівень небезпеки	Коефіцієнт/індекс небезпеки, (HQ/HI)	Характеристика рівня ризику
Мінімальний	$\leq 0,1$	ризик виникнення шкідливих ефектів відсутній
Низький	0,1 - 1	ризик виникнення шкідливих ефектів є зневажливо малим
Середній	1 - 5	існує ризик розвитку шкідливих ефектів у особливо чутливих підгруп населення (неприпустимий для населення, допустимий для виробничих умов)
Високий	5 - 10	існує ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частини населення
Надзвичайно високий	≥ 10	масові скарги, виникнення хронічних захворювань

Характеристика сценарію і маршруту впливу забруднюючих речовин

Елементи аналізу експозиції	Характеристика експозиції			
Агенти	хімічні забруднюючі речовини			
Джерела	викиди підприємств в атмосферне повітря від стаціонарних джерел			
Шлях впливу	інгаляційний (дихання повітрям)			
Тривалість експозиції	неканцерогенні ефекти – 30 років			
Географічне охоплення	Заводський та Вознесенівський райони м. Запоріжжя			
Період оцінки	2019 рік			
Тип впливу за часом контакту	гострий	хронічний (70 років)		
Вік експонованої групи	середня людина (30 років)	≤ 6	6-18	18≥

Джерела забруднення та вулиці, що досліджувалися

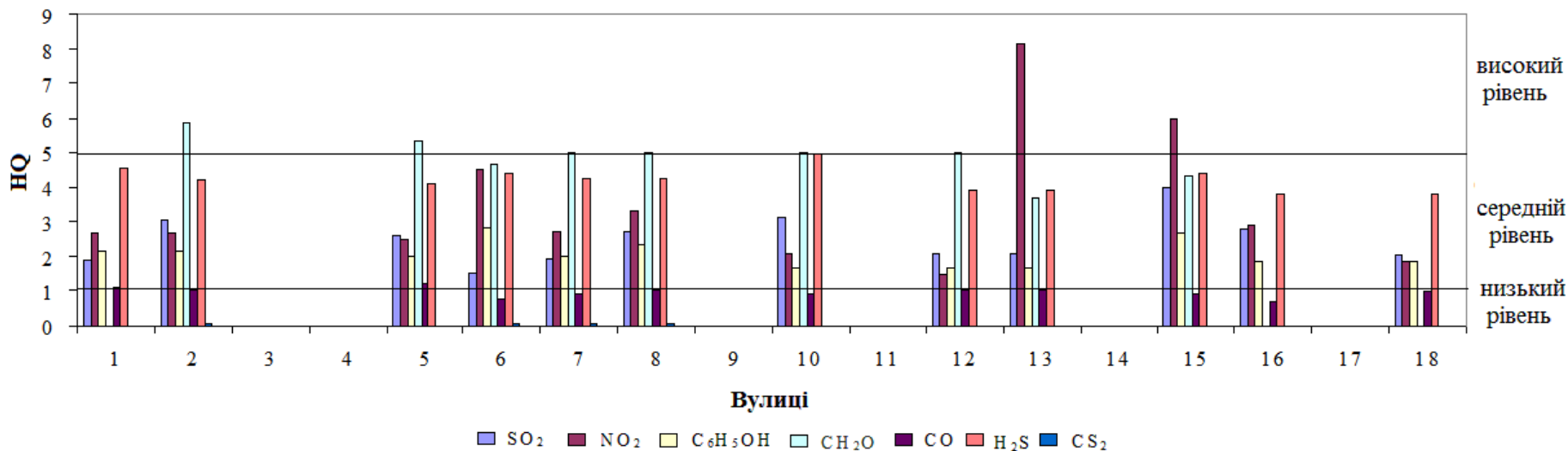
Джерела забруднення	Вулиці Вознесенівського району	Вулиці Заводського району
1. ПАТ «Запоріжсталь»; 2. ПАТ «Дніпроспецсталь»; 3. ПАТ «Запорізький завод феросплавів»; 4. ПрАТ «Український графіт»; 5. ПАТ «Запоріжвогнетрив»; 6. ПрАТ «Запоріжжкокс»; 7. ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».	Антенна Рекордна Яценка Гагаріна Незалежної України бул. Центральний Волгоградська Адмірала Нахімова Матросова Сєдова Я. Новицького пр. Соборний бул. Шевченко Лермонтова Сталеварів Патріотична пр. Маяковського Єнісейська	Фінальна Фундаментальна Морфлотська Зразкова Билкіна Електрична Вогнетривка

Вплив викидів пріоритетних забруднюючих речовин на здоров'я населення

7

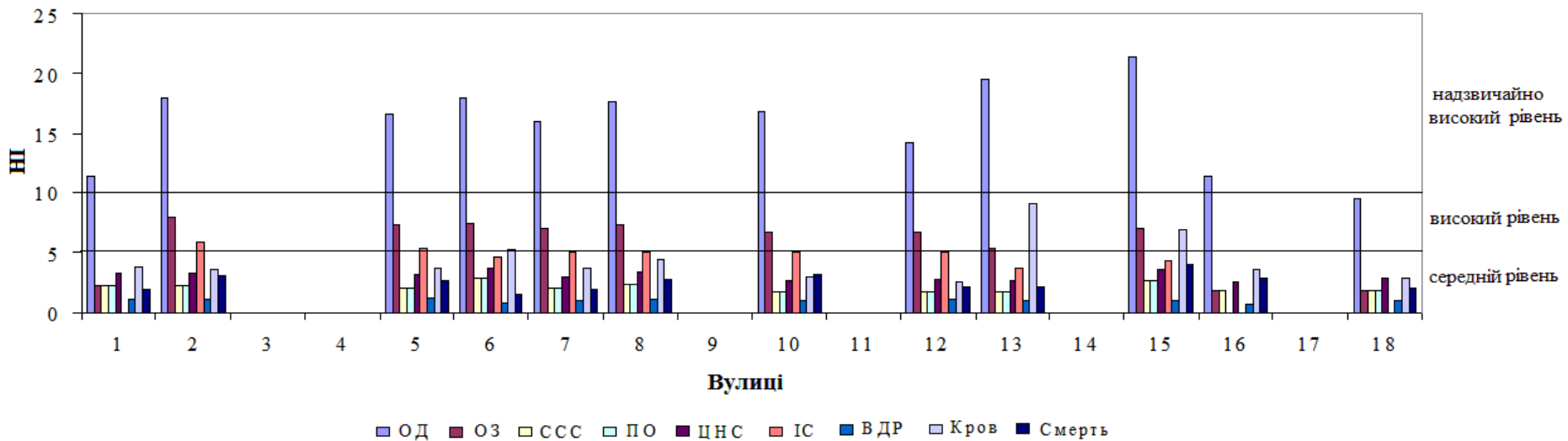
Забруднююча речовина	Негативні наслідки для здоров'я населення
Азоту діоксид	Збільшення частоти випадків появи симптомів з боку верхніх дихальних шляхів у дітей, частоти захворювань нижніх дихальних шляхів у дітей.
Вуглецю оксид	Відсоткова зміна вмісту карбоксигемоглобіну в крові. Частота госпіталізації та/або звернення з приводу захворювань серця (у віці 65 років і більше).
Ангідрид сірчистий	Додаткова смертність. Смертність від серцево-судинних захворювань, від захворювань органів дихання. Збільшення числа нападів астми у астматиків.
Сірководень	Токсичний, вдихання повітря з невеликим вмістом сірководню викликає запаморочення, головний біль, нудоту, а зі значною концентрацією призводить до коми, судом, набряку легень, до летального результату.
Сірковуглець	У випадках важкого отруєння розвивається коматозний стан, який може закінчитися смертю від паралічу серця. Середній ступінь отруєння сірковуглецем супроводжується головним болем, блювотою, ейфорією, атаксією, яке потім може змінитися сонливістю, пригніченістю, ослабленням пам'яті, загальної загальмованістю.
Фенол	Розчин фенолу, його пил і пари викликають роздратування і хімічний опік шкіри, очей, слизових дихальних шляхів. Отруєння парами фенолу може порушувати функції нервової системи аж до паралічу дихального центру.
Формальдегід	Хронічне отруєння викликає такі симптоми: алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми, психічне збудження, тремтіння, розлад зору і координації, хронічну втому, сонливість, млявість, загальмованість.

Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних інгалаційних впливів викидів на досліджуваних вулицях Вознесенівського району за 2019 рік



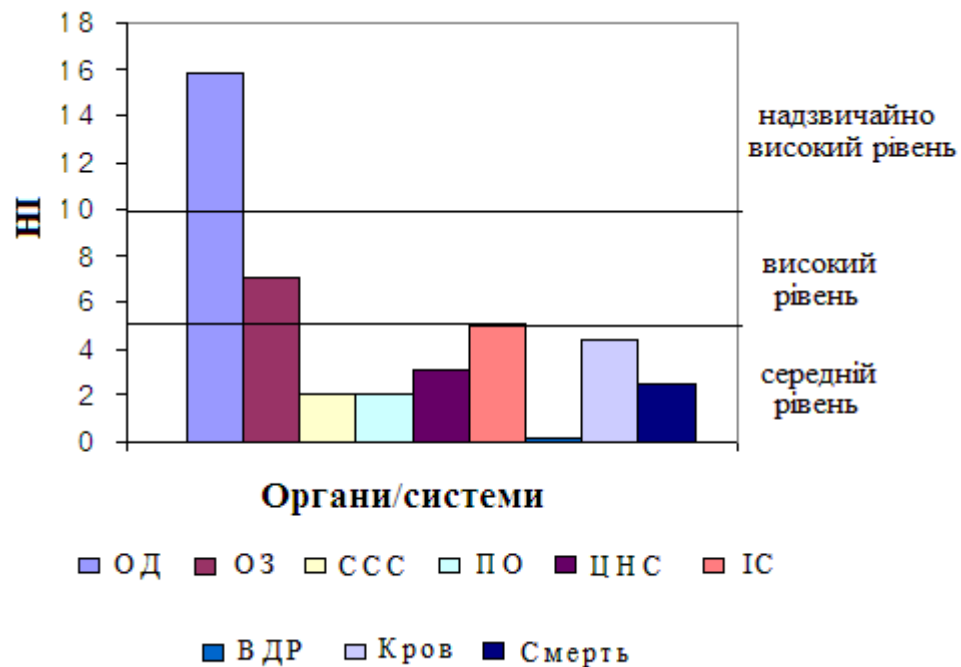
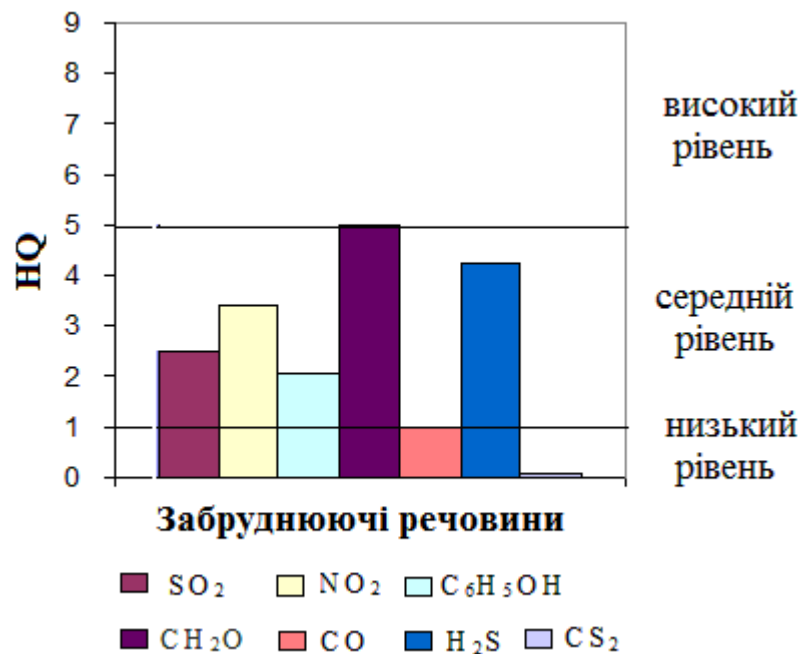
1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Індекси небезпеки на системи та органи на досліджуваних вулицях Вознесенівського району при хронічному впливі у 2019 році



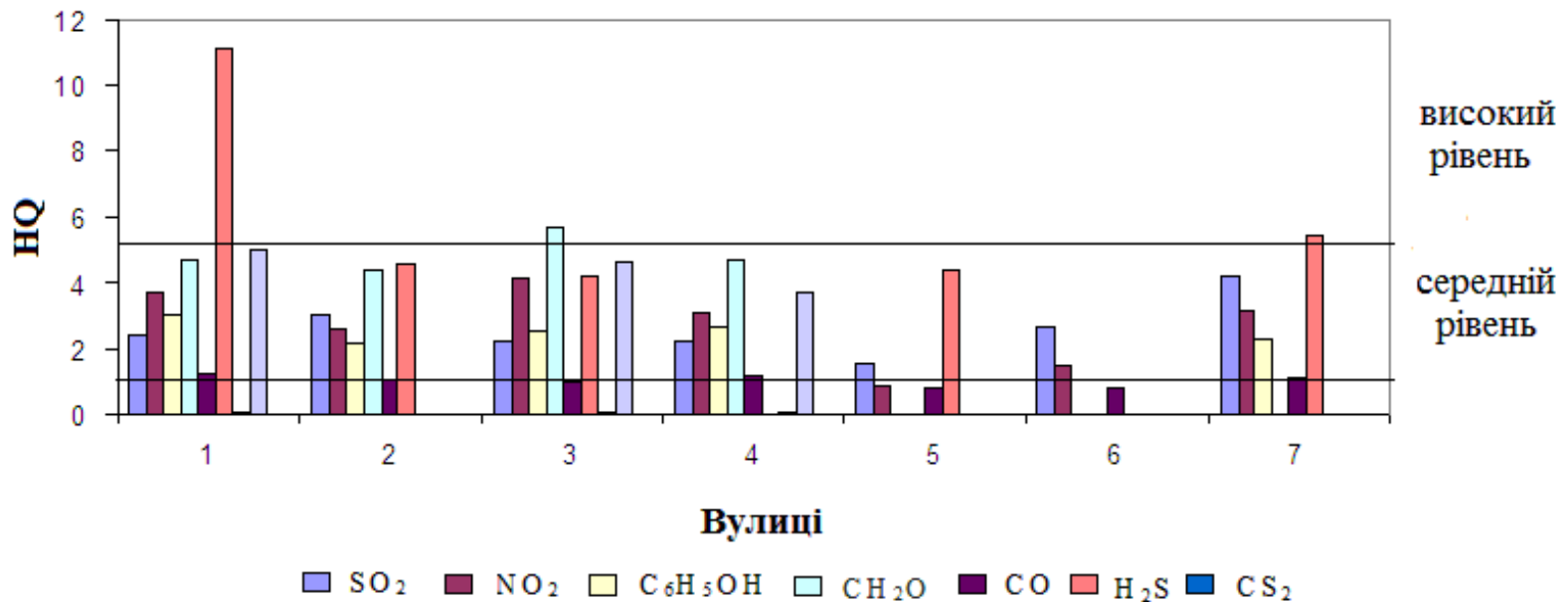
1 – Антенна; 2 – Рекордна; 3 – Яценка, 4 – Гагаріна; 5 – Незалежної України; 6 – бул. Центральний; 7 – Волгоградська; 8 – Адмірала Нахімова; 9 – Матросова; 10 – Сєдова; 11 – Я. Новицького; 12 – пр. Соборний; 13 – бул. Шевченко; 14 – Лермонтова; 15 – Сталеварів; 16 – Патріотична; 17 – пр. Маяковського; 18 – Єнісейська

Коефіцієнти та індекси небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів забруднюючих речовин у Вознесенівському районі за 2019 р.



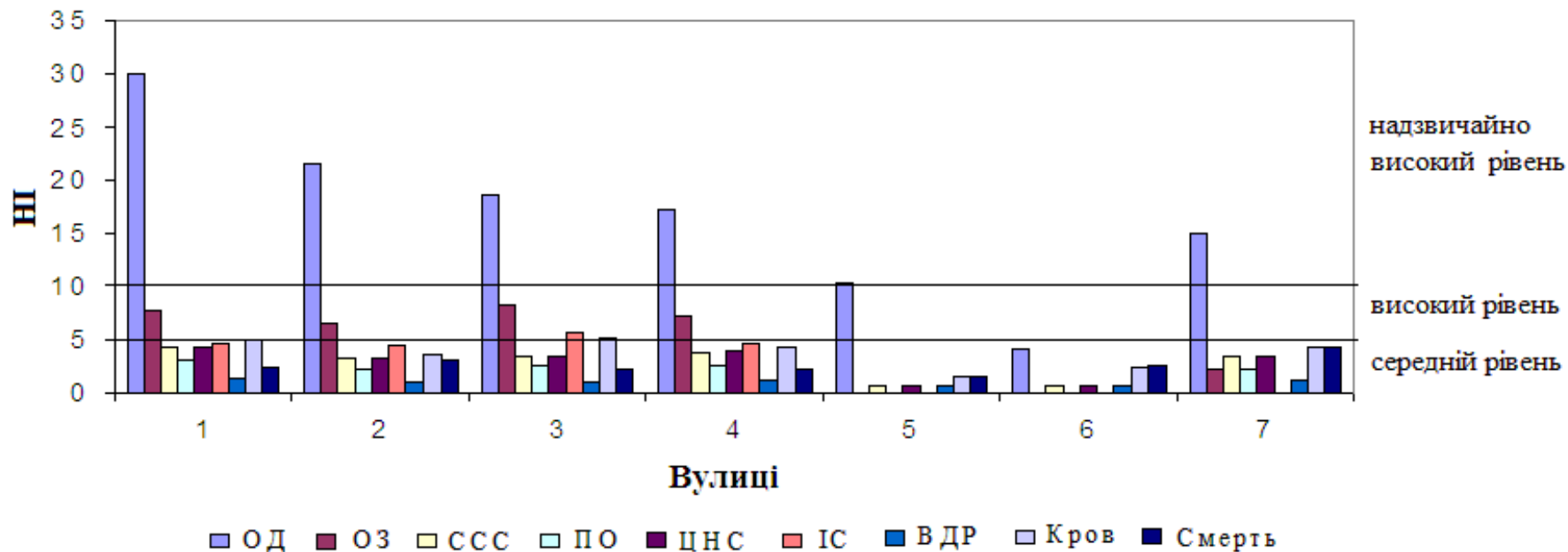
Коефіцієнти небезпеки при оцінці хронічних інгаляційних впливів викидів на досліджуваних вулицях Заводського району за 2019 рік

11



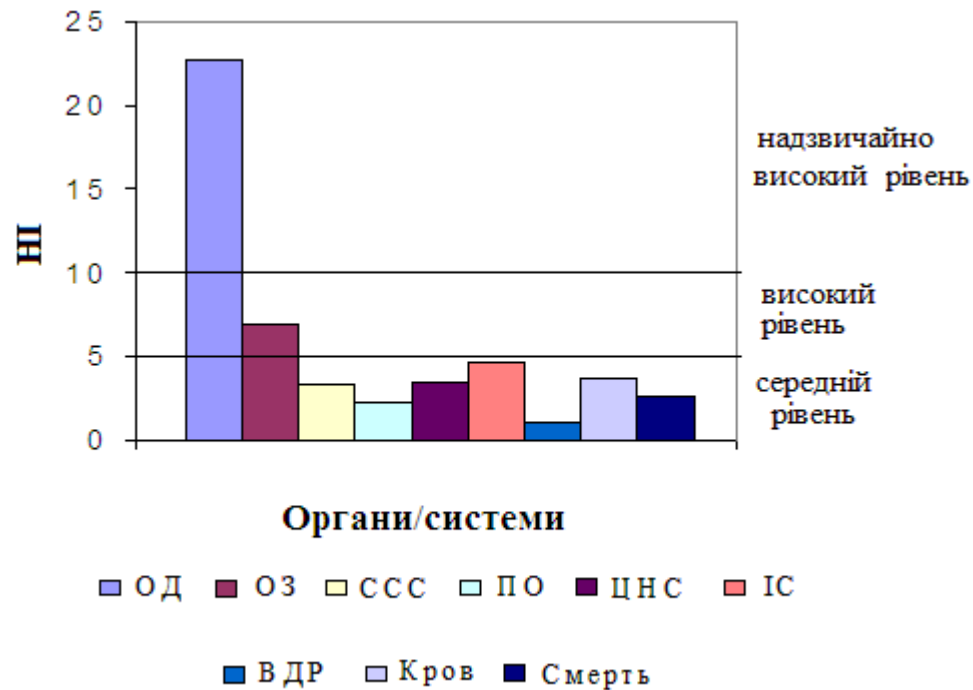
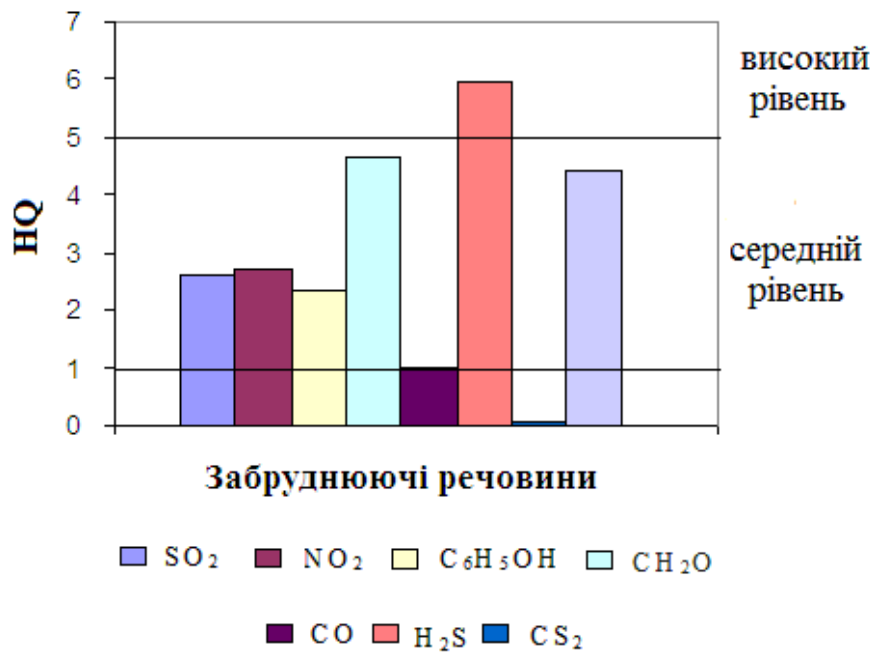
1 – Фінальна; 2 – Фундаментальна; 3 – Морфлотська; 4 – Зразкова; 5 – Билкіна;
6 – Електрична; 7 – Вогнетривка.

Індекси небезпеки на системи та органи на досліджуваних вулицях Заводського району при хронічному впливі у 2019 році

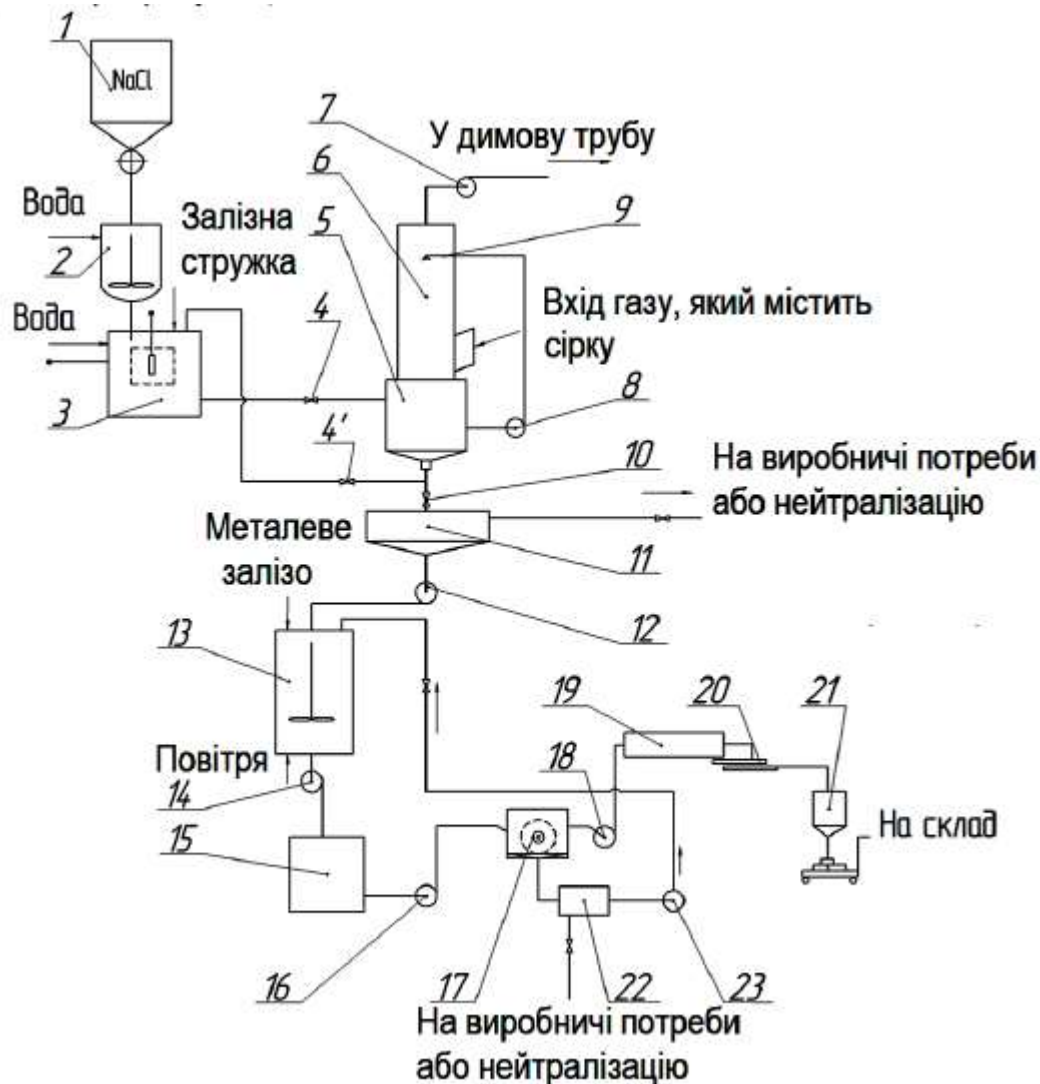


1 – Фінальна; 2 – Фундаментальна; 3 – Морфлотська; 4 – Зразкова; 5 – Билкіна;
6 – Електрична; 7 – Вогнетривка.

Коефіцієнти та індекси небезпеки при оцінці хронічних інгалаційних впливів викидів забруднюючих речовин у Заводському районі за 2019 р.



Принципова апаратурно-технологічна схема знешкодження оксиду сірки (IV) промислових газових викидів розчинами сполук заліза (II, III) з отриманням залізоокисного пігменту (гетиту)

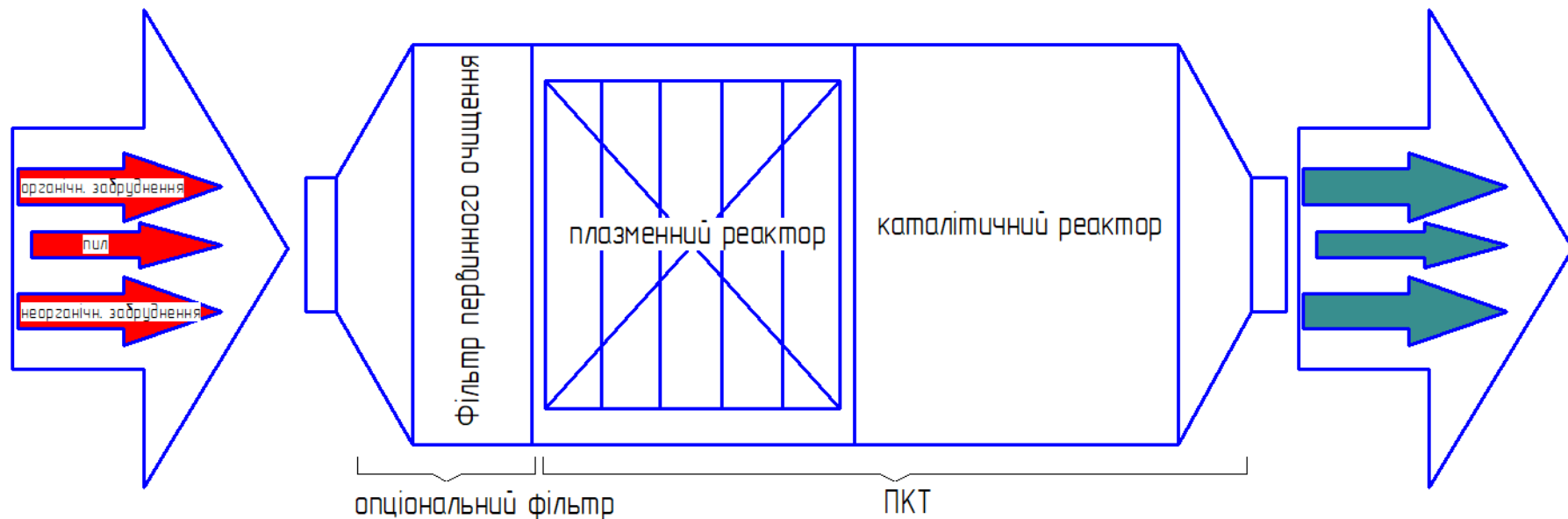


- 1 - бункер з NaCl;
- 2 - бак для розчинення NaCl;
- 3 - електролізер;
- 4 - засувка;
- 5 - циркуляційний бак;
- 6 - порожнистий форсунковий скруббер;
- 7 - димосос;
- 8 - відцентровий насос;
- 9 - форсунка;
- 10 - засувка;
- 11 - відстійник;
- 12 - насос;
- 13 - реактор;
- 14 - насос;
- 15 - збірник суспензії;
- 16 - насос;
- 17 - барабаний вакуум-фільтр;
- 18 - шнек;
- 19 - сушарка;
- 20 - шнековий конвеєр;
- 21 - бункер;
- 22 - збірник фільтрату;
- 23 - насос.

Витрата поглинача при абсорбції оксиду сірки (IV) різними методами десульфурації

Назва методу	Реагент	Од. вим.	Ціна за од., грн.	Витрата реагенту на 1т уловленого оксиду сірки (IV), т/т	Затрати на 1т уловленого оксиду сірки (IV), грн./т
Вапняний метод	Вапняне молоко (перерахунок на суху речовину)	т	1400	0,6	840
Вапняковий метод	Крейда	т	1200	3,5	4200
Аміачний метод	Аміачна вода, 25%	т	2700	0,56	2800
Мокро-сухий метод очищення	Вапно (активність 80%)	т	5000	1,8	4860
Поглинання розчином сполук заліза (II, III)	Розчин сполук заліза (II, III)	м ³	160	2,09	334,4

Установка плазмокаталітичної технології очищення повітря

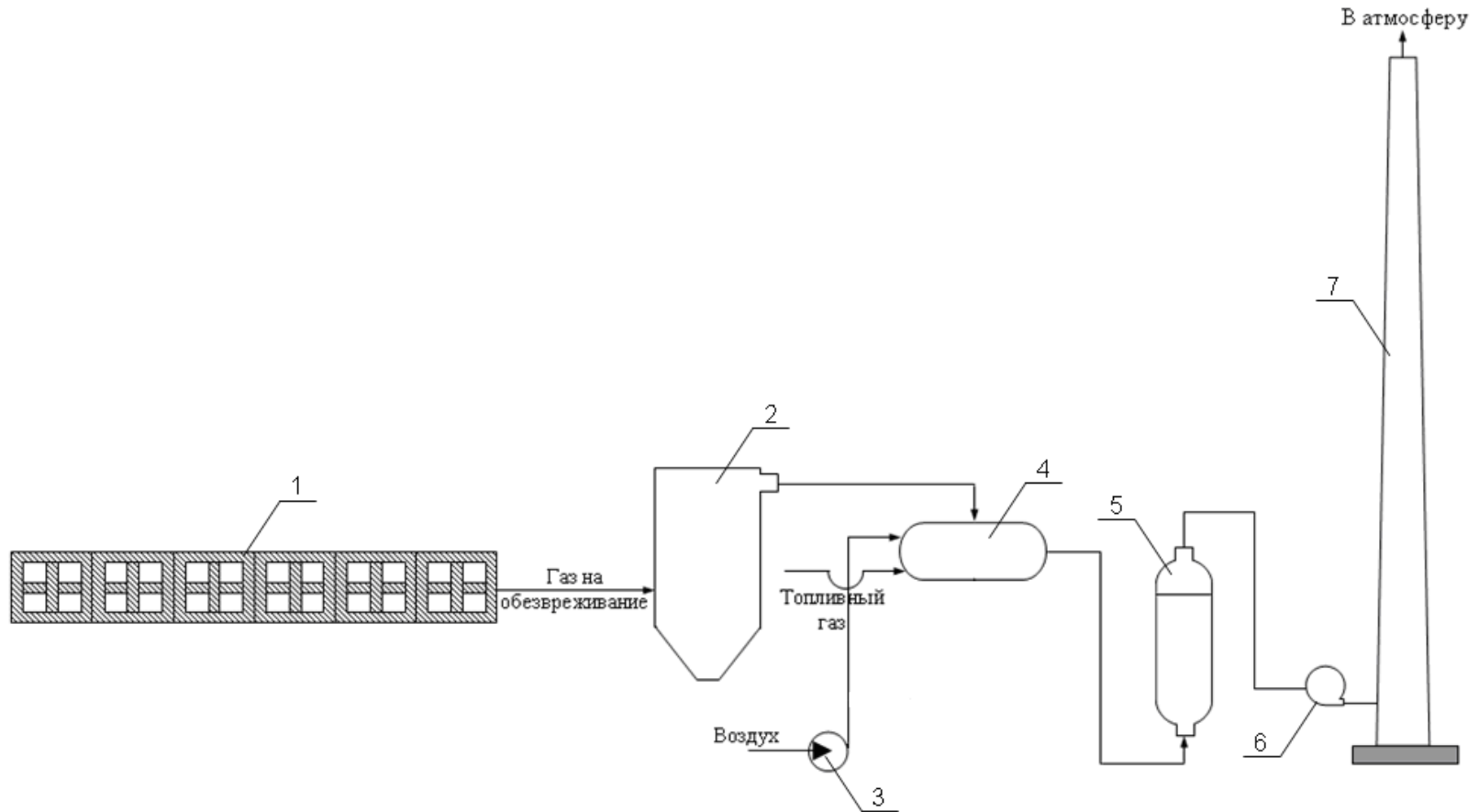


Виробництва, де рекомендовано застосовувати ПКТ: металургійна, лакофарбова, харчова промисловість, лиття металу, водоканали і очисні споруди, утилізація сміття (спалювання), виробництво хімволокна та штучних матеріалів, переробка гуми, поліграфія, парфумерне, тютюнове, фармацевтичне виробництва, тваринництво, птахівництво, зберігання харчової продукції.

Перелік речовин, що нейтралізуються установкою ПКТ ¹⁷

Речовина	% очищення	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Оксиди:			
NO _x , 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 та ін.	до 85 - 96%	0,003-200	2-4
Монокарбонові кислоти:			
Мурашина, оцтова та ін.	до 90 - 92%	1-5	2-3
Спирти			
етанол, бутанол, ізопропіловий спирт та ін.	до 92 - 95%	5-10	3-4
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

Схема установки каталітичного знешкодження відхідних газів від печей випалювання



1 – піч випалювання; 2 – смоляний електрофільтр; 3 – вентилятор; 4 – топка-підігрівач; 5 – реактор; 6 – димотяг; 7 – димова труба

Основні техніко-економічні показники від впровадження каталітичного очищення газів, що відходять від печі випалювання

Показники	Одиниці виміру	Проектний варіант
Концентрація в газі до очищення: - оксиду вуглецю - вуглеводнів	мг/м ³	1750 0,1-75,49
Ступінь очищення від: - оксиду вуглецю - вуглеводнів	%	99,9 95
Концентрація в газі після очищення: - оксиду вуглецю - вуглеводнів	мг/м ³	1,75 0,1-75,49
Капітальні вклади	грн.	18 417 520,57
Експлуатаційні витрати	грн.	8 746 366,552
Витрати на очищення 1000 м ³ газу	грн.	24,96

1. На досліджуваних вулицях Вознесенівського району середні значення коефіцієнтів небезпеки при хронічному інгаляційному впливі в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю та оксиду вуглецю і знаходяться на високому (формальдегід, діоксид азоту) та середньому рівнях.

2. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання на всіх вулицях Вознесенівського району, а також про високий рівень на органи зору у 2019 році.

3. Середні значення коефіцієнтів небезпеки при довічному інгаляційному впливі на досліджуваних вулицях Заводського району в 2019 р. перевищують допустимий рівень для всіх речовин крім сірковуглецю і знаходяться на середньому рівні.

4. Результати розрахунків індексів небезпеки свідчать про надзвичайно високий рівень при хронічному інгаляційному впливі на органи дихання на вулицях Фінальна, Фундаментальна, Морфлотська, Зразкова, Вогнетривка в 2019 році.

5. Запропонована принципова апаратно-технологічна схема очищення газів від сульфурі (IV) оксиду (SO_2) розчинами сполук заліза (II, III) є достатньо простою в апаратурному оформленні. Поглинання оксиду сірки (IV) поглинальним розчином прискорюється при додаванні сполук заліза (II). Осад, що утворюється в поглинальному розчині потребує додаткової обробки – нагріванні до 60° і додавання металевого заліза для збільшення рН в розчині. При цьому утворюється пігмент – гетит товарної якості. Визначена оптимальна тривалість процесу – 50 годин.

6. Метод плазмокatalітичної технології очищення повітря є найбільш ефективною і економічною технологією газоочистки для більшості типів підприємств, там де рівень забруднення повітря газоподібними речовинами не перевищує 3000 мг/м^3 . Ступінь очищення складає до 85 - 99%.

7. Для знешкодження газів, що відходять від печей випалювання пропонується двохступінчаста схема очищення, де на першому ступені гази з борова направляються в електрофільтр типу С і піддаються очищенню від смолистих речовин, а на другому ступені – від оксиду вуглецю в кatalітичному реакторі. В якості кatalізатора рекомендується використовувати інтерметалідний кatalізатор складу: 30% Ni + 10% Co + 10% Mn + 5% Cu + 45% Al, який не містить благородні метали. Ступінь очищення газів від оксиду вуглецю складає 99,9%, вуглеводнів - 95 %.