

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

на тему: Оцінка забруднення повітряного басейну міста Херсон важкими металами

Виконав студент 4 року навчання гр. Е-41  
Напряму підготовки - 6.040106 «Екологія,  
охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»  
Оліферчук Богдан Олександрович

Керівник к. геогр. н., доц.  
Полетаєва Лариса Миколаївна

Рецензент к. геогр. н., доц.  
Волошина Олена Вікторівна

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти бакалавр

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

« 18 » квітня 2019 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА БАКАЛАВСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
Оліферчуку Богдану Олександровичу

1. Тема роботи: «Оцінка забруднення повітряного басейну міста Херсон важкими металами»

керівник роботи: Полетасва Лариса Миколаївна к. геогр. н., доц.

затверджені наказом закладу вищої освіти № 343-С від 7 грудня 2018 року

2. Строк подання студентом роботи « 08 » червня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: «Екологічні паспорти міста Херсон» за 2011 – 2017 років., «Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області за 2016 рік»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): розгляд фізико-географічних особливостей розташування м. Херсон та системи моніторингу забруднення атмосферного повітря; аналіз динаміки та складу викидів забруднювальних речовин від різних джерел забруднення в Херсоні; розрахунок індексів та показників забруднення атмосферного повітря; оцінка рівнів забруднення атмосферного повітря по місту за досліджуваний період; визначення внеску забруднювальних речовин та їх груп сумарно в загальний рівень забруднення повітряного басейну м. Херсон

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Таблиця викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від різних джерел забруднення в м. Херсон за 2011 – 2017 рр. Середньорічні ІЗА міста Херсон, що розраховані для 2011 – 2017 років. Графіки зміни ІЗА забруднювальних речовин в місті Херсон Таблиця викидів окремих забруднювальних речовин в Херсоні за період 2011 – 2017 рр.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання «18» квітня 2019 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Розгляд фізико-географічних особливостей розташування м. Херсон</i>	<i>18.04.2019</i>	75	4(добре)
		<i>22.04.2019</i>		
2	<i>Вивчення системи моніторингу забруднення атмосферного повітря</i>	<i>23.04.2019</i>	75	4(добре)
		<i>03.05.2019</i>		
3	<i>Визначення методики розрахунку індексів забруднення атмосфери</i>	<i>04.05.2019</i>	75	4(добре)
		<i>12.05.2019</i>		
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	<b><i>13.05.2019 – 19.05.2019</i></b>	<b>75</b>	<b>4(добре)</b>
4	<i>Визначення динаміки рівнів забруднення атмосферного повітря міста Херсон</i>	<i>20.05.2019</i>	90	5(відмінно)
		<i>23.05.2019</i>		
5	<i>Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря важкими металами в місті Херсон</i>	<i>24.05.2019</i>	90	5(відмінно)
		<i>27.05.2019</i>		
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення електронної версії роботи. Перевірка на наявність плагіату. Складання протоколу та авторського договору.</i>	<i>28.05.2019</i>	80	4(добре)
		<i>02.06.2019</i>		
7	<i>Підготовка паперової версії роботи і презентаційного матеріалу до процедури передзахисту. Внесення коректив. Рецензування роботи. Підготовка до публічного захисту.</i>	<i>03.06.2019</i>	75	4(добре)
		<i>08.06.2019</i>		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>79,3</b>	

Студент \_\_\_\_\_ Оліферчук Б. О.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Поледаєва Л. М.

## АНОТАЦІЯ

### **Оцінка забруднення повітряного басейну міста Херсон важкими металами. Б.О. Оліферчук**

*Актуальність теми дослідження:* оцінка стану забруднення повітряного басейну великого промислового міста - важлива задача, оскільки здоров'я жителів та навколишнє середовище знаходяться під постійним впливом високих значень концентрацій важких металів.

*Мета і задачі дослідження:* метою бакалаврської роботи є оцінка динаміки та сучасного стану забруднення атмосфери важкими металами у місті Херсоні на протязі 7 років шляхом розрахунку індексів забруднення атмосфери ВМ. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні *задачі:* проаналізувати рівень забруднення важкими металами атмосферного повітря м. Херсон за комплексним і одиничними індексами забруднення атмосфери в 2011 – 2017 рр. Провести оцінку рівня забруднення атмосферного повітря важкими металами міста Херсон.

*Об'єктом дослідження:* є забруднення атмосфери важкими металами у місті Херсон.

*Матеріали і методи дослідження:* оцінка якості атмосферного повітря за індексом забруднення атмосфери. При виконанні бакалаврської кваліфікаційної роботи були використані Екологічні паспорти міста Херсона» за 2011 – 2017 р.р. та регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Херсонській області за 2016 р.

*Результати дослідження:* у 2011-2017 рр. у місті Херсоні концентрація важких металів не перевищувала ГДК. На протязі усього періоду за 2011 – 2017 роки у місті Херсоні рівень забруднення атмосфери по п'яти пріоритетним важким металам класифікований як низький. Ситуація, що склалась у 2011-2017 рр. у місті Херсоні свідчить про тенденцію до зменшення концентрацій важких металів у повітряному басейні. На фоні високого забруднення атмосферного повітря м. Херсона основними

пріоритетними речовинами, ВМ вносять свій вклад до загального забруднення повітря і ускладнюють стан здоров'я місцевого населення.

*Структура та обсяг роботи:* робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань ( 17 найменувань). Робота містить 20 рисунків. Загальний обсяг роботи - 51 сторінка.

***Ключові слова:*** важкі метали, індекс забруднення атмосфери, гранично допустима концентрація.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП .....	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІСТА ХЕРСОН .....	9
1.1 Географічне положення .....	9
1.2 Геологічна будова.....	10
1.3 Рельєф .....	11
1.4 Клімат.....	12
1.5 Ґрунти.....	15
1.6 Гідрографія.....	17
2 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ХЕРСОНІ.....	19
2.1 Система моніторингу забруднення атмосферного повітря у місті .....	19
2.2 Основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря.....	22
3 ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ.....	26
3.1 Вплив важких металів на людський організм .....	26
3.2 Вплив важких металів на рослини .....	28
4 ДИНАМІКА РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ХЕРСОН .....	32
4.1 Оцінка якості атмосферного повітря .....	32
4.2 Динаміка та тенденція рівнів забруднення атмосферного повітря важкими металами по місту Херсон .....	36
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50
ДОДАТКИ.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ  
І ТЕРМІНІВ

ВМ – важкі метали

ГДК – гранично допустима концентрація

ІЗА – індекс забруднення атмосфери

## ВСТУП

Під забрудненням навколишнього середовища розуміють небажані зміни фізичних, фізико-хімічних та біологічних характеристик повітря, ґрунтів, вод, які можуть несприятливо впливати на життя людини, необхідних йому рослин, тварин і культурне надбання, виснажувати або псувати його сировинні ресурси. Унаслідок господарської діяльності людини у природному середовищі нагромаджуються не властиві йому речовини. Вивчення забруднення природного середовища токсикантами – важливий напрямок досліджень, оскільки забруднювальні речовини негативно впливають не лише на компоненти біосфери, а й на здоров'я людей. Зростання антропогенного впливу на екосистеми призвело до забруднення навколишнього середовища токсичними сполуками, в тому числі важкими металами, що поставило перед людством ряд важливих проблем щодо запобігання розповсюдженню, накопиченню та контролю за вмістом важких металів у ґрунтах, воді та в атмосферному повітрі.

Одним з найсильніших по дії й найпоширенішим хімічним забрудненням є забруднення важкими металами. Ця група елементів бере активну участь у біологічних процесах, входячи до складу багатьох ферментів. Група "важких металів" багато в чому збігається з поняттям "мікроелементи". Звідси свинець, цинк, кадмій, ртуть, молібден, хром, марганець, нікель, олово, кобальт, титан, мідь, ванадій та ін. є важкими металами. Джерела потрапляння важких металів у навколишнє середовища дуже різноманітні. Основними є металургія, теплоелектростанції, хімічна і машинобудівна промисловість та сільське господарство. Також джерелами є такі природні фактори як вулканізація, пил та лісові пожежі. За ступенем негативного впливу на навколишнє середовище і за ресурсоемністю гальванічне виробництво стоїть на одному з перших місць в промислових центрах України. Гальванічне виробництво є одним з найбільших споживачів



кольорових металів, що використовуються для процесів нікелювання, хромування, міднення, цинкування.

Метою бакалаврської роботи є оцінка динаміки та сучасного стану забруднення атмосфери важкими металами у Херсоні на протязі 7 років шляхом розрахунку індексів забруднення атмосфери ВМ.

Предметом дослідження є оцінка забруднення повітряного басейну м. Херсон важкими металами

Об'єкт дослідження є забруднення атмосфери важкими металами у місті Херсон.

В якості вихідних даних дослідження використовувались матеріали «Екологічних паспортів міста Херсон» [1-7] за 2011 – 2017 рр.

# 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІСТА ХЕРСОН

## 1.1 Географічне положення

Особливості природних умов території міста Херсона визначаються його географічним положенням на півдні України в межах степової зони Східноєвропейської рівнини. Місто розташоване в 70 км північніше узбережжя Чорного моря. З заходу на схід воно простягається на 14,8 км, з півночі на південь – на 9 км. Площа міста – 97,5 км<sup>2</sup> [8]. Розташоване місто на перетині 520 37' східної довготи та 460 38' північної широти. За фізико-географічним районуванням територія міста розташована в одній з трьох фізико-географічних країн України – Східноєвропейській рівнині, а саме на її південному заході. Територія міста належить до двох фізико-географічних районів: Нижньоінгулецько-Дніпровського та Нижньодніпровського заплавного, які в свою чергу належать до різних областей: перший – до Бузько-Дніпровської області, другий – до Степової області Дніпровської терасово-дельтової рівнини. Обидві області належать до Причорноморської південностепової провінції, яка є складовою Степової зони, а остання відповідно – Помірного поясу [9]. Розміщення на межі флористичних областей вказує на значну просторову диференціацію географічної та відповідно рослинної оболонки, незважаючи на невелику площу міста. Географічне положення міста визначає структуру та розвиток як природної, так і соціальної сфери, які в свою чергу визначають особливості його флори та рослинності.

## 1.2 Геологічна будова

Територія, на якій розташовано м. Херсон, відрізняється досить простою геологічною будовою. Геологічна будова півдня України добре вивчена. Причорноморська западина розміщена на півдні Російської кристалічної платформи, в основі якої залягають докембрійські породи Українського щита. Поверхня кристалічного фундаменту похила з півночі на південь, загальне падіння поверхні складає 20-40 м на 1 км, перепад абсолютних глибин занурення значний – від 100 до 1000 м. У цьому ж напрямку відбувається збільшення потужності відкладів, що залягають на кристалічному фундаменті, та відзначається ясно виражений нахил сучасної поверхні. У напрямку м. Миколаєва виявлено поперечний виступ кристалічного фундаменту, що ділить Причорноморську низовину на західну та східну частини, які відрізняються за геологічною будовою та рельєфом [9]. Східна частина характеризується більш потужними мезо-кайнозойськими відкладами. При цьому безпосередньо на кристалічному фундаменті залягають крейдянні відклади. У будові поверхні Бузько-Дніпровської області в цілому беруть участь відклади неогену та антропогену. Із неогенових відкладів вище місцевого базису ерозії залягають утворення сарматського, меотичного і понтичного ярусів. Сарматський ярус в придніпровській частині області представлено вапняками та глинами, західніше р. Інгулець – глинами з прошарками вапняку та мергелю. Меотичний ярус утворено вапняками та мергелями в межиріччі Дніпро-Інгулець, на захід від Інгульця вапняки заміщуються мергелями, глинами і навіть пісками. Понтичний ярус у північно-східній частині складено оолітовими вапняками (нижній горизонт) і жовто-бурими та червоно-бурими і черепашковими каверкозними вапняками; у південно-західній частині понтичний ярус характеризується складним перешаруванням вапняків і глин. Неоднорідність літологічного складу відкладів неогену зумовлює різноманітність будови схилів долин і балок. Оголення вапняків часто утворюють карнизи і демутаційні тераси [10].

Понтичні вапняки перекрито червоно-бурими глинами, на яких залягають антропогенові відклади, що представлені лесами з 2-3 горизонтами викопних ґрунтів. Потужність цих відкладів – 20-30 м [9]. У будові долин річок беруть участь піщані алювіальні відклади і піщані лесовидні суглинки. На схилах долин і балок розповсюджені делювіальні лесовидні суглинки зі значним вмістом вапнякових порід неогену.

### 1.3 Рельєф

Рельєф Бузько-Дніпровської області в цілому рівнинний, характеризується незначною розчленованістю та широким водороздільним плато. Середня густина долинно-балкової сітки – 0,3-0,5 км/км<sup>2</sup>. Коливання відносних висот у північній частині складає 50-75 м, у південній – 20-30 м. Місто Херсон витягнулося вздовж правого високого берега Дніпра і частково заходить в долину річки – острови Карантинний та Малий Потьомкінський

Рельєф в цілому рівнинний, однак рівні ділянки поверхні чередуються з кількома балками, що пронизують місто з півночі на південь, відкриваючись в долину Дніпра. З півночі та північного заходу місто огинає балка р. Вірьовчиної. У нижній частині ширина балки досягає 4 км, глибина врізу – 10-30 м. Схили її складені делювіальними лесовидними суглинками, із вкрапленням дифузних оголень неогенових вапняків. Таким чином Херсон розміщується в еродованій смузі межиріччя, при впадінні Вірьовчиної у Дніпро. Відносна висота коренних схилів долин річок – 20- 40 м. Крутизна схилів балок, що відкриваються в долину, коливається від 1-5° до 15-50°. Берегові яри короткі, але глибокі, в північно-західній частині врізуються в корінні вапнякові породи неогену. Процеси площинного змиву на крутосхилах балок і долин розвиваються досить інтенсивно, ґрунтовий покрив малопотужний, у прирічковій смузі дуже часто червоно-бурі глини і вапняки безпосередньо виходять на денну поверхню, зумовлюючи щебноватість ґрунту [11].

## 1.4 Клімат

Згідно з кліматичним районуванням Херсон перебуває в Помірноконтинентальній Європейській області Помірного кліматичного поясу. Особливості кліматичних умов території дослідження схарактеризовано в низці праць. Основну роль у формуванні клімату відіграють термічні умови. Середньорічна температура повітря – 9,8о С (табл. 1.1). Середньомісячна липнева температура повітря – 22,8о С. Абсолютний максимум – 39о С. Середня температура січня місяця – -3,3о С. Абсолютний мінімум – -30о С. Середньорічна амплітуда температури повітря – 26-28о С. Середня тривалість безморозного періоду – 180 днів. Тривалість періодів із середньодобовою температурою повітря вище 0о С становить 275 днів, вище 5о С – 230 днів, вище 10о С – 185 днів, вище 15оС – 140 днів. Близько 100 літніх днів мають середньодобову температуру вище 20о С. Сума активних температур складає 3350о С на рік [12].

Таблиця 1.1 - Середня місячна і річна температура повітря в місті Херсоні [12]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річ.
-3,2	-2,6	2,2	9,3	16,2	20,0	23,0	21,9	16,8	10,5	4,1	-0,8	9,8

Температурний режим значною мірою визначається тривалістю сонячного сяйва. Територія дослідження характеризується великою тривалістю сонячного сяйва. Річна сума годин сонячного сяйва становить 2286 (табл. 1.2), це всього на 90-100 годин менше ніж на південному березі Криму. У літні місяці тривалість сонячного сяйва складає 70-80 % від тривалості дня. Сумарна сонячна радіація в межах області складає 4700- 4900 мДж/м<sup>2</sup> [12].

Таблиця 1.2 - Тривалість сонячного сяйва (в годинах), м. Херсон [12]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річ.
63	83	145	199	278	300	350	321	244	173	76	54	2286

Важливим екологічним фактором для Херсона є режим вологості, оскільки в середньому Херсонська метеорологічна станція фіксує лише 343 мм опадів на рік. Вміст водяної пари в повітрі характеризується величинами абсолютної вологості, відносної вологості та дефіциту вологості. Розподіл режиму вологості за місяцями приведено в табл. 1.3 та табл. 1.4. Абсолютна вологість повітря досягає мінімуму в січні-лютому (4,8-4,9 мб), а максимального – в липні (16,0 мб). Останнє пов'язано з великою залежністю цього показника від температури. Відносна вологість 15 повітря є показником насичення повітря водяною парою. Річний та добовий хід її протилежний ходу температури повітря та абсолютної вологості. Нижнє Придніпров'я посідає друге місце після південного сходу України за найнижчою літньою вологістю повітря, яка складає 44 %. У середньому 48 днів на рік є посушливими (вологість менше 30 %) [12].

Таблиця 1.3 - Багаторічні середні місячні і річні значення абсолютної вологості повітря (мб), відносної вологості (%), дефіциту вологості (мб); м. Херсон [12]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річ.
Абс. вол.	4,8	4,9	5,7	7,9	11,4	14,7	16,0	13,2	12,2	9,2	7,8	5,6	9,6
Від. вол.	83	27	65	48	46	44	41	40	44	58	76	78	58
Деф. вол.	0,6	0,8	1,7	4,8	8,0	10,7	13,5	12,6	7,7	3,5	1,3	0,8	5,5

Таблиця 1.4 - Середня кількість днів з відносною вологістю 80 % та більше і 30 % та менше о 13 годині, м. Херсон [12]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річ.
80%	19,3	12,8	7,6	3,3	1,5	1,5	0,8	0,6	1,4	4,4	13,9	19,0	86,1
30%	0	0,04	1,3	7,2	7,4	7,4	8,2	8,6	5,4	2,3	0,1	0	47,9

Херсонщина належить до територій з континентальним типом річного ходу опадів, за якого сума опадів теплого періоду переважає суму опадів холодного періоду. За середньорічної кількості опадів 343 мм (табл. 1.5) і випаровуваності 1000-1050 мм коефіцієнт зволоження становить 0,3, що характеризує посушливість клімату. Останнє пояснюється високою температурою повітря та ґрунту в теплу пору року і низькою вологістю 16 повітря за значної швидкості вітрів. Середня кількість днів з опадами за вегетаційний період (з квітня по жовтень) – 50-60. З них переважають такі, що дають за добу менш ніж 5 мм. Херсон розташовано на території зі змінними вітрами. У холодну пору року переважають східні та північно-східні вітри (табл. 1.6), влітку – західні та північно-західні; при середній швидкості вітру 4,1 м за секунду (табл. 1.7).

Таблиця 1.5 - Середня кількість опадів (мм), м. Херсон [12]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Річ.
22	16	19	25	38	42	39	34	29	29	37	28	343

Сталий сніговий покрив утворюється не кожної зими і триває недовго (30-40 днів), висотою 5-15 см. У результаті природна зимньо-весняна вологозарядка ґрунту дуже низька [12].

Таблиця 1.6 - Багаторічна середня ймовірність вітру різних напрямків (в % до загальної кількості спостережень), м. Херсон [12]

Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
16	18	16	11	9	12	8	10

Таблиця 1.7 - Місячна і річна швидкість вітру (м/сек), м. Херсон [12]

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

У цілому клімат Херсонщини характеризується теплим тривалим літом, малосніжною зимою, від'ємним коефіцієнтом зволоження, відносно 17 частою повторюваністю засух і суховіїв. Своєрідна та нестабільна кліматична обстановка, доповнена мікрокліматичними змінами, викликаними урбанізацією ландшафту, справляє значний вплив на рослинний покрив міста.

### 1.5 Ґрунти

Ґрунти – важливий компонент будь-якого ландшафту, що значною мірою визначає його рослинний покрив. На території Херсонської області діють дуже специфічні фактори ґрунтоутворення. Значні теплові ресурси – середньорічна температура ґрунту на глибині 20 см 12-16° С (в липні до 28° С), сума активних температур ґрунту (>10° С) досягає на півдні 3600°. Ґрунти якщо і замерзають, то на дуже короткий період – до 40 днів. Біомаса типчаково-ковилових степів складає 6-15 т/га, щорічний опад – 2-8 т/га, що зумовлює значний вміст органічних речовин в ґрунті. Також характерною рисою ґрунтів області є стійкий дефіцит вологи та найбільші в Україні енергетичні витрати на ґрунтоутворення, що досягають 19-22 Ккал/см<sup>2</sup>.



Головною ґрунтоутворювальною породою є лес, а в долині річки – алювіальні відклади [12]. Характеристику ґрунтів досліджуваної території знаходимо в багатьох роботах учених. На території міста зустрічаються такі типи ґрунтів: темнокаштанові, лучні, лучно-болотні, болотні та дерново-піщані ґрунти. Більшу, плакорну частину території міста займають темнокаштанові (залишково слабко- та середньосолонцюваті) ґрунти. За гранулометричним складом у Херсонській області переважають важко-, легко- та середньосуглинкові відміни. Загальна глибина гумусових горизонтів темнокаштанових важкосуглинкових ґрунтів – 45-50 см, 18 забарвлення – темно-сіре з коричневим відтінком. Закипання спостерігається з глибини 50-60 см. Білозірка відзначається на глибині 60- 100 см, з глибини 100-200 см залягає гіпсовий горизонт. У ґрунтах легкого гранулометричного складу збільшується глибина гумусових горизонтів, лінія закипання та горизонт білозірки. Уміст гумусу залежно від гранулометричного складу коливається в межах від 0,5 % до 2,5 %. Реакція ґрунтового розчину у верхніх горизонтах близька до нейтральної (рН = 7,0), але вниз по профілю зростає до лужної (рН = 7,5-8,0). Темнокаштанові ґрунти характеризуються малоприятливими для сільськогосподарських рослин водно-фізичними властивостями [13]. Лучні, лучно-болотні та болотні ґрунти зустрічаються лише в заплаві Дніпра та Віршовчиної. Сформувались вони в умовах близького залягання ґрунтових вод. Ці ґрунти слабо диференційовані на горизонти і добре гумусовані на значну глибину (лучні на 80-100 см, лучно-болотні – 60 см, болотні 70 см). В лучних, лучно-болотних та болотних ґрунтах великий вміст гумусу – 3,5-6,0 % (в супіщаних відмінах – 1,5 %). Реакція ґрунтового розчину лучних ґрунтів – нейтральна (рН = 6,8), лучноболотних (рН = 5,9) та болотних (рН = 4,8-6,0) – слабкокисло. На ділянках з близьким заляганням сильномінералізованих вод зустрічаються солонцюваті відміни лучних та лучно-болотних ґрунтів, які характеризуються лужною реакцією ґрунтового розчину, меншою кількістю гумусу (до 3,0 %) [13]. Дерново-піщані ґрунти зустрічаються на піщаних

гривах підвищених ділянок островів у заплаві Дніпра, а також формуються на піщаних насипах антропогенного походження. Утворились вони на перероблених вітром сучасних алювіальних відкладах і успадкували від материнської породи піщаний або глинисто-піщаний гранулометричний склад і наявність дрібнозернистих прошарків у профілі. Дерново-піщані малорозвинені ґрунти мають незначний гумусовий шар (7-20 см), бурого 19 кольору, вміст гумусу – 0,1-0,5 %. Розвинені відміни мають потужніший гумусовий горизонт (40-60 см) і містять 0,5-0,8 % гумусу. Обидві відміни характеризуються повною відсутністю структури, вкрай нестійким водним режимом та майже повною відсутністю поживних речовин [13]. Як видно з наведених характеристик поширених на території міста Херсона ґрунтів, вони сильно відрізняються за своїми властивостями, що значною мірою визначає характер диференціації рослинності.

## 1.6 Гідрографія

За гідрологічним районуванням Херсон розміщується в зоні недостатньої водності рівнинної частини України. У межах зони місто перебуває в найбільш сухій, Причорноморській області надзвичайно низької вологості. Гідрологічні умови міста представлено виключно водами суходолу, а саме поверхневими водами (річки, озера, штучні водойми та підземними водами). Через територію міста протікає 2 річки – Дніпро та Вирьовчина. Річку Дніпро в місті представлено дельтовою частиною, що починається від відгалуженні рукава Кошова (створ Херсон). Ширина Дніпра в цьому місці – 600 м. На території міста протікають два рукави – Дніпро та Кошова. Остання відокремлює о. Карантинний. Окрім нього на території міста розташований Малий Потьомкінський острів. Дві третини дельти зайнято плавнями, одна третина – рукавами й озерами. Річний хід рівня вод типовий для річок зі змішаним типом живлення. Найбільша частина стоку припадає на весняну повінь, найменша відзначається взимку. Літні та осінні

паводки трапляються щороку, але вони настільки малі, що на рівень води майже не впливають. У літній період інколи спостерігається зворотна течія води в річці, що пов'язано з відсутністю попусків до нижнього б'єфу Каховського водосховища. Характерною особливістю паводку в нижній течії Дніпра є його штучна зарегульованість. Води пониззя Дніпра є гідрокарбонатно-кальцієвими. Уміст кисню коливається від 6 до 16 мг/л (75-100 % насичення). Заморних явищ не буває навіть у період льодоставу. Річка Вірьовчина є правою притокою Дніпра, що впадає в нього в межах міста. Вірьовчина належить до малих річок, проте в пониззі її балка досягає 4 км завширшки, а плавні – 800 м. Вірьовчина огинає місто з півночі та північного-заходу. Сьогодні внаслідок нераціонального використання Вірьовчина є зоною екологічного лиха. Річка дуже обміліла, вода в ній забруднена, проте досліджень останнім часом не проводилося, а тому точно вказати масштаби її трансформації не можна. До міської території належить лише одне велике озеро – Стеблівський лиман, що міститься в заплаві Дніпра на острові Карантинний. Протоками озеро сполучене з Кошовою і рукавом Вільховий Дніпро, а також з озерами Лопухи і Мідне. Складається з 2 водойм. Загальна довжина озера – 4 км. Площа – близько 4 км<sup>2</sup>. Прозорість води – 0,5-1 м. Мінералізація води – 200-500 мг/л. Води забруднені промисловими стоками. У заплаві Дніпра значну площу займають заболочені ділянки, які називаються плавнями. Потужність відкладів невелика – до 1 м. Представлені вони мулистоболотними та торфово-болотними фракціями. Зольність значна. Належать вони до поверхневих боліт заплавного типу [12]. Штучних водойм у межах міста небагато. Представлені вони одиночними ставками, фонтанами, каналами та канавами. Останні відзначаються високим ступенем забруднення води, значною мінералізацією, нестійким, регульованим гідрологічним режимом. В умовах стійкого дефіциту вологи гідрологічний режим окремих територій в місті значною мірою визначає характер рослинності на них.

## 2 МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ХЕРСОНІ

### 2.1 Система моніторингу забруднення атмосферного повітря у місті

Зростання антропогенного впливу на навколишнє середовище вимагає оволодінням різнопланової і детальною інформацією про нього, яка дає змогу не тільки оцінити реальну ситуацію, а й спрогнозувати стан середовища у перспективі, налагодити раціональну систему природоохоронної діяльності, контролю за станом екосистем.

Організація спостережень передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи «атмосфера-гідросфера-літосфера-біосфера».

Для цієї діяльності необхідні:

- відомості про наявність та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);
- гідрометеорологічні дані;
- характеристика забруднюючих речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих домішок;

Комплекс завдань, пов'язаних зі збором цієї інформації, виконує спеціальна служба спостережень, яку формують система спостережень і система контролю.

Система спостережень забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря міста Херсон.

Система контролю здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин в атмосферу. З цією метою

Міністерство екології та природних ресурсів організовує спостереження за джерелами промислових викидів в атмосферу, дотримання норм гранично допустимих викидів, контролює реалізацію заходів з охорони атмосферного повітря, дотримання відповідних вимог при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію нових підприємств.

В атмосферному повітрі визначається наявність як загальнопоширених речовин, так і речовин, присутність яких залежить від виробничої специфіки підприємств. Згідно постанови Кабінету Міністрів України № 343 від 9.03.99 "Про затвердження порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря", обласний гідрометеоцентр являється суб'єктом моніторингу.

Оцінку стану забруднення атмосферного повітря здійснено за даними спостережень, які проводились у 4 містах і селищах області на 4 стаціонарних та 28 маршрутних постах ОблСЕС та Держкомгідромету.

В атмосферному повітрі визначався вміст 10 забруднювальних речовин, які мають найбільше розповсюдження: пил, окис вуглецю, окисли азоту, сірководень, формальдегід, бенз(а)пірен, фенол, сірчистий газ, вуглеводні, а також метали.

Для оцінки ступеня забруднення повітря було застосовано наступні нормативи: ГДК середньодобові та ГДК максимальні разові. У порівняльному аналізі забруднення атмосфери використовувались середньомісячні і середньорічні концентрації шкідливих домішок та розраховані індекси забруднення атмосфери (ІЗА). При визначенні найбільш забруднених місць враховувалась здатність деяких шкідливих речовин до дії сумарній при спільній присутності в атмосферному повітрі.

Спостереження за станом забруднення атмосферного повітря в місті Херсоні і області за останні 10 років свідчать, що порівняно з кінцем 80-х, початком 90-х років відбулось значне зменшення рівня забруднення повітря, яке пов'язане, насамперед, з різким скороченням обсягів промислового виробництва.

Пожвавлення економічної ситуації та зростаючий з року в рік внесок пересувних джерел у забруднення повітря, сприяли підвищенню з 1999 року вмісту шкідливих поллютантів.

Основний обсяг припадає на речовини, які мають найбільше розповсюдження: пил, діоксид сірки, окис вуглецю, діоксид азоту. Ситуація, що склалась за останні роки у місті Херсоні, свідчить про тенденцію до зниження концентрацій більшості шкідливих домішок за виключенням оксидів азоту і цинку.

Оцінку стану забруднення атмосферного повітря здійснено за даними спостережень Херсонським центром з гідрометеорології, який має 5 постів спостереження у місті Херсон(рис 2.1). Вимірювались концентрації важких металів.

Адреси постів:

№ 1 – вул. Залаегерсег;

№ 2 – пр. Ушакова (залізничний вокзал);

№ 3 Вул. Лавреньова (насосна станція);

№ 4 Площа Перемоги;

№ 5 Вул. Перекопський ,17 .

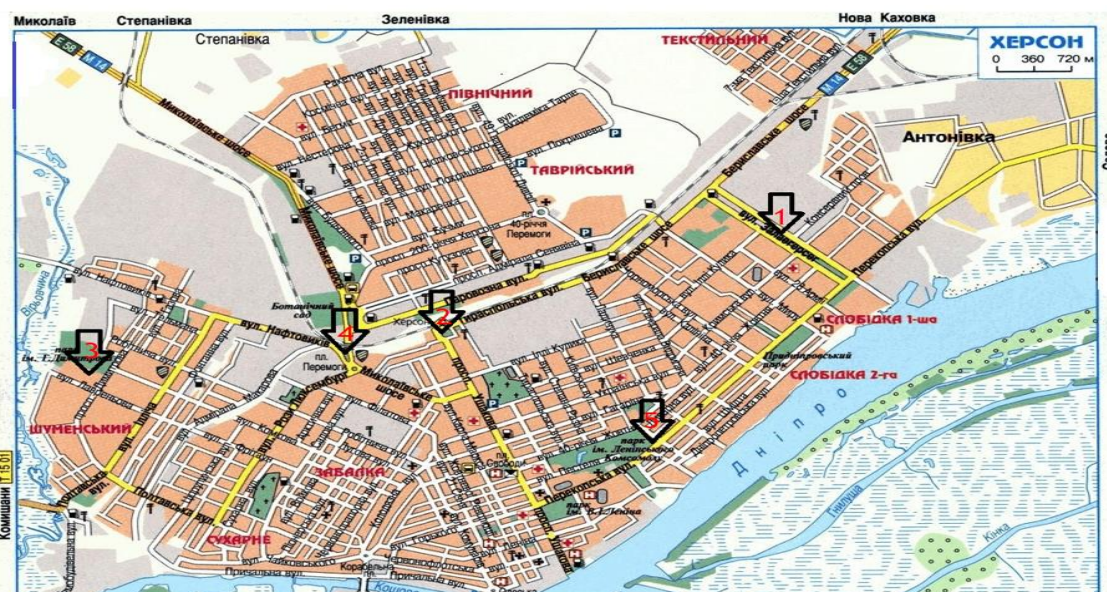


Рисунок 2.1 – місце розташування постів спостереження у м. Херсон.

Пост спостереження може надавати інформацію про загальний стан повітряного басейну і контролювати джерела викидів. При їх розміщенні пріоритетними є житлові райони з найбільшою щільністю населення, де можливе перевищення встановлених значень гігієнічних показників (ГДК).

Робота постів спостережень повинна відповідати таким умовам:

- обов'язковість відображення загального стану повітряного басейну і контроль за джерелами викиду;
- необхідність здійснення спостережень за всіма домішками, концентрації яких перевищують ГДК;
- обов'язковість визначення пилу, діоксину сірки, оксиду вуглецю та оксидів азоту.

Сучасний стан системи спостережень та контролю за станом атмосферного повітря в місті дає змогу отримати необхідну інформацію про якісний склад повітря і зонах впливу джерел викидів, про транскордонні перенесення забруднюючих речовин, виявити території, для яких характерні перевищення ГДК забруднюючих речовин.

## 2.2 Основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря

Видобуток і переробка не є найпотужнішим джерелом забруднення середовища металами. Валові викиди від цих підприємств значно менше викидів від підприємств теплоенергетики. Чи не металургійне виробництво, а саме процес спалювання вугілля є головним джерелом надходження в біосферу багатьох металів. У вугіллі та нафті присутні всі метали. Значно більше, ніж у ґрунті, токсичних хімічних елементів, включаючи важкі метали, в попелі електростанцій, промислових і побутових топок. Викиди в атмосферу при спалюванні палива мають особливе значення. Наприклад, кількість ртуті, кадмію, кобальту, миш'яку в

них у 3-8 разів перевищує кількість видобутих металів. Відомі дані про те, що тільки один котлоагрегат сучасної ТЕЦ, що працює на вугіллі, за рік викидає в атмосферу в середньому 1-1,5 т парів ртуті. Важкі метали містяться і в мінеральних добривах.

Поряд зі спалюванням мінерального палива найважливішим шляхом техногенного розсіювання металів є їх викид в атмосферу при високотемпературних технологічних процесах (металургія, випал цементної сировини тощо), а також транспортування, збагачення і сортування руди. Техногенне надходження важких металів у навколишнє середовище відбувається у вигляді газів і аерозолів.

У викидах металургійних виробництв важкі метали знаходяться, в основному, в нерозчинній формі. У міру віддалення від джерела забруднення найбільш великі частки осідають, частка розчинних сполук металів збільшується, і встановлюються співвідношення між розчинної і нерозчинними формами. Аерозольні забруднення, що надходять в атмосферу, видаляються з неї шляхом природних процесів самоочищення. Важливу роль при цьому відіграють атмосферні опади.

Дальність розповсюдження та рівні забруднення атмосфери залежать від потужності джерела, умов викидів і метеорологічної обстановки. Однак в умовах промислово-міських агломерацій і міської забудови параметри поширення металів у повітрі ще погано прогнозуються. З віддаленням від джерел забруднення зменшення концентрацій аерозолів металів в атмосферному повітрі частіше відбувається по експоненті, внаслідок чого зона їх інтенсивного впливу, в якій має місце перевищення ГДК, порівняно невелика.

В умовах урбанізованих зон сумарний ефект від реєстрованого забруднення повітря є результатом складання безлічі полів розсіювання і обумовлений видаленням від джерел викидів, містобудівною структурою і наявністю необхідних санітарно-захисних зон навколо підприємств. Природний вміст важких металів у незабрудненій атмосфері становить тисячні і десятитисячні



частки мікрограма на кубічний метр і нижче. Такі рівні в сучасних умовах на скільки-небудь обжитих територіях практично не спостерігається[14].

Місто Херсон є розвинутим містом із багатьма видами підприємств і великою кількістю автотранспорту з яких і потрапляють важкі метали у повітряний басейн. Основними джерелами забруднення атмосфери ВМ у м. Херсон є наступні об'єкти (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря

№ п/п	Назва об'єкту	Частка викидів забруднюючої речовини		
		усього викидів, т/рік	до загального обсягу викидів об'єкту, %	до загального обсягу викидів (населеного пункту) , %
1.	Дільниця м. Херсон Херсонського міжрайонного управління ПАТ «Херсонгаз»	0,006	0,0007	0,00006
2.	ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»/ Херсонське лінійне виробниче управління магістральних газопроводів Філії «Управління магістральних газопроводів «ХАРКІВТРАНСГАЗ»	0,003	0,0005	0,00003

3.	Товариство з обмеженою відповідальністю «АТ Каргілл»	0,002	0,001	0,00002
4.	ПАТ «Таврійська будівельна компанія»	0,029	0,02	0,0003
5.	Херсонське акціонерне товариство «Херсонський нафтопереробний завод»	0,187	0,031	0,00195
6.	Автотранспорт	0,003	0,0005	0,00003

### 3 ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ

Важкі метали (ВМ), що надходять в атмосферне повітря, можуть переноситися на значні відстані, накопичуватися у компонентах навколишнього середовища та потрапляти в харчові ланцюги, завдаючи непоправної шкоди наземним і водним екосистемам. Для людського організму ВМ навіть у малих концентраціях є канцерогенними або токсичними та можуть впливати на центральну нервову систему, нирки, печінку, або шкіру, кістки, зуби. Підвищені концентрації важких металів в атмосферному повітрі великих міст – це загроза для здоров'я значної кількості людей, серед яких значний відсоток категорій населення, що найібільш вразливі до забруднення довкілля (діти, люди похилого віку, люди, щوماють хронічні захворювання, тощо). Усвідомлюючи небезпеку від вмісту важких металів в атмосферному повітрі в ЄС нормативними документами введені жорсткі обмеження вмісту 13 ВМ у викидах в атмосферу. В США до переліку 189 небезпечних забруднювачів повітря включено 11 металів, які викликають онкологічні захворювання, або мають інший негативний вплив на здоров'я. В Україні на сьогоднішній день не існує таких жорстких обмежень щодо викидів ВМ в атмосферне повітря і відповідно до повітряного басейну міст можуть надходити будь-які важкі метали незалежно від їх потенційної небезпечності для населення.

#### 3.1 Вплив важких металів на людський організм

ВМ, потрапляючи в наш організм, залишаються там назавжди, вивести їх можна тільки за допомогою білків молока і білих грибів. Досягаючи певної концентрації в організмі, вони починають своє згубний вплив - викликають отруєння, мутації. Крім того, що самі вони отруюють організм

людини, вони ще і чисто механічно засмічують його - іони важких металів осідають на стінках найтонших систем організму і засмічують ниркові канали, канали печінки, таким чином, знижуючи фільтраційну здатність цих органів. Відповідно, це призводить до накопичення токсинів і продуктів життєдіяльності клітин нашого організму, тобто самоотруєння організму, тому що саме печінка відповідає за переробку отруйних речовин, що потрапляють в наш організм, і продуктів життєдіяльності організму, а нирки - за їхнє виведення назовні. Джерела надходження важких металів поділяються на природні (вивітрювання гірських порід та мінералів, ерозійні процеси, вулканічна діяльність) і техногенні (видобуток і переробка корисних копалин, спалювання палива, рух транспорту, діяльність сільського господарства).

Частина техногенних викидів, які надходять у природне середовище у вигляді тонких аерозолів, переноситься на значні відстані і викликає глобальне забруднення.

Інша частина надходить в безстічні водойми, де важкі метали накопичуються і стають джерелом вторинного забруднення, тобто утворення небезпечних забруднень у ході фізико-хімічних процесів, що йдуть безпосередньо в середовищі (наприклад, утворення з нетоксичних речовин отруйного газу фосгену).

ВМ накопичуються в ґрунті, особливо у верхніх гумусових горизонтах, і повільно видаляються при вилуговуванні, споживанні рослинами, ерозії і дефляції - видуванні ґрунтів. Період напіввидалення або видалення половини від початкової концентрації становить тривалий час: для цинку - від 70 до 510 років, для кадмію - від 13 до 110 років, для міді - від 310 до 1500 років і для свинцю - від 740 до 5900 років. У гумусовій частини ґрунту відбувається первинна трансформація потрапили в неї сполук.

Важкі метали володіють високою здатністю до різноманітних хімічних, фізико-хімічних і біологічних реакцій. Багато з них мають змінну валентність і беруть участь в окисно-відновних процесах. Важкі

метали та їх сполуки, як і інші хімічні сполуки, здатні переміщатися і перерозподілятися в середовищах життя, тобто мігрувати. Міграція сполук важких металів відбувається в значній мірі у вигляді органо-мінеральної складової. Частина органічних сполук, з якими зв'язуються метали, представлена продуктами мікробіологічної діяльності. Ртуть характеризується здатністю акумулюватися в ланках «харчового ланцюга». Мікроорганізми ґрунту можуть давати стійкі до ртуті популяції, які перетворюють металеву ртуть в токсичні для вищих організмів речовини. Деякі водорості, гриби і бактерії здатні акумулювати ртуть у клітинах.

Ртуть, свинець, кадмій входять до загального переліку найбільш важливих забруднюючих речовин навколишнього середовища, узгоджений країнами, що входять в ООН [15].

### 3.2 Вплив важких металів на рослини

Потоки техногенних речовин характеризуються широким спектром органічних і неорганічних сполук, більшість з яких є токсичними, мутагенними і канцерогенними для живих організмів. Серед неорганічних сполук чільне місце посідають важкі метали, які є дуже токсичними. Їх надходження в біосферу у великих кількостях може призвести до критичного її забруднення. Важкими металами вважають хімічні елементи з атомною масою понад 40, які виявляють властивості металів і мають густину  $> 5 \text{ г/см}^3$ . До цієї категорії належить 40 елементів. Визначення «важкі метали» умовне, оскільки в цю групу входять мідь, цинк, молібден, кобальт, манган, залізо, які відіграють позитивну біологічну роль і є мікроелементами, життєво необхідними для рослин і тварин. У разі надмірного їх накопичення вони стають токсикантами - важкими металами. Більшість усіх шкідливих речовин, що міститься в повітрі, з часом потрапляє на поверхню землі та в ґрунт і залежно від їх кількості, тривалості дії і фізико-хімічних властивостей ґрунту їх негативний вплив виявляється по-різному.

За ступенем можливого негативного впливу важких металів - забрудників ґрунту, організмів рослин, тварин і людини - їх поділяють на три класи: високонебезпечні, небезпечні та малонебезпечні.

До першого класу належать арсен, кадмій, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор; до другого - бор, кобальт, нікель, молібден, стибій, хром; до третього - барій, ванадій, манган, стронцій [16].

Основними джерелами надходження важких металів на земну поверхню є викиди пилу і газів підприємствами гірничорудної, металургійної та хімічної промисловості. Забруднення ґрунтового покриву дуже тісно пов'язане з роботою теплоелектростанцій, експлуатацією автомобільного та залізничного транспорту, із застосуванням у сільськогосподарському виробництві добрив і пестицидів, меліорантів, використанням для зрошення забруднених побутових і промислових стічних вод. Рівень забруднення ґрунту та просторове поширення важких металів залежать від потужності підприємств-забрудників, якості перероблюваної сировини, технології виробництва, ефективності роботи очисних споруд. Забруднення ґрунтового покриву носить переважно локальний характер, і максимум його припадає на території, розміщені неподалік (15-20 км) від підприємств. Біля металургійних заводів утворюються зони інтенсивного забруднення ґрунтів свинцем, ртуттю, кадмієм, міддю, цинком. Свинцеплавильні підприємства крім свинцю та цинку викидають кадмій, мідь, ртуть, арсен, селен та інші, що є головними забрудниками. Забруднення хромом характерне для територій, прилеглих до цементних заводів і нафтопереробних підприємств. У зонах забруднення вміст важких металів може сягати кількох грамів на 1 кг ґрунту, що перевищує допустимі рівні у сотні і тисячі разів. Такі території не можна використовувати як сільськогосподарські угіддя без попереднього їх оздоровлення. Землі, розташовані вздовж шляхів, значною мірою забруднені свинцем, що міститься в антидетонаційних присадках до бензину, а з продуктами згоряння дизельного палива, мастильними матеріалами в доквілля надходять кадмій і цинк.

Найбільше забруднені ґрунти на відстані 7 - 10 м від автошляху, а в зоні 30 - 80 м відмічається зниження врожайності і різке погіршення якості сільськогосподарської продукції.

Забрудниками ґрунтів є також мінеральні добрива, пестициди і хімічні меліоранти, в яких містяться великі кількості баластних речовин, у тім числі токсичні елементи і сполуки. У фосфорних добривах містяться такі важкі метали, як мідь, цинк, кадмій, свинець, нікель, хром. Азотні й калійні добрива забруднені важкими металами меншою мірою. Небезпечним для ґрунту є систематичне використання як добрив осадів стічних вод, забруднених важкими металами. Стічні води шкіряних, годинникових та інструментальних заводів істотно забруднені хромом, підприємств електронної промисловості - кадмієм, великих міст із розвиненим автотранспортом - свинцем.

Забруднення рослин важкими металами значною мірою залежить від валового вмісту їх у ґрунті. Фоновий вміст хімічних речовин у ґрунті - це вміст, який відповідає його природному хімічному складу. За валового вмісту забруднювальної речовини у ґрунті (в тім числі важких металів), що перевищує гранично допустимі рівні, визначають рухому форму цієї забруднювальної речовини, оскільки власне рухомі форми становлять реальну загрозу для екосистем.

Важливе значення для ліквідації наслідків забруднення ґрунтів важкими металами мають запобіжні заходи, що базуються на вдосконаленні технологій виробництва, в тім числі правильному застосуванні агрохімікатів. Вже наявне забруднення ліквідують за допомогою матеріалів, які зв'язують важкі метали в недоступні для рослин форми (органічні і мінеральні добрива, цеоліти, вапняки, синтетичні смоли та ін.). Рекомендується також вирощувати культури, толерантні до забруднення або призначені для задоволення технічних потреб. На сильно забруднених територіях практикують видалення забрудненого шару ґрунту з наступним вилученням важких металів. Внесення в ґрунт солей заліза поліпшує його фізичний стан:

відбувається агрегування ґрунтів за рахунок клеючого ефекту залізогуматних комплексів. Після завершення очищення проводять комплексне окультурення ґрунту; вносять органічні і мінеральні добрива, вапнують, внаслідок чого компенсуються втрати біогенних компонентів при промиванні. Дешевший спосіб рекультивації ґрунтів - внесення речовин-інактиваторів (іонообмінні смоли), які утворюють з металами хелатні сполуки з добрими в'язучими властивостями. Їх застосовують у кислотній або сольовій формі; вносять у ґрунт у вигляді порошку або гранул у дозах, які визначаються рівнем забруднення. Так, натрієва форма катіоніту необмінно вбирає близько 95 % свинцю.

Основою хімічних меліорацій також є процес переведення важких металів у недоступну для рослин форму здебільшого зміною реакції середовища, що досягається вапнуванням. За нейтрального середовища в ґрунті утворюються колоїди гідроксидів важких металів. Найбільший ефект виявляється в разі сумісного внесення вапна і мінеральних добрив, оскільки останні компенсують негативну дію надлишку важких металів, а вапнування забезпечує утворення менш рухливих сполук металів (карбонатів, фосфатів, гідроксидів) і, як наслідок, значне зменшення вмісту цих елементів у рослинах.

Рухливість важких металів значною мірою знижують органічні добрива, які утворюють з ними слабкорозчинні органо-мінеральні сполуки.

Для зниження фітотоксичності важких металів можна використовувати природні цеоліти, які мають не тільки сорбційні властивості, а й забезпечують рослини елементами живлення і поліпшують структуру ґрунту [16].



## 4 ДИНАМІКА РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ХЕРСОН

### 4.1 Оцінка якості атмосферного повітря

Кількісну оцінку вмісту речовин в атмосфері позначають поняттям „концентрація” – кількість речовини, яка міститься в одиниці об’єму повітря, приведеного до нормальних умов. Якість атмосферного повітря – сукупність властивостей повітря, яка визначає ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних факторів на людей, рослинний та тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і довкілля загалом. Оцінюють рівень забруднення середовища та його якість, використовуючи показники гранично допустимих концентрацій.

ГДК — це максимальна концентрація домішки в атмосфері, що при тривалому впливі на людину і на навколишнє середовище не робить прямого або непрямого впливу, включаючи віддалені наслідки. За прямої дії забруднювальної речовини людина відчуває загальне погіршення стану, яке виражається різними симптомами. Накопичення в організмі шкідливих речовин понад визначену дозу може спричинити патологічні зміни окремих органів або організму в цілому. Опосередковано впливають такі зміни й на довкілля: вони не діють на живі організми, але погіршують звичні умови життєдіяльності (пошкоджують зелені насадження, збільшують кількість туманних днів тощо). Отже, основним критерієм встановлення нормативів ГДК для оцінювання якості атмосферного повітря є обсяг і особливості дії наявних у повітрі забруднювальних речовин на організм людини. Для визначення якості атмосферного повітря послуговуються двома ГДК – максимально разовою (ГДК<sub>м.р.</sub>) і середньодобовою (ГДК<sub>с.д.</sub>).

Максимально разова гранично допустима концентрація (ГДК<sub>м.р.</sub>) – основна характеристика небезпечності шкідливої речовини, яка встановлюється для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття

запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткотривалому впливі атмосферних домішок. Максимально разові ГДК застосовують при оцінюванні умов праці у забруднених приміщеннях.

Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК<sub>с.д.</sub>) – характеристика небезпечності шкідливої речовини, встановлена для попередження загально токсичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів речовин на організм людини. Речовини, які оцінюють за цим нормативом, здатні тимчасово або постійно накопичуватися в організмі людини. ГДК<sub>м.р.</sub> встановлюють для промислових підприємств, а ГДК<sub>с.д.</sub> – для зон житлової забудови. Різниця між цими показниками зумовлена тим, що на підприємствах до роботи допускають, як правило, здорових людей, які пройшли медичний огляд і стійкіші до дії на організм шкідливих речовин. Отже, ГДК<sub>м.р.</sub> більші, ніж ГДК<sub>с.д.</sub> На основі ГДК інженерні служби розраховують розміри гранично допустимих викидів (ГДВ) речовин в атмосферу. ГДК важких металів наведено в табл 3.1.

Таблиця 3.1 - Значення ГДК важких металів [2]

Забруднююча речовина	ГДК с.д.	Середня концентрація	Максимальна з разових концентрацій*	Клас небезпеки
Кадмій	0,0003	0	0	1
Залізо	0,04	0,02	0,07	3
Марганець	0,001	0,03	0,24	2
Мідь	0,002	0,013	0,06	2
Нікель	0,001	0,014	0,04	2
Свинець	0,003	0,009	0,03	1
Хром	0,0015	0,01	0,17	1
Цинк	0,05	0,003	0,048	3

Відповідно до санітарно-гігієнічних вимог разові і середньодобові значення ГДК є основними характеристиками токсичності домішок, що містяться в повітрі.

При характеристиці забрудненості повітря по місту середні значення концентрацій порівнюються з середньодобовою ГДК, а максимально-разові концентрації - з максимальною разовою ГДК. Речовини, для котрих не визначені ГДК населених місць, оцінюються за орієнтовними безпечними рівнями впливу ОБРВ. Для того, щоб визначити стан забруднення повітря декількома речовинами, що діють одночасно, часто використовують комплексний показник — індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Для кожного населеного пункту визначено конкретний перелік п'яти пріоритетних домішок, за котрими розраховується індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Для його розрахунку, нормовані на відповідні значення ГДК, середні концентрації домішок за допомогою розрахунків приводять до концентрації двоокису сірки, а отримані значення додають. Отриманий таким чином показник ІЗА вказує, у скільки разів сумарний рівень забрудненості атмосфери кількома речовинами перевищує ГДК двоокису сірки. Викиди характеризуються кількістю забруднюючих речовин, їхнім хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.

В якості вихідних даних дослідження використовувались матеріали «Екологічних паспортів міста Херсон» [1-7] за 2011 – 2017 рр.

За інформацією Херсонського обласного центру з гідрометеорології, оцінка стану забруднення атмосферного повітря в місті Херсоні здійснюється за даними спостережень на чотирьох стаціонарних постах системи моніторингу гідрометслужби.

Систематичні спостережень забруднюючих речовин за стандартною повною програмою щоденно, крім неділі и святкових днів, на 5-ти стаціонарних постах спостережень. Адреса постів: № 1 – вул. Залаєгерсег; № 2 – пр. Ушакова (залізничний вокзал), № 3 Вул. Лавреньова (насосна станція) № 4 Площа Перемоги та № 5 Вул. Перекопський ,17 .

Нами аналізувався середньорічний вміст забруднюючих речовин (ЗР), які вимірюються на чотирьох контрольно-замірних постах міста: кадмій, залізо, марганець, міді, нікель, свинець, хром, цинк.

ІЗА ( $I$ ) – нормовані на середньодобову  $ГДК_{сд}$  одиничні осереднені і разові показники забруднення атмосфери, розраховується за формулою :

$$I = \left[ \frac{\bar{q}_{mic}}{ГДК_{сд}} \right]_i^{C_i}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини.

Розрахунок індексу забруднення атмосфери засновано на припущенні, що на рівні ГДК усі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, і при подальшому збільшенні концентрації ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини.

Для порівняння ступеню забруднення атмосфери в різних містах використовується комплексний ІЗА (КІЗА). Враховуючи  $l$  речовин, присутніх у атмосфері, розраховується за формулою:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i = \sum_{i=1}^l \left[ \frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right]_i^{C_i}, \quad (2)$$

де  $\bar{q}$  - осереднена за часом (місяць/рік), розрахована для поста, міста або групи міст концентрація  $i$ -ої домішки.

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою КІЗА можна використати значення одиничних індексів ІЗА тих п'яти ВМ, для яких ці значення найбільші:

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (3)$$

Існує градація величини  $I_5$  за Безуглою Е.Ю.: менше 2,5 відповідає чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабо забрудненій; від 7,6 до 12,5 – забрудненій; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері. Але в

Україні розподіл за градаціями рівнів забруднення атмосфери  $I_5$  зазвичай проводять згідно вказівок ЦГО ім. Б. Срезневського:  $I_5 < 5$  – низький рівень;  $5 \leq I_5 < 7$  – підвищений рівень;  $7 \leq I_5 < 14$  – високий рівень;  $I_5 \geq 14$  – дуже високий рівень.

Комплексний індекс забруднення атмосфери (ІЗА) застосовується для порівняльної оцінки забрудненості окремих районів, окремо узятих міст зі встановленням їх пріоритетності по рівню забруднення і тенденцій забрудненості. Він є відносним показником, величина якого залежить від концентрації речовини в аналізованій точці, його гранично допустимої концентрації (ГДК) і кількість речовин, що забруднюють атмосферу. Комплексний індекс забруднення атмосфери розраховується на основі даних стаціонарних спостережень з урахуванням всієї номенклатури шкідливих речовин[17].

В основу розрахунку комплексного індексу забруднення атмосфери прийняті наступні положення:

- небезпека дії на здоров'я людини, що залежить від окремих шкідливих речовин, від класу небезпеки конкретної речовини;
- по мірі перевищення (ГДК речовин, зростає небезпека дії на здоров'я людини).

#### 4.2 Динаміка та тенденція рівнів забруднення атмосферного повітря важкими металами по місту Херсон

Вихідні дані для розрахунків ми отримали з «Екологічних паспортів Херсонської області» за 2011-2017рр. [1-7]. Нами було узагальнено цю інформацію, яка представлена у табл. 3.2. Тут наведені середньорічні концентрації (частки ГДК) важких металів в атмосферному повітрі м. Херсон у 2011-2017 рр.

Далі нами були розраховані одиничні ІЗА по важким металам у повітрі м Херсона у 2011 -2017рр, які наведені у табл.3.3.

Таблиця 3.2- Середньорічна концентрація ( частки ГДК) важких металів у повітрі м Херсона у 2011 -2017рр.  
(розраховано автором за матеріалами «Екологічних паспортів у 2011-2017 рр.»)

Домішки	Роки							Клас небезпеки
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Кадмій	0	0	0	0,00075	0,001498	0,00065	0,0005	1
Залізо	0,7225	0,435	0,599	0,615	0,39056	0,495	0,3504	3
Марганець	0,0235	0,014	0,025	0,0277	0,01133	0,015	0,0146	2
Мідь	0,0735	0,019	0,019	0,03155	0,0255	0,013	0,0109	2
Нікель	0,0405	0,013	0,0125	0,01735	0,01133	0,017	0,0084	2
Свинець	0,0325	0,025	0,0235	0,0258	0,013375	0,019	0,0182	1
Хром	0,0315	0,014	0,0145	0,0267	0,009958	0,011	0,0087	1
Цинк	0,1115	0,035	0,05	0,0425	0,020915	0,078	0,029	3

Таблиця 3.3 – Значення одиничних ІЗА по важким металам у повітрі м Херсона у 2011 -2017рр. (розраховано автором за матеріалами «Екологічних паспортів у 2011-2017 рр.»)

Домішки	Роки						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Кадмій	0	0	0	0,0000049	0,0000158	0,0000038	0,0000024
Залізо	0,7225	0,435	0,599	0,615	0,39056	0,495	0,3504
Марганець	0,00763	0,00389	0,00827	0,00945	0,00295	0,00426	0,00411
Мідь	0,03359	0,00579	0,00579	0,01119	0,00848	0,00353	0,00281
Нікель	0,01548	0,00353	0,00336	0,00514	0,00295	0,00501	0,00200
Свинець	0,00295	0,00189	0,00170	0,00199	0,00065	0,00119	0,00110
Хром	0,00280	0,00071	0,00075	0,00211	0,00040	0,00047	0,00031
Цинк	0,1115	0,035	0,05	0,0425	0,02092	0,078	0,029

Динаміка зміни ІЗА важких металів міста Херсон в 2011 – 2017рр. наведена (Рис 3.1-3.8) .

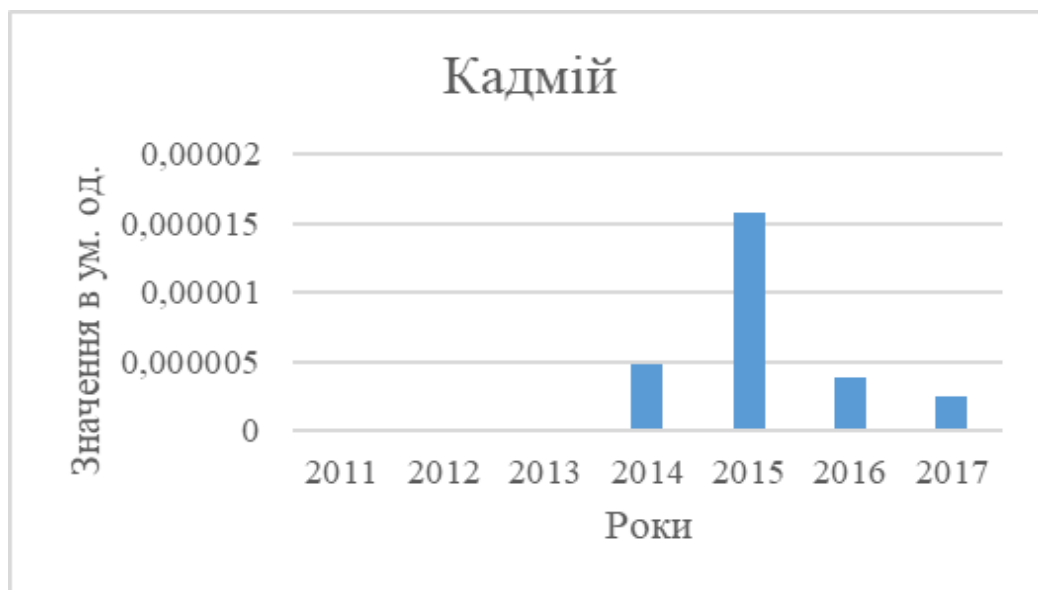


Рисунок 3.1 – Динаміка зміни кадмію в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

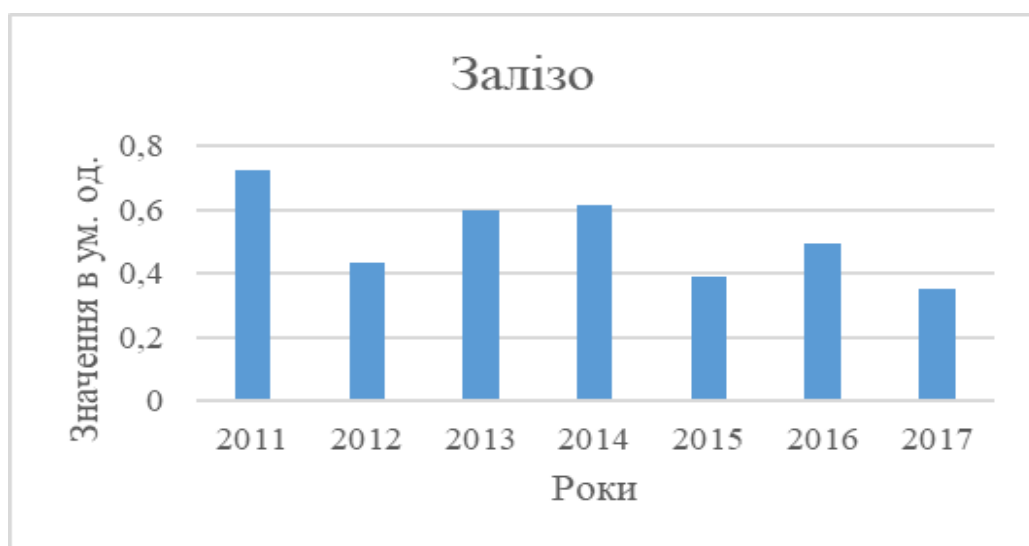


Рисунок 3.2 – Динаміка зміни заліза в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)





Рисунок 3.3 – Динаміка зміни марганцю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

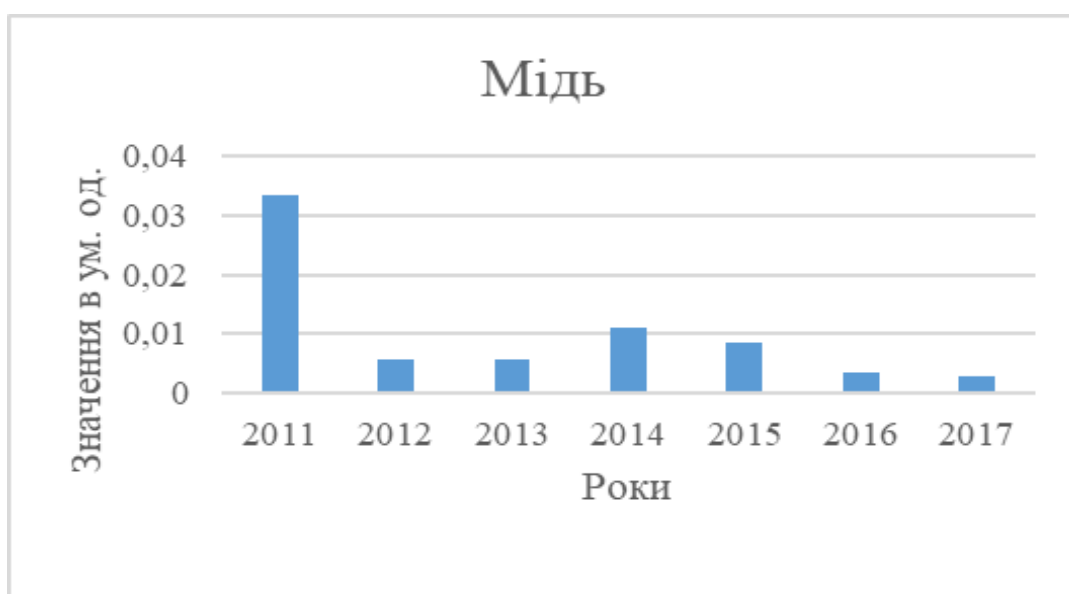


Рисунок 3.4 – Динаміка зміни міді в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)



Рисунок 3.5 – Динаміка зміни нікелю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

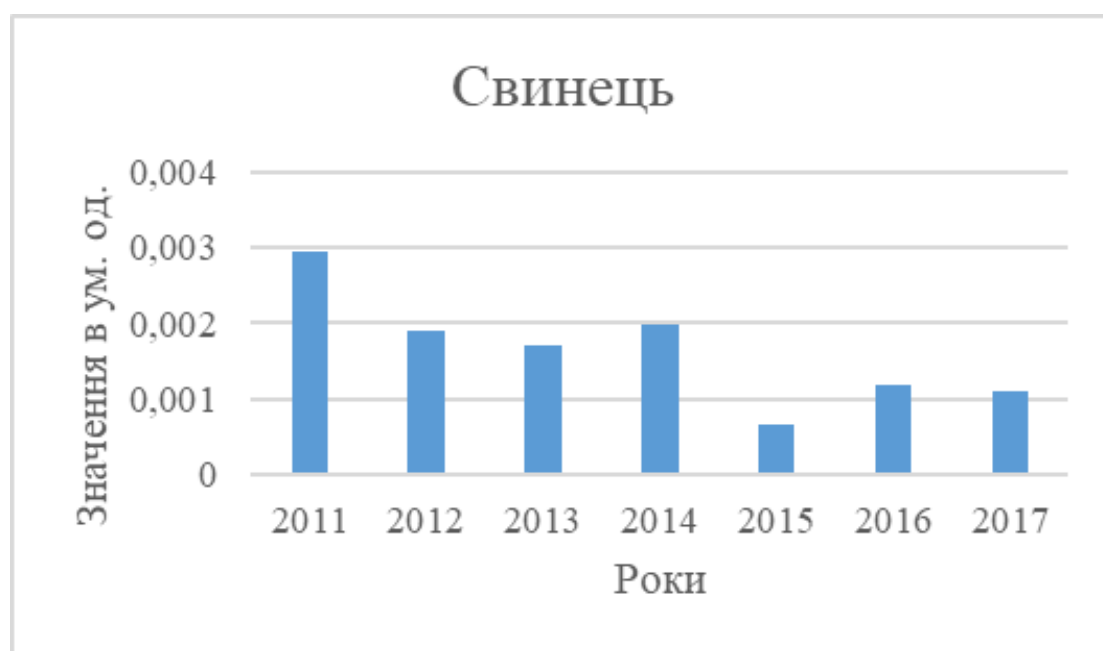


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни свинцю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

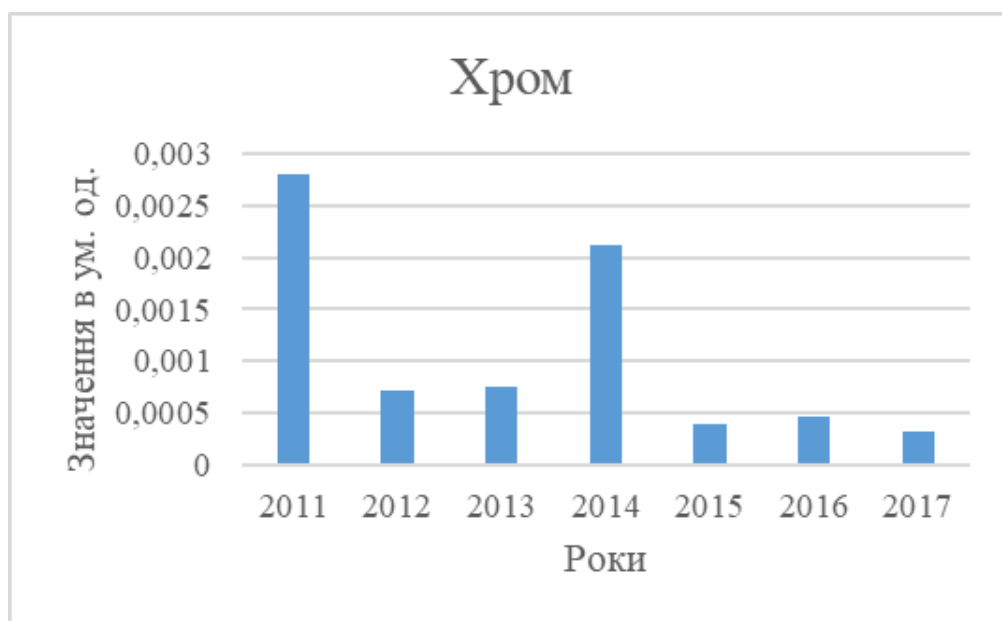


Рисунок. 3.7– Динаміка зміни хрому в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

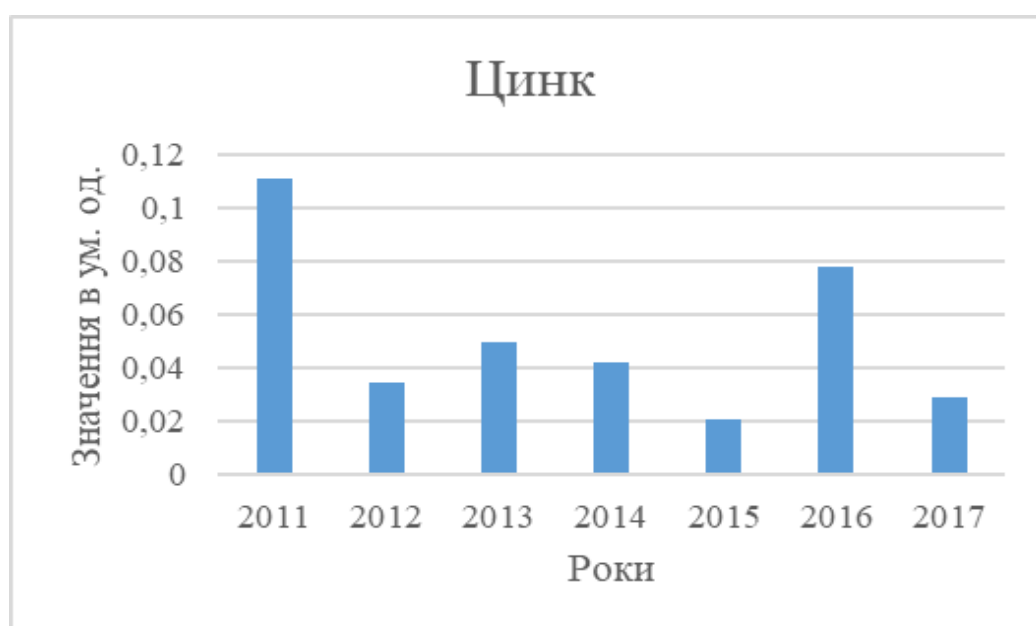


Рисунок 3.8 – Динаміка зміни цинку в атмосферному повітрі міста Херсон в 2011 – 2017рр. (складено автором)

Перевищення концентрацій над ГДКс.д., відповідно максимальні значення ІЗА на період 2011-2017 рр. не спостерігалось.

Для розрахунку комплексного  $I_5$  використано 5 пріоритетних важких метала (рис.3.9). ІЗА п'яти пріоритетних ВМ, які використовувались для розрахунку  $I_5$ , в різні роки змінювались.

За період 2011 – 2017 рр. пріоритетними речовинами були різні 5 ЗР, а саме: з 2011 по 2014 рік пріоритетними домішками були: мідь, марганець, нікель, свинець, хром; в 2015 році пріоритетними ВМ були: мідь, марганець, нікель, кадмій, хром; в 2016 році пріоритетними домішками були: залізо, марганець, нікель, кадмій, хром; в 2017 році: мідь, марганець, нікель, свинець, хром.

Порівняльний аналіз інтегрального показника  $I_5$  рівня забруднення атмосферного повітря важкими металами по місту показав, що за період 2011 – 2017 роки простежувався тільки один рівень забруднення, а саме: у 2011 р.  $I_5$  становив 0,0624 – низький рівень. У 2012 показник значно зменшився, до 0,0158 але все одно перебував у низькому рівні забруднення. У 2013 році ІЗА ВМ у місті Херсоні продовжує утримуватися на низькому рівні забруднення і дорівнює – 0,0199. З 2014 - 2016 рр. картина забруднення не змінювалася и залишалася на низькому рівні. Найменший показник  $I_5$  спостерігався у 2017 році, и становив 0,0103 але він теж відноситься до низького рівня забруднення. Динаміка індексів забруднення атмосфери в місті Херсоні по п'яти пріоритетним ВМ з 2011 по 2017 роки наведено у графіку(рис. 3.9).

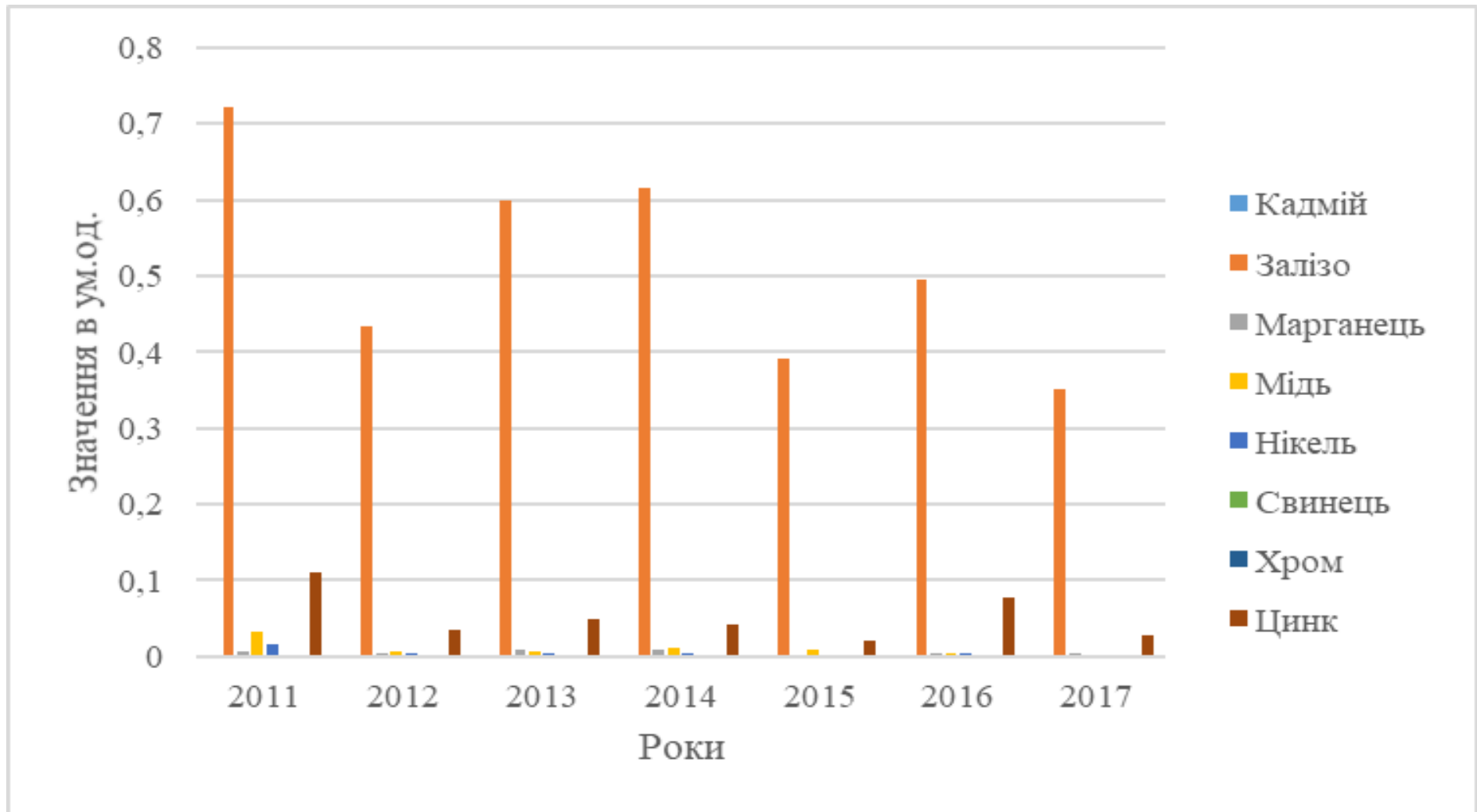


Рисунок 3.9 - Динаміка зміни ІЗА важких металів міста Херсон в 2011 – 2017 рр. (складено автором)

Далі ми проаналізували рівні забруднення атмосферного повітря у м. Херсон за  $I_5$  ВМ у 2011-2017 рр. Результати наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Рівні забруднення атмосферного повітря у м. Херсон за  $I_5$  у 2011-2017 рр. (складено автором)

Показник	Рік						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$I_5$	0,0624	0,0158	0,0199	0,0299	0,0154	0,0144	0,0103
Рівень забруднення	Низький рівень	Низький рівень	Низький рівень	Низький рівень	Низький рівень	Низький рівень	Низький рівень

Визначено рівні забруднення повітряного басейну міста Херсона. Основними джерелами забруднення атмосфери є заводи та підприємства, а також пересувні джерела, головним чином, автотранспорт. Пріоритетні забруднювальні речовини у повітряному басейні міста: марганець, нікель, свинець, хром. Таким чином, можна зробити висновок, що стан атмосферного повітря у м. Херсоні є задовільним за забрудненням важкими металами, про що свідчать розраховані одиничні індекси забруднення і комплексний індекс забруднення атмосфери  $I_5$ . Але в цілому стан забруднення атмосфери задовільний.

Індекси забруднення  $I_5$  за основними пріоритетними речовинами складав у різні роки різні значення (табл. 3.5). А рівні забруднення атмосферного повітря у м. Херсон має високий рівень. Таким чином, ВМ вносять свій вклад до загального забруднення повітря і ускладнюють стан здоров'я місцевого населення.

Забруднення атмосфери викидами підприємств та заводів залежить від стану екологічних фільтрів, які підприємство використовує.

Відомо, що забруднення атмосфери викидами автотранспорту залежить від технічного стану автомобілів, якості палива, розвитку транспортної інфраструктури і організації дорожнього руху, використання альтернативних видів транспорту та палива. Задачі з охорони повітря великих міст потребують негайного вирішення, як у м. Херсоні, так і в Україні в цілому.

Цікаво переглянути багаторічну динаміку змін індексів забруднення ВМ на протязі останніх 17 років (2000-2017 рр.). ІЗА окремих ВМ за 2000-2010 рр. наведено у Додатку. Динаміка змін ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2010 рр. представлена на рис 3.10.

Загальну динаміку змін ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2017 рр. представлено на рис. 3.11. За всі розглянуті роки тільки у 2000 р. ІЗА заліза перевищувала одиницю. Інші ВМ не перевищували норму.

Таблиця 3.5 - Рівні забруднення атмосферного повітря у м. Херсон за  $I_5$  у 2011-2017 рр. (складено автором)

Показник	Рік						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$I_5$	7,30	8,94	8,34	12,42	14,0	9,69	6,63
Рівень забруднення	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень	Дуже високий рівень.	Високий рівень	Підвищений рівень

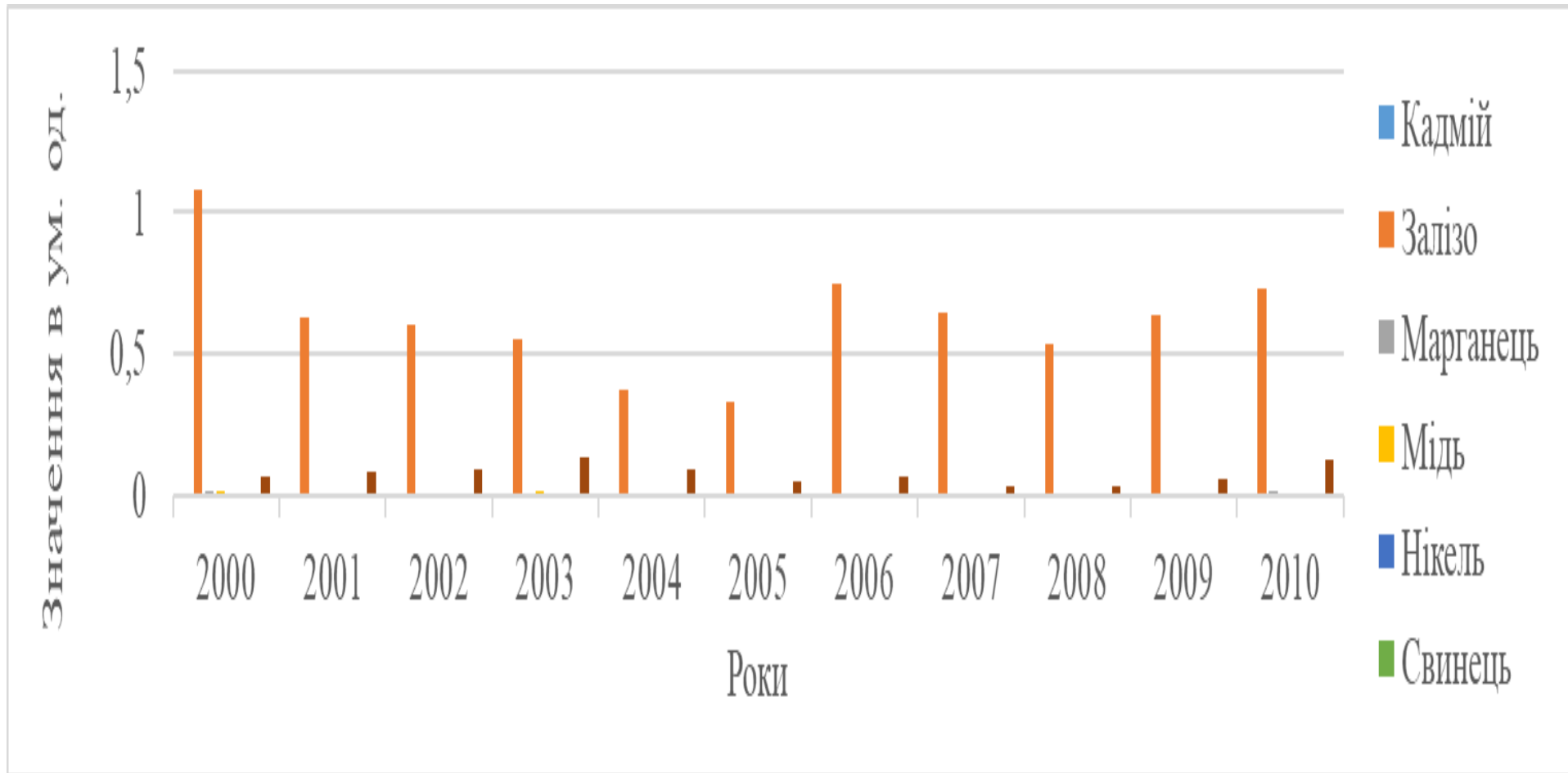


Рисунок 3.10 - Динаміка зміни ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2010 рр. (складено автором)



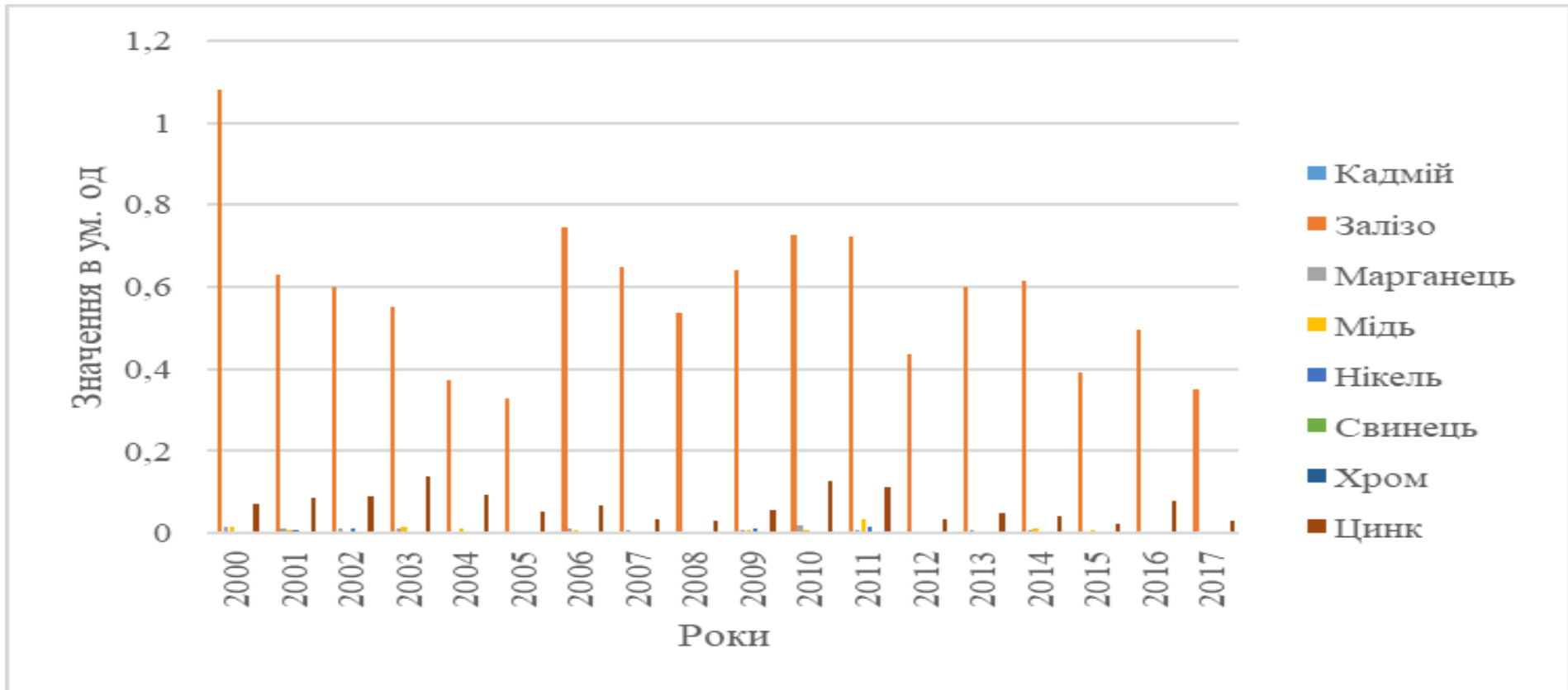


Рисунок 3.11- Динаміка зміни ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2017 рр. (складено автором)

## ВИСНОВКИ

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря великих міст важкими металами є підприємства теплоенергетики, транспорт та спалювання сміття. В місті Херсон представлені всі вище перераховані потенційні забруднювачі повітряного басейну важкими металами.

Для більшості важких металів чітка тенденція зміни концентрації в атмосфері за багаторічний період не простежується. За період 2011-2017 рр. в м. Херсоні концентрація важких металів не перевищувала ГДК. Ситуація, що склалась у 2011-2017 рр. у місті Херсоні свідчить про тенденцію до зменшення концентрацій багатьох шкідливих домішок. Протягом усього періоду за 2011 – 2017 роки у місті Херсоні рівень забруднення атмосфери по п'яти пріоритетним важким металам класифікований як низький.

Загальна динаміку змін ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2017 рр. показує, що за всі розглянуті роки тільки у 2000 р. ІЗА заліза перевищувала одиницю. Інші ВМ не перевищували норму.

Індекси забруднення  $I_5$  за основними пріоритетними речовинами складав у різні роки різні значення. А рівні забруднення атмосферного повітря у м. Херсон має високий рівень. Таким чином, ВМ вносять свій вклад до загального забруднення повітря і ускладнюють стан здоров'я місцевого населення.

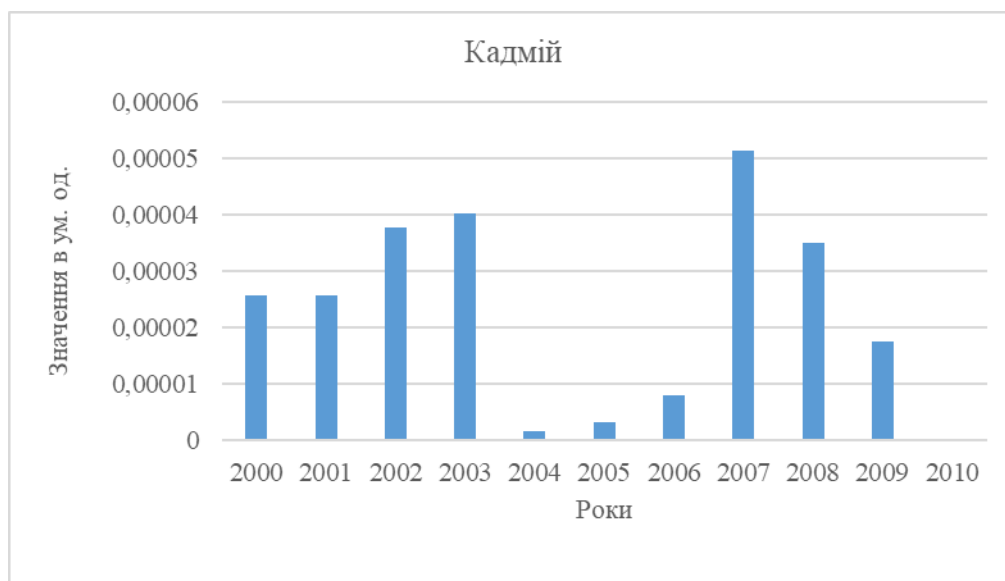
## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічний паспорт міста Херсон за 2011 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL: [http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska\\_Ekopasport\\_2011.doc](http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2011.doc) (дата звернення: 19.04.2019).
2. Екологічний паспорт міста Херсон за 2012 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL : [http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska\\_Ekopasport\\_2012.doc](http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2012.doc) (дата звернення: 19.04.2019).
3. Екологічний паспорт міста Херсон за 2013 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. – URL: [URL:http:// old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska\\_Ekopasport\\_2014.docx](http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2014.docx) (дата звернення: 19.04.2019).
4. Екологічний паспорт міста Херсон за 2014 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL : [http://old.menr.gov.ua/docs/ protection1 /khersonska/Hersonska\\_Ekopasport\\_2014.docx](http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2014.docx) (дата звернення: 19.04.2019).
5. Екологічний паспорт міста Херсон за 2015 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL : [http://old.menr.gov.ua/docs/ protection1/khersonska/Hersonska\\_Ekopasport\\_2015.pdf](http://old.menr.gov.ua/docs/protection1/khersonska/Hersonska_Ekopasport_2015.pdf) (дата звернення: 19.04.2019).
6. Екологічний паспорт міста Херсон за 2016 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL : [https://menr.gov.ua/files/docs/ eco\\_passport /2016.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2016.pdf) (дата звернення: 19.04.2019).

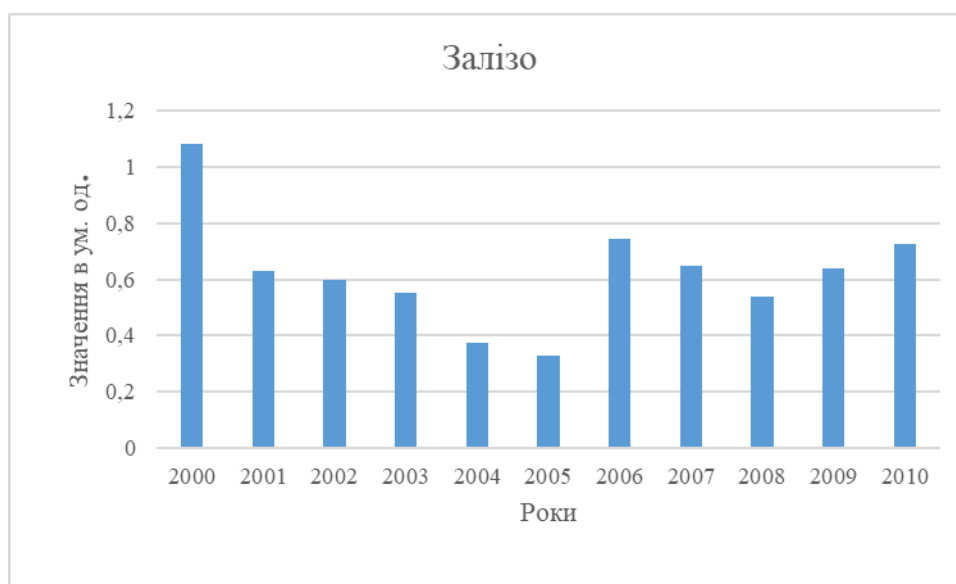
7. Екологічний паспорт міста Херсон за 2017 р. [Електронний ресурс]/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Екологічні паспорти регіонів. URL : [https://menr.gov.ua/files/docs /eco\\_passport /2017.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs /eco_passport /2017.pdf) (дата звернення: 19.04.2019).
8. История городов и сел Украинской ССР. Херсонская область. – К. Изд-во Укр. энцикл., 1983. – 482 с.
9. Фізико-географічне районування Української РСР. – Київ: Вид-во Радянська школа, 1969. – 468 с.
10. Родіонов С.П. Геологічне минуле України і багатства її надр. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1955. – 138 с.
11. Фізична географія Української РСР. – Київ: Вид-во Вища школа, 1982. – 337 с.
12. Природа Херсонської області. Фізико-географічний нарис. (Відп. ред. М.Ф. Бойко). – Київ: Фітосоціоцентр, 1998. – 120 с (дата звернення: 27.04.2019).
13. Скляр О.С., Хільченко Р.О. Ґрунти Херсонської області. – Одеса: Вид-во Маяк, 1969. – 60 с.
14. Основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря [Електронний ресурс]/URL: [http://ua-referat.com/%D0%92%D0%B0%D0%B6%D0%BA%D1%96\\_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8](http://ua-referat.com/%D0%92%D0%B0%D0%B6%D0%BA%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8) (дата звернення: 27.04.2019).
15. Вплив важких металів на людський організм [Електронний ресурс]/ URL: <https://studfiles.net/preview/5193571/page:4/>(дата звернення: 27.04.2019).
16. Вплив важких металів на рослини [Електронний ресурс]/URL: <http://ua-referat.com> (дата звернення: 27.04.2019).
17. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 116 с.

## ДОДАТКИ

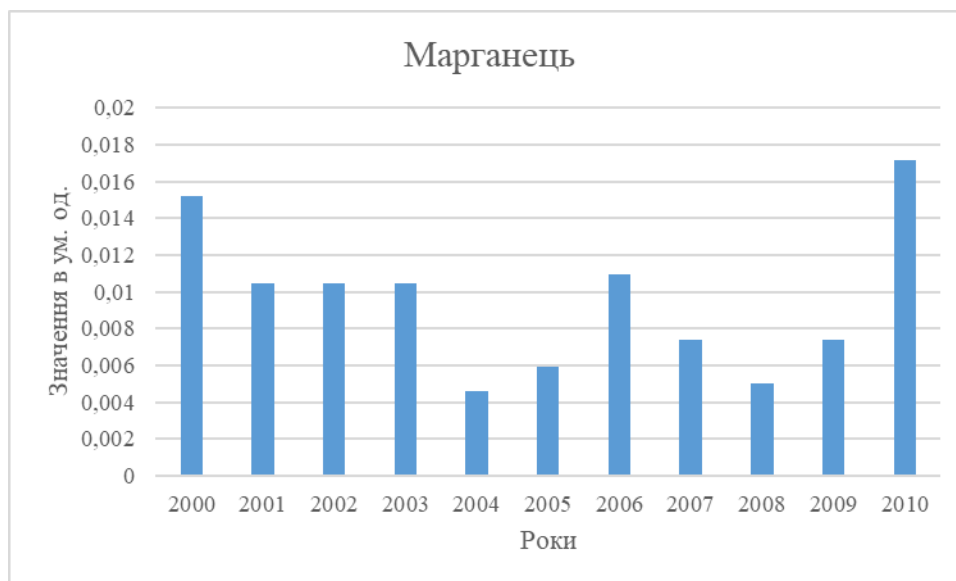
Динаміка зміни ІЗА важких металів міста Херсон в 2000 – 2010рр.



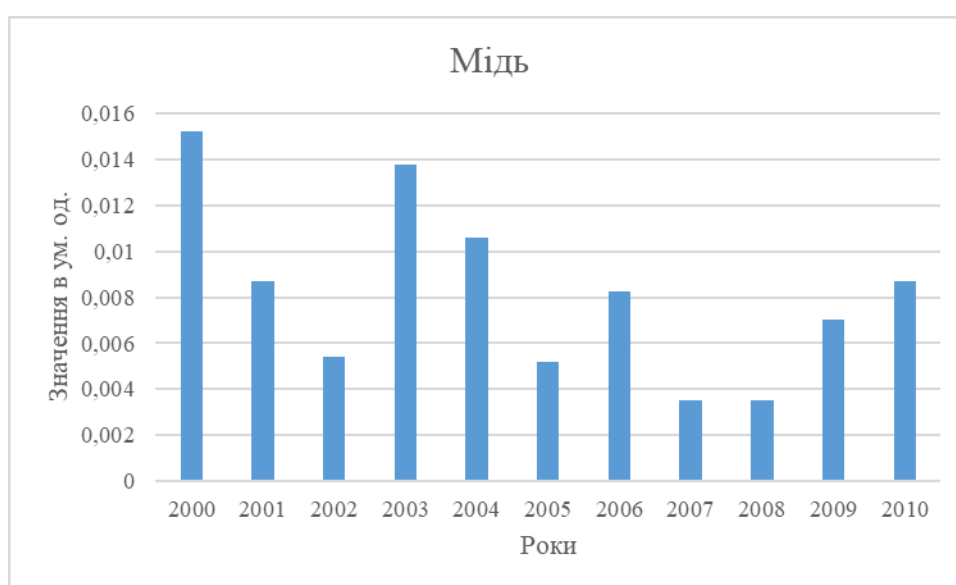
Динаміка зміни кадмію в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)



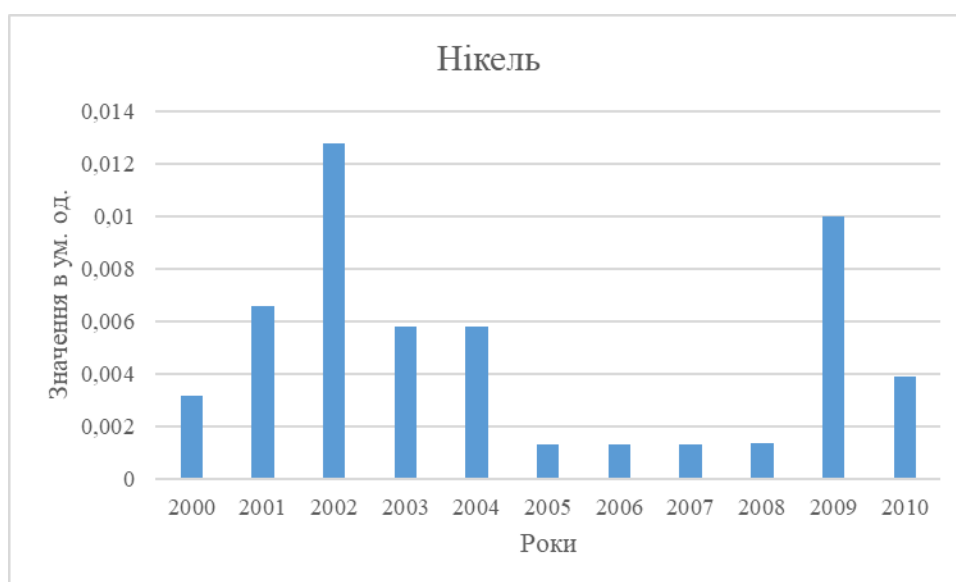
Динаміка зміни заліза в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)



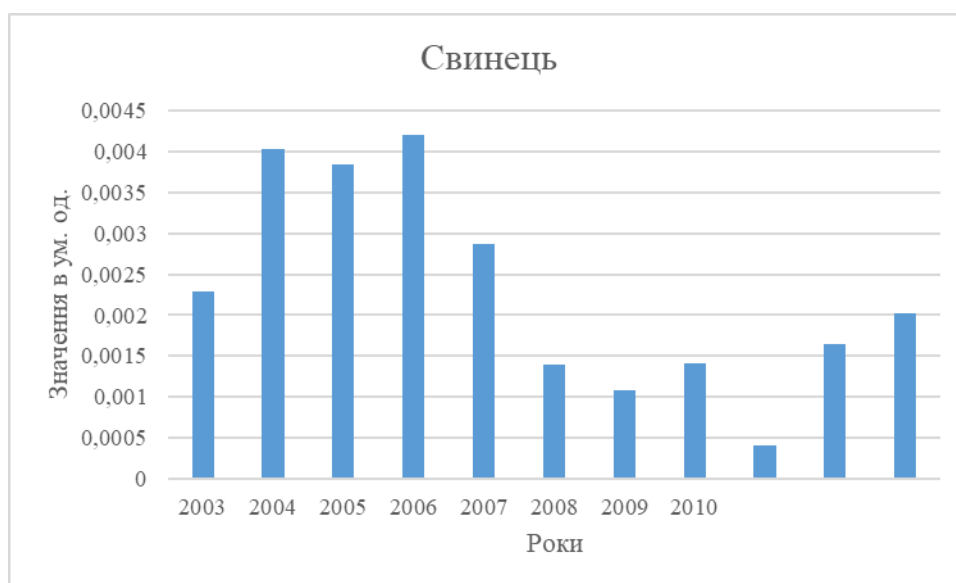
Динаміка зміни марганцю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)



Динаміка зміни міді в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)

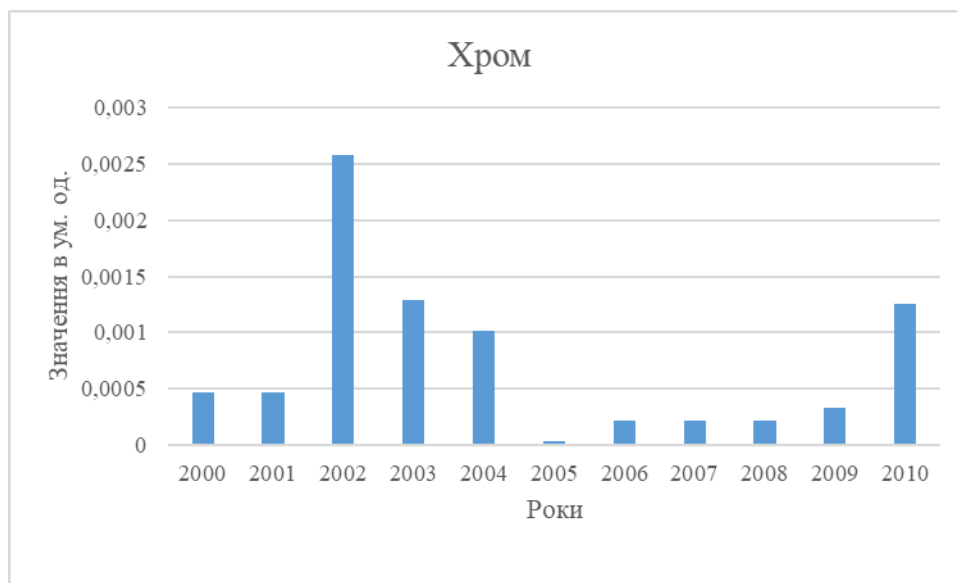


Динаміка зміни нікелю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)

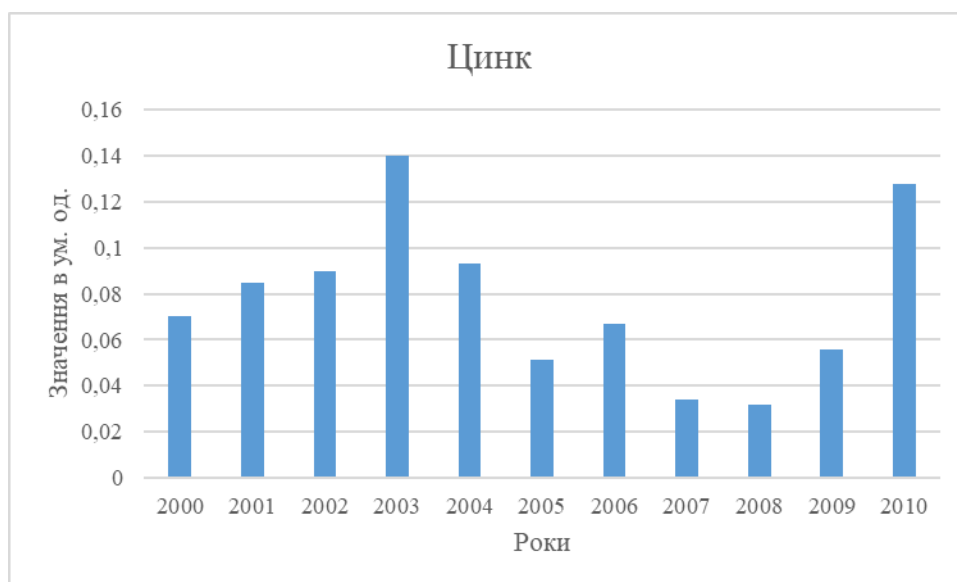


Динаміка зміни свинцю в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр. (складено автором)





Динаміка зміни хрому в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр.  
(складено автором)



Динаміка зміни цинку в атмосферному повітрі міста Херсон в 2000 – 2010рр.  
(складено автором)