

ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ

**«АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В
ПРОМИСЛОВИХ МІСТАХ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ
М. ЗАПОРІЖЖЯ)»**

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ	4
2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	15
2.1 Аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря у світі	15
2.2 Методика дослідження якості повітря в Україні	18
3 РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСНОГО ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ У М. ЗАПОРІЖЖІ	21
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	31
ДОДАТКИ	33
ДОДАТОК А. Дані середньорічних концентрацій ЗЦГМ 2016-2020 рр.	33
ДОДАТОК Б. Розрахунок ІЗА	38

ВСТУП

Запоріжжя є одним з найбільш урбанізованих, індустріальних та екологічно несприятливих міст України. Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами за даними Головного управління статистики у Запорізькій області за 2018 рік склали 71,3 тис. тонн. Населення м. Запоріжжя проживає в умовах постійного забруднення повітря небезпечними хімічними речовинами техногенного походження. Криза техногенного навантаження на місто погіршується кліматичними особливостями регіону та існуючою забудовою. Місто Запоріжжя перебуває в кліматичних умовах, для яких характерні несприятливі умови розсіювання шкідливих викидів (температурні інверсії, штилі й тощо), що приводить до накопичування викидів підприємств у житлових районах. Основні підприємства міста Запоріжжя розташовані на промисловому майданчику, який знаходиться практично в центрі міста, забруднення атмосферного повітря над основними районами міста відбувається практично при будь-яких напрямках вітру.

Актуальність роботи полягає в наступному: контроль за станом атмосферного повітря є однією з ключових ланок системи моніторингу довкілля, оскільки надає інформацію про рівень забрудненості компонента, який першочергово, не опосередковано впливає на здоров'я великої кількості людей. В той же час, ефективність та повнота державного моніторингу атмосфери далеко не завжди є достатньою для вирішення завдань екологічного управління, реагування на надзвичайні ситуації, тощо. Тому очевидною є потреба в удосконаленні організаційної структури, методів та способів здійснення спостережень за станом атмосферного повітря.

Саме тому необхідно проаналізувати сучасний стан системи моніторингу в м. Запоріжжі, виділити основні чинники забруднення, визначити можливі місця встановлення стаціонарних та маршрутних постів спостережень.

1 МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Антропогенний вплив забруднення атмосфери складає близько 0,5 % від загального забруднення природними явищами, але саме цей тип забруднення має найбільш негативний вплив.

За умов довготривалого впливу джерел антропогенного походження особливого значення набувають компоненти довкілля, які мають безпосередній вплив на безпеку життєдіяльності та якості життя як людини так і всіх живих істот.

Викиди шкідливих речовин, що надходять в атмосферу від антропогенних джерел, перемішуються, переміщуються і вимиваються з неї. В повітряному басейні відбуваються фотохімічні процеси, що призводять до появи нових з'єднань, іноді більш шкідливих, ніж вихідні. Адекватний аналіз рівнів забруднення атмосферного повітря неможливий без точного визначення кількості шкідливих домішок, що у ньому присутні. Дані про концентрації забруднюючих речовин у повітрі отримуються на мережі контрольних-вимірних постів, що є частиною державної системи моніторингу довкілля.

В умовах дотримання належної якості повітря великого значення набуває адекватна система моніторингу довкілля, зокрема спостереження за станом атмосферного повітря.

Відносини у сфері моніторингу довкілля регулюються статтею 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Постановою КМУ від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля», у сфері атмосферного повітря – Законом України «Про охорону атмосферного повітря» (ст. 32. Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря), атмосферного повітря – Постановою КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря».

В м. Запоріжжі державний моніторинг якості повітря проводиться Запорізьким центром гідрометеорології (ЗЦГМ) на п'яти стаціонарних постах спостереження за станом забруднення навколишнього природного середовища (ПСЗ) в 3-х районах міста – Дніпровському, Вознесенівському, Олександрівському, з яких 4 поста розташовані на лівому березі Дніпра, з періодичністю відбору проб 5 днів на тиждень, 3-4 рази на добу (рис. 1.1).

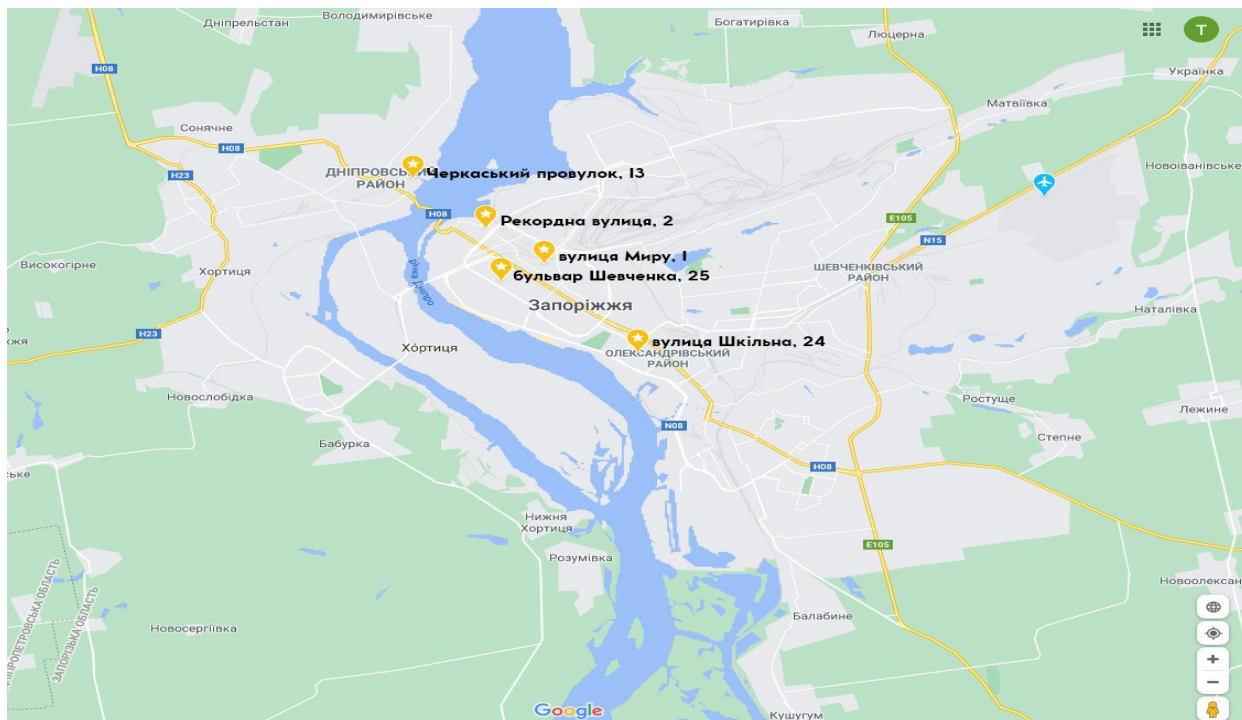


Рисунок 1.1 – Схема розташування ПСЗ ЗЦГМ м. Запоріжжя

Кожний пост працює за програмою, що розроблена спеціально для нього (з урахуванням місця розташування, близькості до джерел викидів, інших чинників). Спостереження виконуються за повною (01, 07, 13 та 19 години) або скороченою програмою (7 та 19 години) протягом всього року, крім вихідних та святкових днів. Місця розташування, перелік забруднюючих речовин та клас їх небезпеки наведені у таблиці 1.1.

На всіх ПСЗ визначається вміст основних забруднювальних домішок – завислі речовини (пил), діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. На одному посту – вміст розчинних сульфатів і оксиду азоту. За вмістом

специфічних речовин - сірководень, фенол, фтористий водень, хлористий водень, формальдегід спостереження проводяться на окремих постах з урахуванням викидів промислових підприємств, розташованих поблизу ПСЗ, а також в районах найбільш завантажених автомагістралей міста.

Таблиця 1.1 – Місця розташування, перелік забруднюючих речовин та клас їх небезпеки

№з/п	ПСЗ	№9 Вул. Рекордна, 2	№10 Б. Шевченка, 25	№11 Вул. Миру, 1	№12 Вул. Шкільна, 24 а	№13 Пров. Черкаський
	Інгредієнти (клас небезпеки)					
1.	Пил загальний (завислі речовини) (3)	+	+	+	+	+
2.	Двоокис азоту (3)	+	+	+	+	+
3.	Оксид азоту (3)			+		
4.	Двоокис сірки (3)	+	+	+	+	+
5.	Оксид вуглецю (4)	+	+	+	+	+
6.	Сірководень (2)	+	+	+		
7.	Фенол (2)		+	+	+	
8.	Формальдегід (2)			+		
9.	Фтористий водень (2)	+				
10.	Хлористий водень (2)				+	+

Оскільки систему спостережень за забрудненням довкілля було сформовано 25-40 років тому то й стан приладів для вимірювань складу атмосфери, за якою на сьогодні проводяться спостереження, відповідає науково-технічному рівню 70-х років минулого століття. Відтак її технічні можливості є обмеженими, а сама система потребує здійснення негайної модернізації та заміни приладів для вимірювання. Наявна мережа спостережень ні за своїм складом, ні за переліком параметрів, що вимірюються, ні за технічним оснащенням не відповідає сучасному рівню, зокрема, вимогам Директиви № 2008/50/ЄС стосовно проведення моніторингу якості атмосферного повітря та Директиви № 2004/107/ЄС щодо

концентрацій миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю і поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі.

Дослідження стану забруднення атмосферного повітря на постах спостереження ЗЦГМ проводяться лише в Запоріжжі, інші міста області не охоплені мережею постів спостережень.

Оцінка стану забруднення повітря здійснюється за показниками середньомісячних концентрацій у кратності перевищень встановлених середньодобових граничнодопустимих концентрацій (далі – ГДК) по пріоритетним забруднюючим речовинам.

Пріоритетними речовинами є ті, вклад яких у баланс забруднення повітря міста є найбільшим. Саме за пріоритетними речовинами здійснюються спостереження на стаціонарних постах гідрометеологічної служби.

Згідно Закону України [1] для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я України (МОЗ) встановлюються ГДК забруднюючих атмосферу речовин. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом порівняння забруднюючих речовин з відповідними гранично допустимими концентраціями.

Забруднювальними речовинами повітря називаються хімічні сполуки, які присутні в атмосфері й впливають на здоров'я людини, стан тваринного, рослинного світу й мікроорганізмів та спричиняють руйнування матеріалів [2].

Для оцінки якості атмосферного повітря встановлено такі категорії ГДК: середньодобова (ГДК_{сд}), максимально разова (ГДК_{мр}) і робочої зони (ГДК_{рз}).

Розроблено чотири класи небезпеки шкідливих речовин: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високо небезпечні; 3 – помірно небезпечні; 4 – мало небезпечні [3].

ГДК та класи небезпеки основних забруднюючих речовин наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Величини гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених місць [4]

№ п/п	Найменування речовини	Максимально-разова ГДК _{м.р.} , мг/м ³	Середньодобова ГДК _{с.д.} , мг/м ³	Клас небезпеки речовини
1.	Пил (завислі)	0,5	0,15	3
2.	Діоксид сірки	0,5	0,05	3
3.	Оксид вуглецю	5,0	3,0	4
4.	Діоксид азоту	0,20	0,04	3
5.	Оксид азоту	0,40	0,06	3
6.	Фенол	0,01	0,003	2
7.	Фтористий водень	0,02	0,005	2
8.	Хлористий водень	0,2	0,2	2
9.	Формальдегід	0,035	0,003	2
10.	Бенз(а)пірен	-	0,1 мкг / 100 м ³	1
11.	Сірковуглець	0,03	0,005	2
12.	Сірководень	0,008	-	2

ГДК_{сд} – встановлюється для попередження загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного та інших впливів токсикантів на організм людини [5]. Речовини, які оцінюються за середньодобовими нормами, мають здатність до тимчасового або постійного накопичення в організмі людини.

ГДК_{мр} – встановлюється для уникнення рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлочутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткочасному впливі атмосферних домішок [3]. За

максимально разовим нормативом оцінюються речовини із запахом або ті, що впливають на інші органи чуття людини.

ГДК_{рз} – рівень концентрації інгредієнта, при якому у робітників за умови щоденного вдихання протягом 8 годин (але не більше 41 годин на тиждень) не виникне захворювань, не призведе до погіршення стану здоров'я у віддаленій перспективі. Під робочою зоною визначено шар повітряного простору висотою 2 м, локація постійного або тимчасового робочого місця [3].

Слід відзначити, що до 2011 р. діоксид азоту був віднесений до 2 класу небезпеки з більш жорсткими ГДК.

Визначення вмісту бенз(а)пірену в атмосферному повітрі міст України на мережі моніторингу гідрометслужби припинено з 2014 р. у зв'язку з ліквідацією Донецької регіональної лабораторії атмосфери, яка проводила обробку пилових фільтрів на вміст бенз(а)пірену.

Нової лабораторії по визначенню поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі в системі гідрометслужби не створено.

Оцінка стану атмосферного повітря за 2019 рік здійснювалась за величинами середньомісячних концентрацій у кратності перевищень середньодобових ГДК по пріоритетним полютантам. Пріоритетними є речовини, які вносять найбільший вклад в баланс забруднення атмосфери. [6].

Перелік пріоритетних забруднюючих речовин, їх максимально разові та середньодобові граничні концентрації [4] наведено у таблиці 1.3.

В середньому, щороку, у повітрі Запоріжжя гідрометеологічною службою фіксується близько 8% перевищень ГДК_{сд} (таблиця 1.4) з невеликими коливаннями.

Значення найбільших середніх та максимальних концентрацій пріоритетних речовин (в кратності ГДК) в повітрі міста Запоріжжя за 2015-2019 рр. наведено у таблиці 1.5.

З діаграми на рис. 1.2 видно, що вміст у повітрі двоокису азоту, фенолу, хлористого водню зберігає значення практично на одному рівні, дещо знизився вміст за 2018-2019 рр двоокису сірки та окису азоту. По окису вуглецю та пилу спостерігається незначне підвищення вмісту, однак по формальдегіду у 2019 році спостерігається суттєве збільшення вмісту. Рівні забруднення повітря в м. Запоріжжя, які можна віднести до категорії «високі та екстремально високі» протягом 2015-2019 років не зареєстровані.

Таблиця 1.3 – Значення ГДК забруднюючих речовин атмосферного повітря

Забруднююча речовина	Середньодобові гранично допустимі концентрації, (мг/м ³)	Максимально разові допустимі концентрації, (мг/м ³)
Пил (зависли речовини)	0,15	0,50
Двооксид сірки	0,05	0,50
Оксид вуглецю	3,0	5,0
Двооксид азоту	0,04	0,2
Оксид азоту	0,06	0,40
Формальдегід	0,003	0,035
Фенол	0,003	0,01
Хлористий водень	0,20	0,20
Фтористий водень	0,005	0,02

Таблиця 1.4 – Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин в житловій забудові міста Запоріжжя за даними ЗЦГМ, %

Період, рік	2015	2016	2017	2018	2019
% перевищень ГДК	9,08	7,63	9,07	7,21	8,1

Таблиця 1.5 – Найбільші середні і максимальні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферному повітрі міста Запоріжжя за 2015-2019рр.

Речовини		Пил	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	CН ₂ O	Фенол	HF	HCl	H ₂ S
Середня концентрація	2015	0,7	0,2	2,2	1	0,3	1,7	2	0	0,2	-
	2016	0,7	0,2	2	1	0,3	1,7	2	0	0,2	-
	2017	0,7	0,2	2,2	1	0,3	1,3	2	0	0,2	-
	2018	0,7	0,1	2	0,8	0,3	1,3	2	0	0,2	-
	2019	1,1	0,2	2,2	1	0,4	2	2,3	0,2	0,2	-
Максимальна з разових концентрацій	2015	1	0,05	1,6	0,4	1,2	0,4	1,5	0	0,6	1
	2016	1,6	0,04	2,2	0,4	1,4	0,5	1,5	0,2	0,6	1,1
	2017	2,8	0,04	1,9	0,4	1,2	0,4	1,5	0,1	0,6	1
	2018	1,4	0,04	1,4	0,3	1,2	0,3	1,8	0,4	0,5	0,9
	2019	1,4	0,04	1,2	0,3	1,2	0,4	1,5	0,2	0,6	1,1

Зберігається монотонна стабільність перевищення встановлених ГДК по двоокису азоту, фенолу та формальдегіду.

За даними звітів Центральної геофізичної обсерваторії ім. Срезневського [7] за період 2016-2019 величини ІЗА у Запоріжжі коливаються на рівні 8, що відповідає рівню «небезпечний».

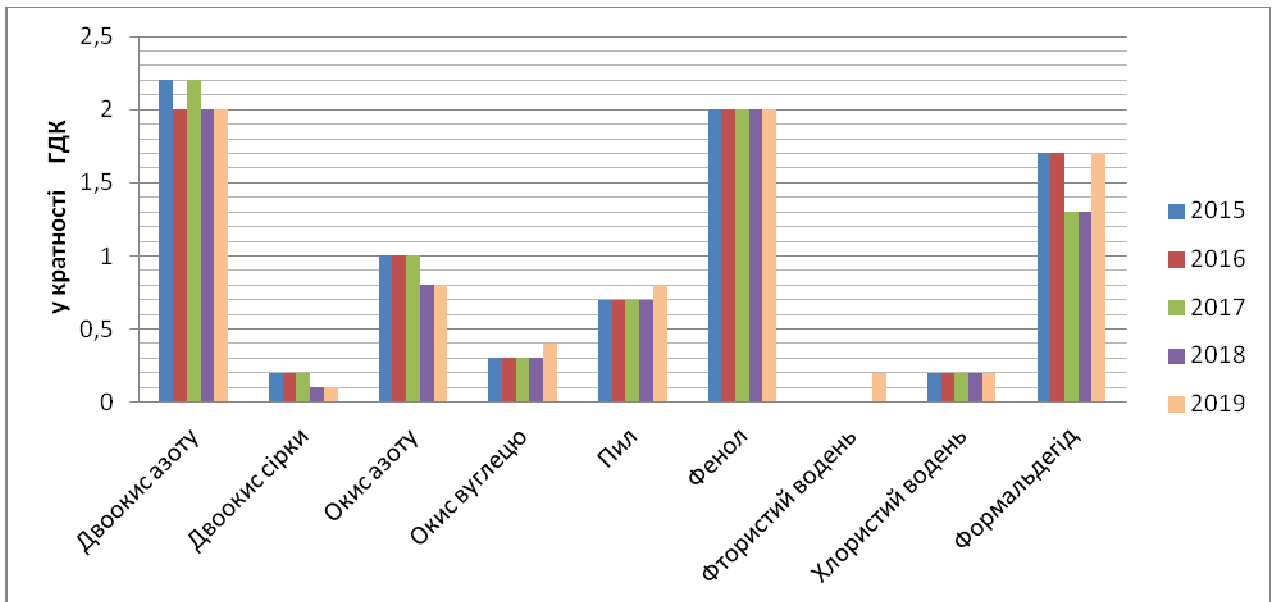


Рисунок 1.2 – Динаміка середньорічних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі м. Запоріжжя

Однак дещо інша картина складається при аналізі даних моніторингових досліджень ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України». Відсоток проб з перевищеннями значно відрізняється від даних ЗЦГМ.

Кількість проведених вимірювань в середньому складає близько 1300 вимірювань за рік. Однак, у 2020 році за 10 місяців року проведено більше 1600 вимірювань (табл. 1.6). Також значно відрізняється у 2020 році і кількість вимірювань з перевищенням ГДК.

Частково це можна пояснити тим, що лабораторія ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» здійснює виїзди за скаргами жителів, однак значущу роль також відіграє автоматизований відбір проб.

По Дніпровському та Шевченківському районах кількість зафіксованих перевищень збільшилася у 6-7 разів, найбільший відсоток зафіксований у Хортицькому районі, який раніше не був охоплений спостереженнями та Олександрівському, в якому цей показник з 2 зареєстрованих перевищень за 9 місяців 2020 року сягнув до 34. Комунарівський район залишається найбільш безпечним з точки зору зафіксованих перевищень спостережень (табл. 1.7).

Таблиця 1.6 – Динаміка перевищень ГДК забруднюючих речовин, зафіксованих ДУ «Запорізький ОЛЦ МОЗ України» в житловій забудові міста Запоріжжя, %

Період, рік	Кількість вимірювань	перевищень ГДК	
		Кількість вимірювань з перевищеньнями	%
2015	1456	231	15,86
2016	1368	220	16,08
2017	1237	221	17,86
2018	1191	211	17,72
2019	1382	205	14,8
2020(станом на 01.09.2020)	1641	410	24,99

Таблиця 1.7 – Відсоток перевищень, від загальної кількості

Район міста/ рік	Кількість вимірювань		
	2018	2019	2020 (01.09.2020)
	1191	1382	1641
% зафіксованих перевищень			
Вознесенівський	39	41,9	42,5
Заводський	37,5	39,5	69,11
Шевченківський	6,3	8,8	46,34
Дніпровський	17,3	7,8	45,13
Олександрівський	1	2	34,72
Хортицький	0	0	25,00
Комунарівський	0	0	4,88

Протягом року перевищення гігієнічних нормативів в атмосферному повітрі обумовлювали наступні показники: пил (26,8 % від загальної кількості відхилень), фенол (35,2 %), сірководень (23,9 %), сірковуглець

(10,7%), азоту діоксид (2,9 %), аміак (разово), перевищення яких реєструвались в межах від 1,1 до 2,9 ГДК [8].

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

З 2020 року в Запорізькій області функціонує мобільна лабораторія моніторингу довкілля. Рішеннями Запорізької обласної ради від 08.06.2017 № 85 та міської ради від 25.05.2016 №46 ухвалені Програми відновлення функціонування у м. Запоріжжі пересувної лабораторії моніторингу довкілля Державної установи «Запорізький ОЛЦ МОЗ України».

З початком роботи мобільної лабораторії у 2020 році спостерігається значний стрибок зафіксованих перевищень у районах міста, які ustalено вважаються «чистими» від забруднення.

Сучасне обладнання та аналітично-вимірювальні прилади, якими оснащена мобільна лабораторія, автоматизований відбір проб дозволяють проводити значно більшу кількість спостережень, що дає більш повну картину щодо забруднення повітря у місті, особливо у районах, де відсутні спостереження гідрометеорології.

2 МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря у світі

Розрахунок індексу забруднення повітря (ІЗА) ґрунтується на твердженні, що всі забруднювачі, які не перевищують гранично допустиму концентрацію, мають однаковий вплив на організм людини. При цьому ступінь їх шкідливості залежить від класу небезпеки і збільшується зі збільшенням їх концентрації [9].

Для порівняння ступеня забруднення повітря в різних містах використовується показник сумарного ІЗА – комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА). Однак, такий метод можливий за умови, що у порівнюваних містах проводяться спостереження за концентраціями однакового набору речовин. В той же час набір вимірюваних забруднюючих речовин в різних містах, подекуди навіть на різних постах одного міста, сильно різняться [9].

Характерною особливістю аналізу якості повітря в нашій країні, яка успадкувала засади колишнього СРСР є те, що такий аналіз проводиться для найбільш небезпечних речовин та враховує обсяг їх викидів для окремої територіальної одиниці. Відсутність стандартизованого переліку вимірюваних речовин ускладнює порівняння та є суттєвим недоліком такого способу. В той же час, облік саме специфічних забруднювачів є об'єктивнішим при оцінці якості повітря і впливу його на організм людини [9].

У світовій практиці використовують також інші види індексу забруднення атмосфери.

Наприклад у Канаді використовується індекс здоров'я за якістю повітря (Air Quality Health Index or – AQHI), який прийшов на зміну індексу якості повітря (Air quality index – AQI), розробленого в 1970-х роках [9].

Для розробки показника AQHI вчені взяли за основу визначення добових змін ризику смертності по десяти містах з 1998 по 2000 рр., результати яких представлені результатів у вигляді 10-бальної шкали. На відміну від попереднього показника AQHI (формула (2.1)) показує небезпеку сукупного впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини. При розрахунку AQHI враховуються три специфічні забруднювальні речовини (O_3 , $PM_{2,5}$, NO_2), які здійснюють серйозний спільний вплив на здоров'я людини, навіть в результаті короткочасного впливу [9].

$$AQHI = \frac{10}{10,4} \times \left(100 \left[\left(e^{0,00087 \times NO_2} - 1 \right) + \left(e^{0,00053 \times O_3} - 1 \right) + \left(e^{0,00048 \times PM_{2,5}} - 1 \right) \right] \right) \quad (2.1)$$

Приземний озон (O_3) формується в результаті спалювання органічного палива у двигунах транспортних засобів, в результаті використання органічного палива у технологіях промислових підприємств а також фотохімічних реакцій в атмосфері. В спекотні дні приземний озон може бути одним з основних компонентів смогу протягом літа.

Джерелом надходження твердих частинок менше 2,5 мікрон в діаметрі є як антропогенні так і природні об'єкти. Так само частинки менше 2,5 мікрон в діаметрі можуть утворюватися в результаті хімічних реакцій між іншими поліюантами. Діоксид азоту надходить в повітря завдяки викидам енергоустановок та технологій, які використовують органічне паливо – в основному вугілля, та в складі викидів від транспорту [9].

В Канаді з результатами індексу можна ознайомитися в режимі реального часу, а також отримати рекомендації як для людей з групи ризику, так і для населення в цілому [9].

У США агентством з охорони навколишнього середовища (Environmental Protection Agency) був розроблений індекс якості повітря – Air Quality Index (AQI). Принцип розрахунку AQI ґрунтується на даних про концентрації п'яти основних забруднювачів: оксид вуглецю, приземний

озон, тверді частинки, діоксини сірки та азоту [10]. Індекс якості повітря в США розраховується окремо для кожного забруднювача за формулою (2.2) [9].

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C_{high} - C_{low}) + I_{low} \quad (2.2)$$

де I – індекс якості повітря;

C – концентрація забруднювача;

C_{low} – контрольна точка концентрації, що дорівнює $\leq C$;

C_{high} – контрольна точка концентрації, що дорівнює $\geq C$;

I_{low} – контрольна точка індексу, відповідна C_{low} ;

I_{high} – контрольна точка індексу, відповідна C_{high} .

У Франції використовується індекс *ATMO* для інтегральної оцінки забруднення повітря. Індекс *ATMO* унормовано на національному рівні спеціальною Постановою Міністерства екології та охорони навколишнього середовища [11][11]. *ATMO* розраховується за показниками чотирьох забруднювальних речовин: SO_2 , NO_2 , O_3 і твердих часток (PM_{10}). [12].

У Великій Британії прогнозуванням якості повітря опікується метеорологічний департамент, який публікує прогнози, де рівень забруднення повітря описується індексом по шкалі від 1 до 10, що в свою чергу відповідає рівню небезпеки (від 1 до 3 – низький, від 4 до 6 – помірний, від 7 до 9 – високий, 10 – дуже високий). Ці рівні встановлені на основі впливу кожної забруднюючої речовини на здоров'я. При розрахунку індексу враховуються дані спостережень на станціях мережі моніторингу концентрації O_3 , NO_2 , SO_2 і PM [12].

У Бельгії для інтегральної оцінки стану атмосфери застосовується подібний за методикою розрахунку з *AQI* США – індекс якості атмосферного повітря (*BELATMO*). Індекс розраховується виходячи з заміряних на станціях мережі моніторингу концентрацій O_3 , NO_2 , SO_2 і PM [12].

Для оцінки якості атмосфери у Китаї використовується індекс забруднення повітря (*API*). Розрахунок індексу включає дані про концентрації трьох забруднюючих речовин: SO_2 , NO_2 і PM_{10} . Звіт про добове забруднення розраховується за інтервал часу від 12 год. попереднього дня до 12 год. поточного. Моніторинговий центр з охорони навколишнього середовища Китаю видає щодня добовий звіт за ключовими містами в засоби масової інформації. Він включає в себе інформацію про рівень забруднення атмосфери, основних забруднювачів, оцінку якості повітря і т. д. [13].

Попри деякі відмінності в підходах до оцінювання якості повітря у різних країнах, аналіз цих методів показує, що країни в першу чергу керуються забезпеченням відповідної якості довкілля та здоров'я населення.

Вимірювання приземного озону є обов'язковим для оцінки якості повітря у багатьох країнах, у тому числі європейських, оскільки доведено, що високі концентрації приземного озону є небезпечними для здоров'я людини. Для репрезентативності результатів у світовому співтоваристві, всі існуючі системи моніторингу потребують модернізації [9].

2.2 Методика дослідження якості повітря в Україні

В нашій країні основним критерієм рівня забруднення атмосферного повітря залишаються встановлені гранично допустимі концентрації, які затверджені Міністерством охорони здоров'я. Для оцінки рівня забруднення повітря використовуються одиничні осереднені дані показників забруднення до відповідного ГДК за періодом осереднення.

Нормовані на ГДК одиничні осереднені і разові показники забруднення атмосфери є одиничними індексами забруднення атмосфери. Для аналізу рівня забруднення атмосферного повітря населених місць окремими домішками використовується ІЗА (I), що розраховується за формулою (2.3):

$$I = \left(\frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right)_i^{C_i} \quad (2.3)$$

де q – середня концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі, мг/м³;

C_i – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини, і є приведенням ступіню шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки [13].

Такий спосіб визначення індексу забруднення повітря ґрунтується на припущенні, що на рівні ГДК всі поллютанти мають однаків вплив на здоров'я людини, а при подальшому зростанні концентрацій ступінь їх шкідливого впливу зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини. Вважається, що якість повітря за вмістом окремого поллютанта відповідає вимогам санітарно-гігієнічної безпеки при $IЗА \leq 1$.

З метою порівняння рівня забруднення атмосфери в різних містах застосовується комплексний ІЗА (КІЗА). Цей показник є безрозмірною функцією характеристик ступеню забруднення атмосферного повітря декількома речовинами, їх сумішню. Комплексний ІЗА розраховується за формулою (4.6), яка враховує l речовин, які присутні у атмосфері, [13]:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i = \sum_{i=1}^l \left[\frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right]_i^{C_i} \quad (2.4)$$

Для кожного населеного пункту визначено перелік п'яти пріоритетних домішок, за якими розраховується індекс забруднення атмосфери ІЗА.

В якості інтегральної оцінки рівня забруднення повітря за допомогою КІЗА використовують значення одиничних індексів ІЗА тих п'яти ЗР (I_5), для яких ці значення найбільші:

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (2.5)$$

За величиною I_5 встановлюється чотири рівні забруднення:

$I_5 < 5$ – низький рівень;

$5 \leq I_5 < 7$ – підвищений рівень;

$7 \leq I_5 < 14$ – високий рівень;

$I_5 \geq 14$ – дуже високий рівень.

3 РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСНОГО ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ У М. ЗАПОРІЖЖІ

На основі даних щодо середньодобових концентрацій окремо по постах Запорізького центру гідрометеорології в Запоріжжі за 2016-2020 роки (станом на 01.09.2020) роки (додаток А) було проаналізовано середньомісячні концентрації в кратності ГДК 8 забруднювальних речовин: завислі речовини (пил), двоокис сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, формальдегід, фенол, фтористий водень, хлористий водень, на 5-ти ПЗС (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Розташування постів спостереження за забрудненням в м. Запоріжжі (складено за матеріалами додатку А)

№ ПЗС	Місце розташування, район	Перелік речовин за якими проводяться спостереження	
		основних	специфічних
№9	Вул. Рекордна, 2 Дніпровський	Пил загальний (завислі речовини), двоокис азоту, оксид вуглецю, двоокис сірки	Сірководень, фтористий водень, розчинні сульфати, важкі метали
№10	Бул. Шевченка, 25, Вознесенівський		Сірководень, фенол
№11	Вул. Миру, 1, Вознесенівський		Оксид азоту, сірководень, фенол, формальдегід, важкі метали, бенз(а)пірен
№12	Вул. Шкільна, 24 а, Олександрівський		Фенол, хлористий водень, важкі метали, бенз(а)пірен
№13	Пров. Черкаський, 13, Дніпровський		Хлористий водень, бенз(а)пірен

Програмою спостережень передбачено різні строки та час відбору проб (табл. 3.2). При цьому відбір проб специфічних речовин відбувається чотири рази на добу, загальнопоширені – переважно двічі на добу.

Таблиця 3.2 – Програма спостережень на ПЗС м. Запоріжжя

Номер поста спостережень	Місце розташування точки спостережень	Параметри, що контролюються	Од. виміру	Періодичність спостережень
№9	Вул. Рекордна, 2	пил, CO, розчинні сульфати, важкі метали	мг/м ³	2 рази на добу
		SO ₂ , NO ₂ , сірководень, фтористий водень, формальдегід		4 рази на добу
№10	Бул. Шевченка, 25	пил, CO	мг/м ³	2 рази на добу
		SO ₂ , NO ₂ , фенол		3 рази на добу
		сірководень		4 рази на добу
№11	Вул. Миру, 1	пил, CO, важкі метали, бенз(а)пірен	мг/м ³	2 рази на добу
		SO ₂ , NO ₂ , NO _x , сірководень		3 рази на добу
		Фенол, формальдегід		4 рази на добу
№12	Вул. Шкільна, 24 а	пил, CO, SO ₂ , NO ₂ важкі метали, бенз(а)пірен	мг/м ³	2 рази на добу
		Фенол		3 рази на добу
		Хлористий водень		4 рази на добу
№13	Пров. Черкаський, 13	пил, CO SO ₂ , NO ₂ , бенз(а)пірен	мг/м ³	2 рази на добу
		Хлористий водень		4 рази на добу

При цьому результати спостережень свідчать, що найбільші концентрації спостерігаються по речовинам пил загальний, діоксид та оксид азоту, фенол та формальдегід. Середні концентрації можуть різко відрізнятися від максимальних (рис. 3.1). Наприклад, у 2019 році середні

концентрації по пилю не перевищували встановлені ГДК і складають 0,7 ГДК, але в той же час максимальні фіксуються на рівні 1,5 ГДК, по діоксиду азоту середні концентрації складають 1,8 ГДК, а максимальні значення – 3 ГДК. По формальдегіду – середньодобові значення – 1,64 ГДК, а максимальні із зафіксованих – 3,6 ГДК.

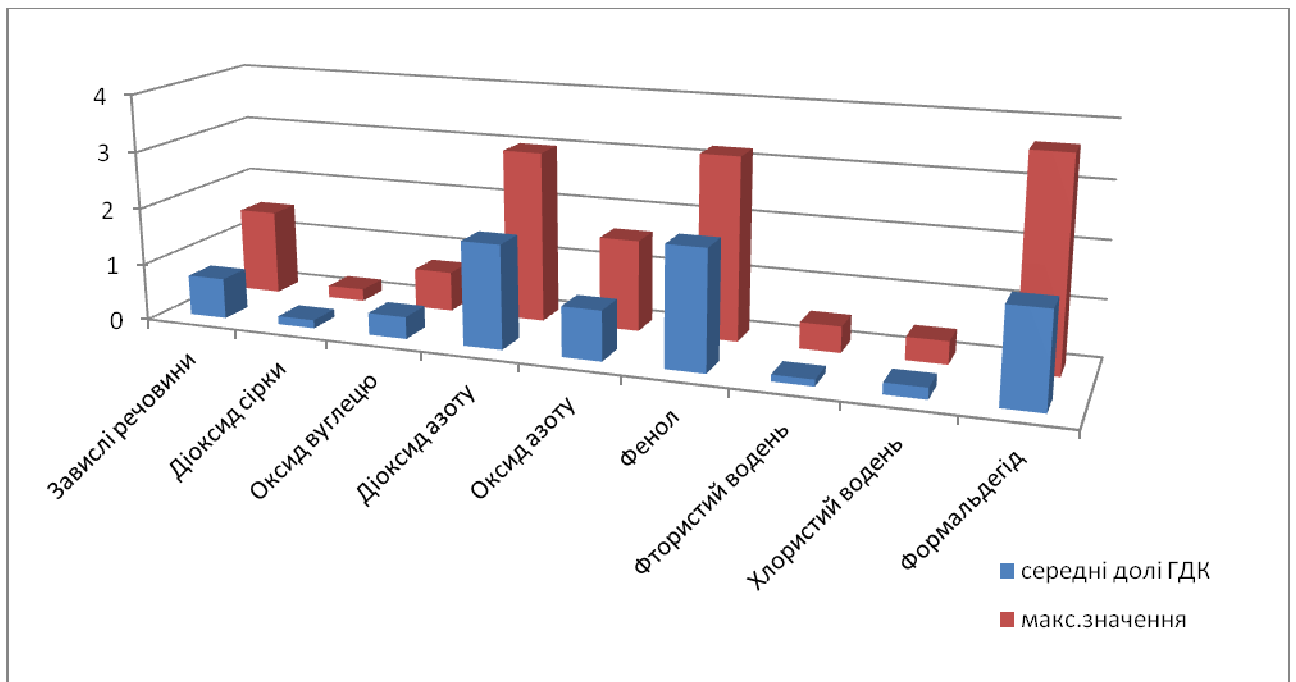


Рисунок 3.1 – Середні та найбільші концентрації забруднюючих речовин у кратності ГДК (2019 р.)

Для аналізу розподілу цього показника були проведені розрахунки КІЗА по середньодобовим концентраціям речовин по кожному ПЗС в Запоріжжі за період дослідження 2016-2020 рр. (станом на 01.09.2020). Розрахунок КІЗА по постам проводився за всіма концентраціями спостережуваних речовин, крім сірководню у зв'язку з відсутністю для сірководню ГДК сд.

На карту міста було нанесено рівні забруднення атмосферного повітря на ПЗС та відповідні їм КІЗА для кожного року за досліджуваний період (рис. 3.2).

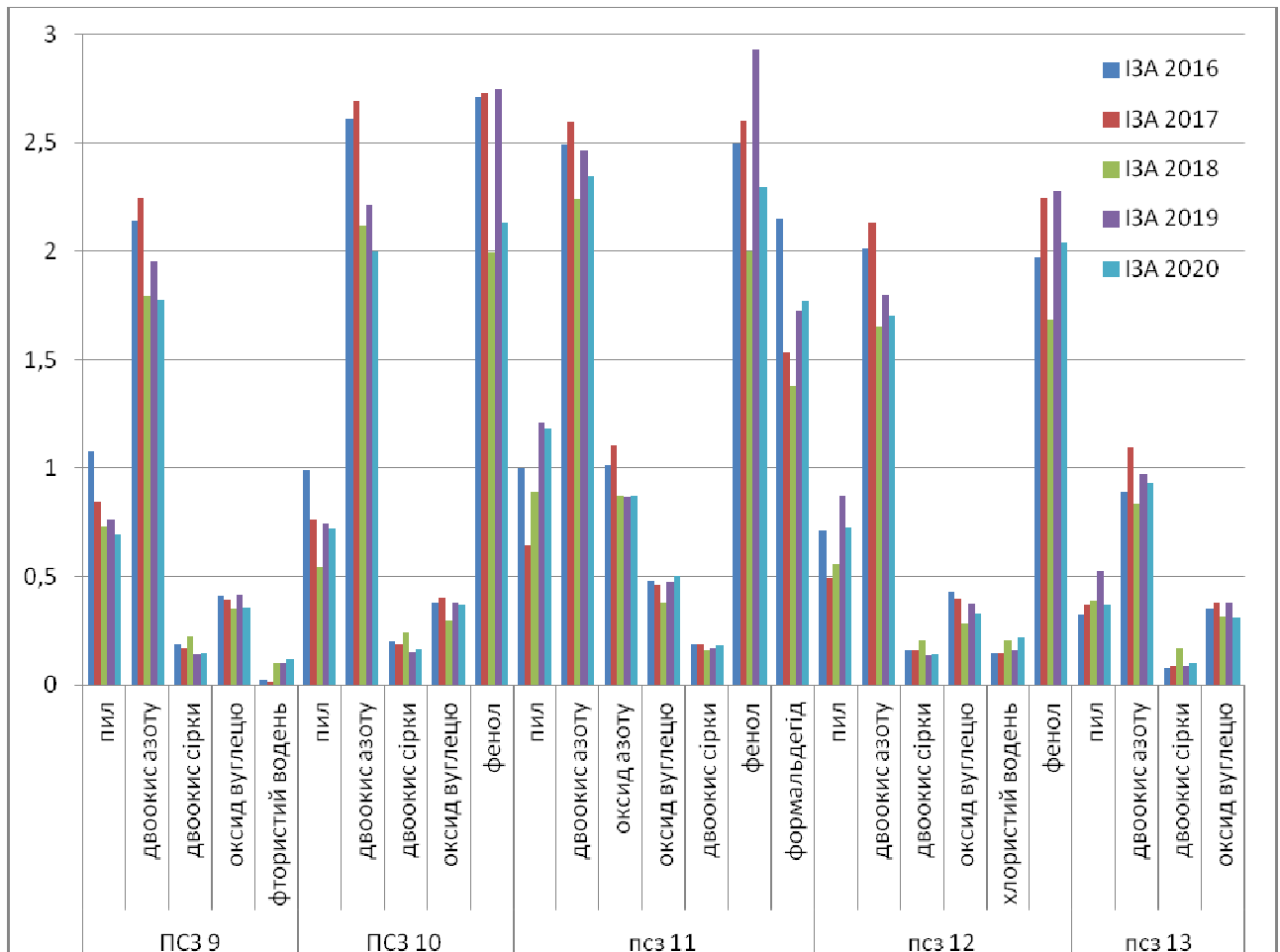


Рисунок 3.2– КІЗА на ПСЗ

Рівні I_n відрізняються в залежності від району міста та локації поста, його віддаленості від джерел забруднення. Наприклад, ПСЗ №13, що знаходиться на правому березі міста, показує найнижчі рівні забруднення, які не перевищують 2 одиниць, а пости, які розташовані в центрі міста, в безпосередній близькості до основного промислового комплексу сягають величин у 7 або більше одиниць. На найближчому до промислового комплексу ПЗА №11 комплексний індекс забруднення атмосфери є найвищим та сягає більше 9 одиниць. Результати розрахованих КІЗА наведені у табл. 3.3 [14].

На рисунках 3.3-3.7 представлені рівні забруднення атмосферного повітря за результатами розрахунку ІЗА (I_n) на постах спостереження у м. Запоріжжі з 2016 р. по 2020 (за 9 місяців) (додаток Б).

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку КІЗА на ПСЗ

№з/п	ПСЗ	№9 Вул.Рекордна, 2	№10 Б. Шевченка, 25	№11 Вул. Миру, 1	№12 Вул. Шкільна, 24 а	№13 Пров. Черкаський
	рік					
1.	2016	3,8	6,9	8,8	5,3	1,6
2.	2017	3,7	6,8	8,0	5,4	1,93
3.	2018	3,2	6,1	7,9	4,6	1,7
4.	2019	3,4	6,24	9,8	5,6	1,96
5.	2020	3,1	5,4	9,2	5,2	1,7

Динаміка змін КІЗА окремо по ПЗА за останні п'ять років представлена на рисунку 3.8.

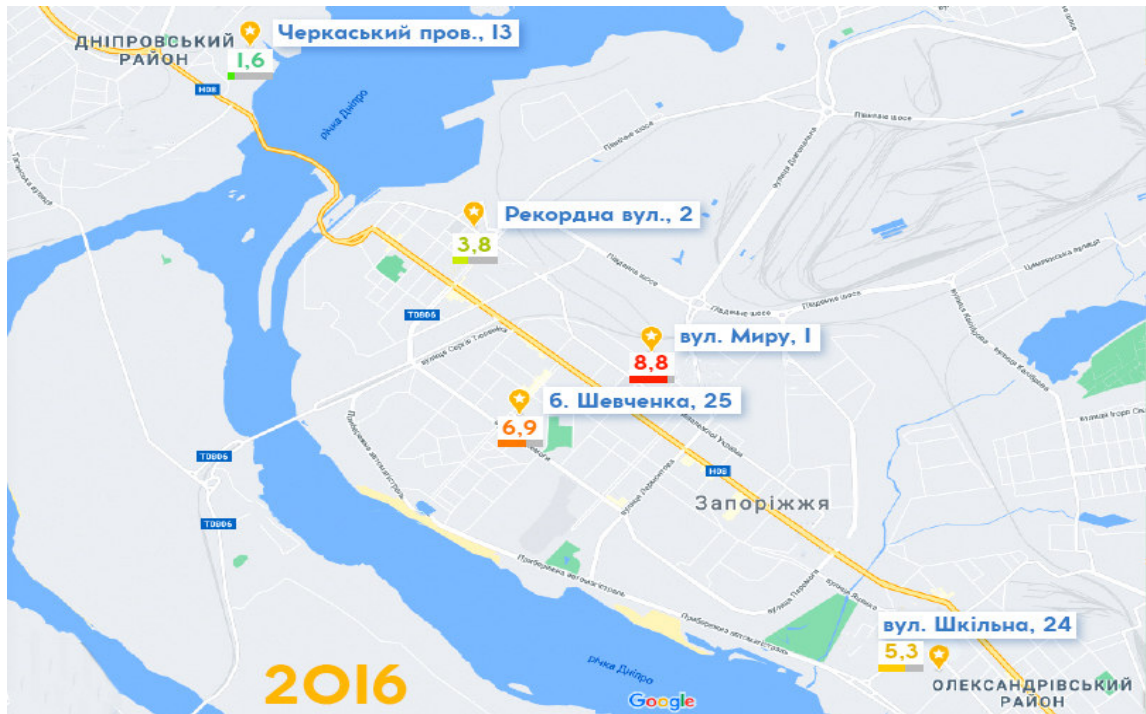


Рисунок 3.3 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (In) на постах спостереження у м. Запоріжжі в 2016 р.

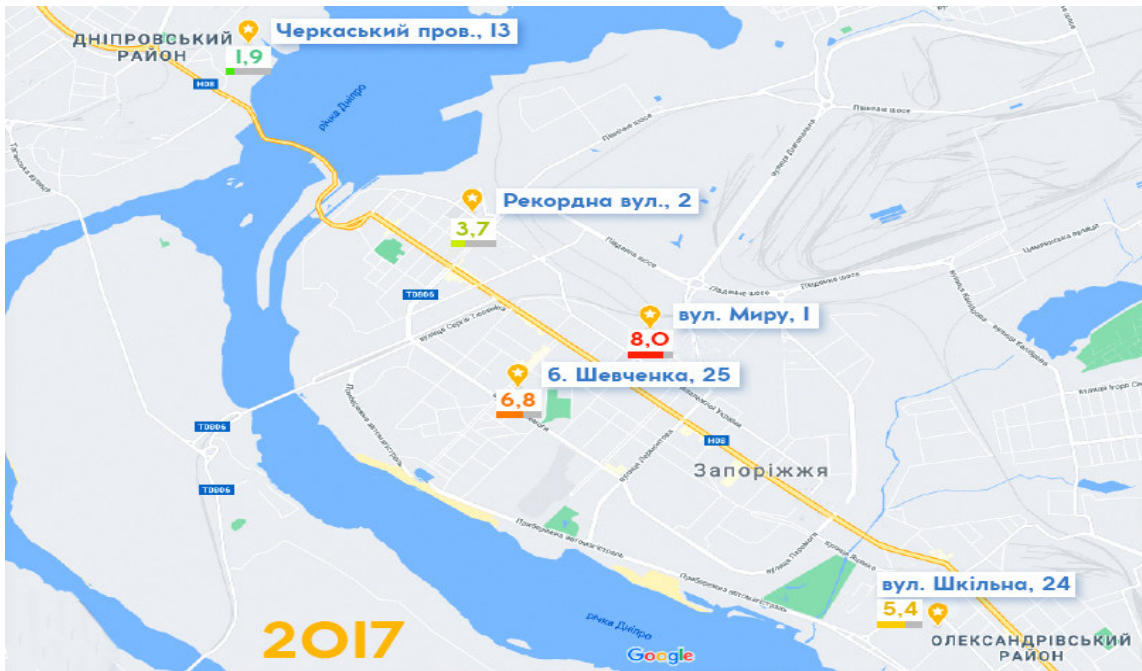


Рисунок 3.4 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (Іп) на постах спостереження у м. Запоріжжі в 2017 р.

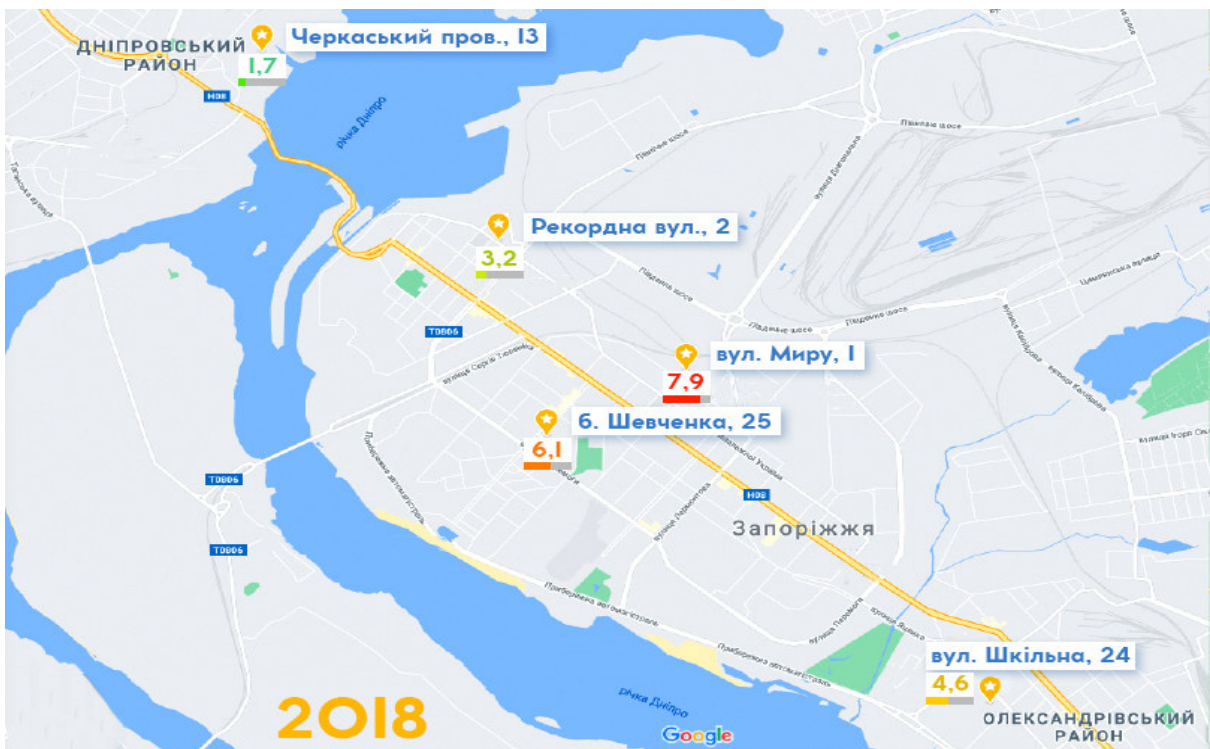


Рисунок 3.5 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (Іп) на постах спостереження у м. Запоріжжі в 2018 р.

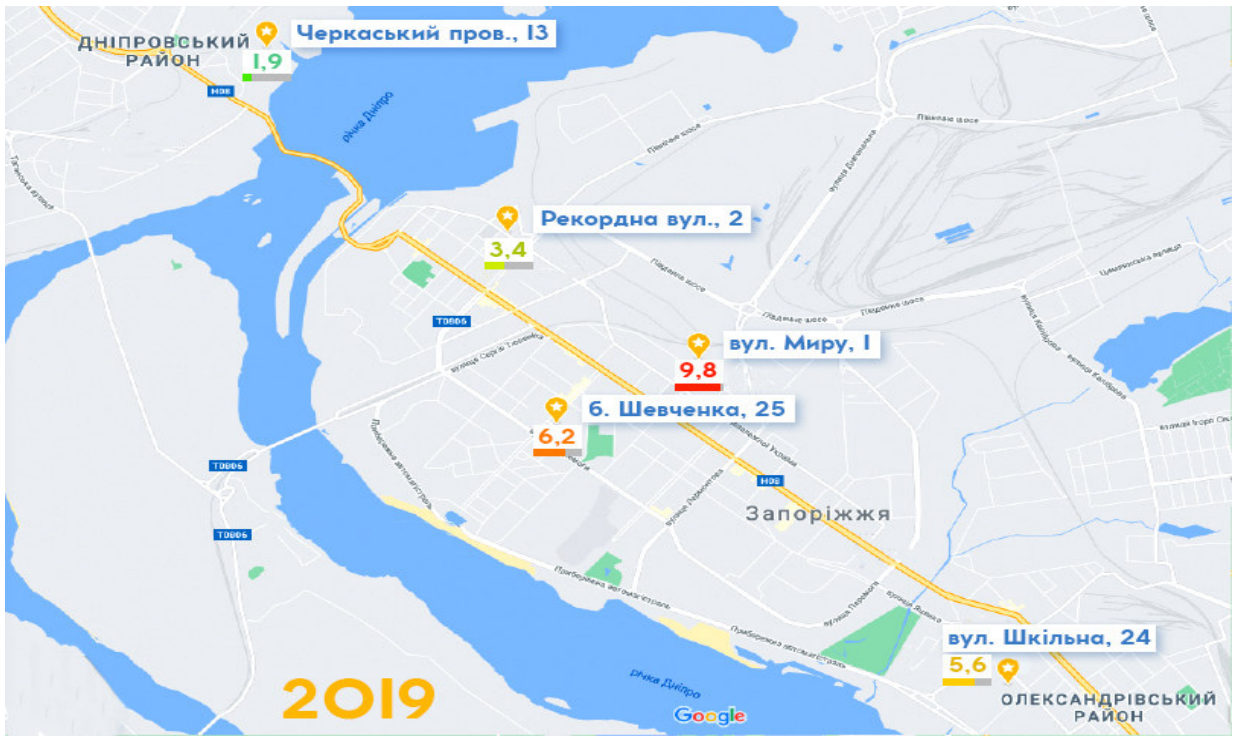


Рисунок 3.6 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (In) на постах спостереження у м. Запоріжжі в 2019 р.



Рисунок 3.7 – Рівні забруднення атмосферного повітря за ІЗА (In) на постах спостереження у м. Запоріжжі за 9 місяців 2020 р.

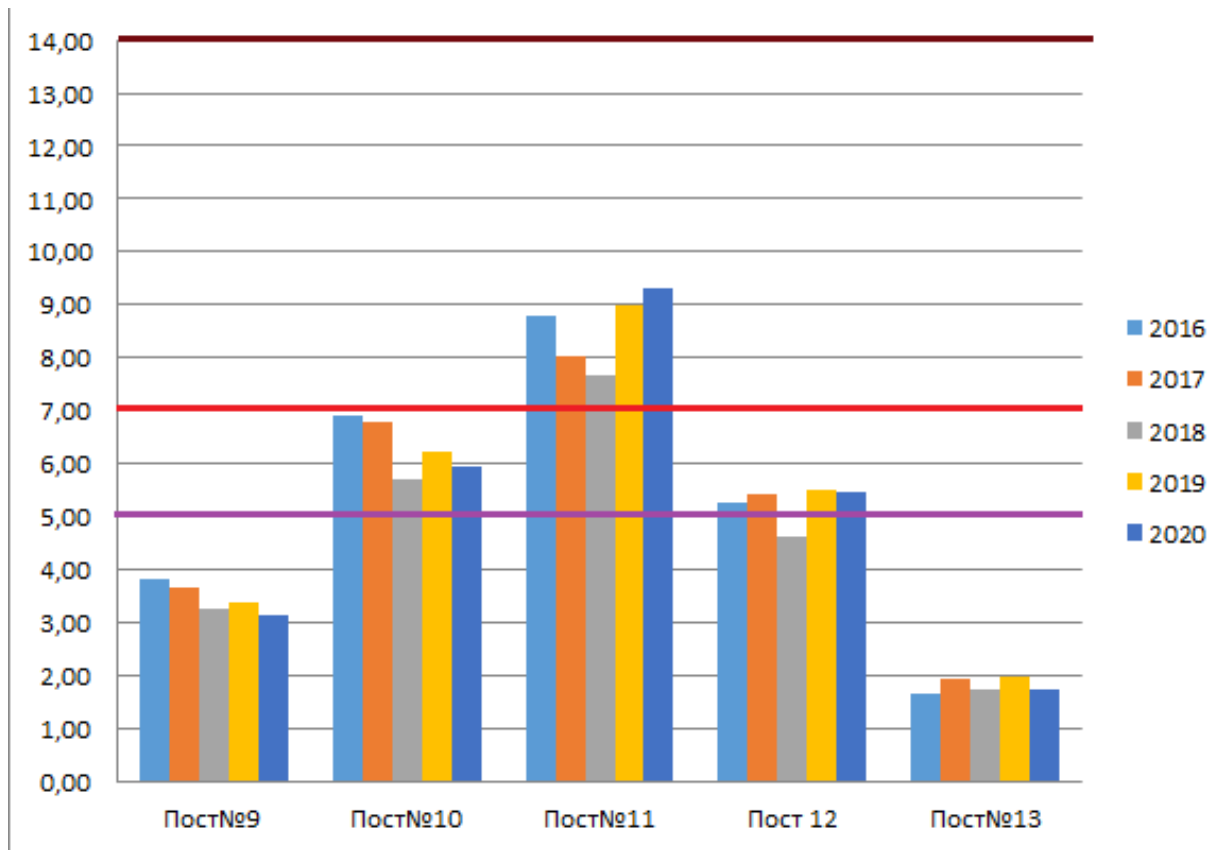


Рисунок 3.8 – КІЗА по ПСЗ

Аналіз розрахунків показав, що в м. Запоріжжі максимальні значення ІЗА одиничного відзначаються для таких забруднюючих речовин, як формальдегід, діоксид азоту, оксиду азоту, а також фенол. ІЗА інших забруднюючих речовин не перевищують одиницю, це означає, що за їх вмістом якість повітря в Запоріжжі відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. При цьому в умовно «екологічно чистих» районах міста – Олександрівському (ПСЗ №9) та Дніпровському (ПСЗ №13) рівень КІЗА складає відповідно в середньому близько 4 та 2 відповідно.

Слід зауважити, що пости в цих районах максимально віддалені від основного промислового майданчика, рівень забруднення на ПСЗ № 9 не перевищує встановлену норму для рівня «безпечний».

При цьому важливо відмітити, що в Україні з 2014 року у зв'язку з війною на сході країни та ліквідацією регіональної лабораторії Донецького обласного центру з гідрометеорології, яка єдина на всій мережі

гідрометслужби проводила аналіз речовини бенз(а)пірен, спостереження за БП зараз не проводиться.

Однак саме бенз(а)пірен, так само як і формальдегід мають значущу роль у формуванні індексу.

Також методикою розрахунків КІЗА не передбачено групи сумачій, яких наразі налічується 51 [15].

Найбільш типовими сумачіями для міста Запоріжжя є групи сумачій:

- №39. Сірчистий ангідрид і діоксид азоту;
- №40. Сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, фенол і пил конверторного виробництва;
- №41. Сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, діоксид азоту і фенол;
- №42. Сірчистий ангідрид і фенол;
- №43. Сірчистий ангідрид і фтористий водень;

Сумачії відображають характер сумісної біологічної дії одночасно присутніх в атмосфері токсикантів. При цьому сума концентрацій декількох речовин що присутні у атмосфері, та які здатні діяти спільно, не повинна перевищувати одиниці.

ВИСНОВКИ

1. Визначено, що стан системи моніторингу повітря м. Запоріжжя потребує технічної та якісної реформації, рівень забруднення повітря у досліджуваній період відзначається високим, має нерівномірний розподіл по районах. Максимальні показники забруднення спостерігались по формальдегіду, оксидам азоту, фенолу та пилу загального.

2. Криза техногенного навантаження на місто Запоріжжя погіршується кліматичними особливостями регіону та існуючим зонуванням. В районах міста, які планувалися винятково під житлову забудову, також розташовані різноманітні підприємства металургії та хімічної промисловості. Система моніторингу якості повітря у місті є недосконалою, встановлені у 70-х роках минулого століття пости спостереження ручного відбору проб технічно застарілі, відбір проб, який здійснюється на переважній кількості постів у денний час не дозволяє оцінити якість повітря. Пости розташовані лінійно, з 7 адміністративних районів мережею охоплено лише три. Стан забруднення міста залишається високим, зберігає монотонну тенденцію рівня забруднення з невеликими коливаннями, які залежать від економічних чинників. Викиди забруднюючих речовин оцінюються за даними форми статистичної звітності 2тп повітря, однак велика частина підприємств, які не належать до переліку підзвітних, залишається поза увагою чинних оцінок рівня забруднення.

3. Розрахунки КІЗА на постах показали їх неоднорідність, перелік вимірюваних речовин не є уніфікованим для всіх постів. Найбільший внесок у формування КІЗА здійснює формальдегід. Істотними також є концентрації оксидів азоту, фенолу та пилу загального. Екологічний моніторинг в м. Запоріжжі, який здійснює ЗЦГМ не включає вимірювання небезпечних токсикантів, наявність яких є характерною для великих міст – бензапірен. Найбільший рівень КІЗА спостерігається на ПСЗ розміщених у зоні впливу основного промислового майданчика. В інших районах міста, де наявний промисловий потенціал, спостереження не ведуться, оцінити рівень якості повітря за даними гідрометслужби неможливо.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Про охорону атмосферного повітря: Закон України за станом на 16 жовтня 1992. Відом. Верх. Ради України. 1992. № 50. 678 с.
2. Запорожець О. І. та ін.; за редакцією С. В. Бойченка. Транспортна екологія: навчальний посібник. Київ: «Центр учбової літератури», 2017. 508 с.
3. Сафранов Т. А. Загальна екологія та неоекологія: Конспект лекцій. Київ: КНТ, 2005. 188 с.
4. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць, Наказ Міністерство охорони здоров'я від 14.01.2020, №52, Офіційний вісник України від 25.02.2020. 2020 р., № 15, стор. 20, стаття 608 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
5. Колесник В.Є, Павличенко А.В., Калініна К.Р. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення. Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. Дніпро: ИГТМ НАНУ, 2017. Вип. 137. С. 156-169. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/158647>
6. Бюлетні «Інформаційно – аналітичний огляд Стан довкілля в Запорізькій області» 2020, Запорізька обласна державна адміністрація.
7. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень національної гідрометслужби. Центральна геофізична обсерваторія ім. Срезневського URL: http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2019 році. Запорізька обласна державна адміністрація, м.Запоріжжя, Запорізька обласна державна адміністрація, 2020 С.26–38.

9. Доценко Л. В., Демиденко А. С. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря. Екологічна безпека. 2014. Вип. 2. С. 71-74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2014_2_14
10. Air Quality Index (AQI, A Guide to Air Quality and Your Health). URL: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>
11. Statistiques indice de la Qualite de l'air. Année civile 2005. AIRPARIF Surveillance de la Qualite de l'air en Ile-de-France. Paris, 2005. 9 p.
12. Сафранов Т.А. та ін.; за ред. проф. Сафранов Т. А. і проф. Адаменко Я. О. Системний аналіз якості навколишнього середовища: підручник Одеса: Екологія, 2015. 244 с.
13. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
14. Пірогова І. М., Белоконь К. В., Єрьоменко В., Олійник О. Визначення рівня забруднення атмосфери м. Запоріжжя на основі індексу забруднення атмосфери. Міжнародна науково-практична конференція «Біоекономіка як ключовий фактор розвитку виробництва та екологізації промислового регіону» Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С. 392-395.
15. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) . Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201.

Продовження таблиці ДОДАТКУ А

2017	місяць /ЗР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	рік
		ПСЗ № 9	пил	1,0	0,9	0,9	0,5	1,2	1,1	0,4	1,0	0,7	0,8	0,8
NO ₂	1,8		2,1	2,8	2,2	2,7	2,0	2,2	2,8	1,9	2,3	2,0	2,1	2,2
SO ₂	0,2		0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CO	0,3		0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
HF	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ПСЗ № 10	пил	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	0,5	0,6	0,4	0,9	0,5	0,5	0,8
	NO ₂	3,0	2,9	2,6	2,4	2,6	2,9	3,0	3,0	2,4	2,6	2,7	2,4	2,7
	SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	CO	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
	фенол	2,4	2,2	2,2	2,0	2,0	2,2	2,3	2,3	2,0	2,2	2,1	2,0	2,2
ПСЗ № 11	пил	0,5	0,4	0,6	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	0,8	0,7	0,6
	NO ₂	2,3	2,4	2,4	2,4	2,8	2,6	2,6	3,1	2,6	2,6	2,8	2,4	2,6
	NO _x	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1
	CO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	фенол	2,0	2,1	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,4	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1
	CH ₂ O	1,0	1,2	1,2	1,1	1,5	1,6	1,4	1,7	1,6	1,5	1,6	1,2	1,4
ПСЗ № 12	пил	0,6	0,7	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5	0,5
	NO ₂	2,2	2,0	1,7	1,9	2,3	2,0	1,8	2,8	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1
	SO ₂	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	CO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4
	HCl		0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
	фенол	1,9	1,8	1,8	1,6	1,7	1,9	2,0	1,9	2,0	2,2	1,9	1,6	1,9
ПСЗ № 13	пил	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4
	NO ₂	1,2	1,0	1,6	1,1	1,1	1,1	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
	SO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	CO	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Продовження таблиці ДОДАТКУ А

2018	місяць/ЗР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	рік
ПСЗ № 9	пил	0,8	0,9	0,1	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	1,1	0,6	0,7	0,7
	NO ₂	2,0	2,3	0,0	1,6	1,9	1,8	2,0	2,0	2,4	2,1	1,8	1,6	1,8
	SO ₂	0,1	0,2	1,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	CO	0,4	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,3	0,3
	HF	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
ПСЗ № 10	пил	0,6	0,7	0,1	0,8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
	NO ₂	2,5	2,4	0,0	2,2	2,3	2,8	2,3	2,7	2,1	2,2	2,1	1,8	2,1
	SO ₂	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
	CO	0,4	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
	фенол	2,3	2,4	0,1	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,0	2,3	2,1	1,9	2,0
ПСЗ № 11	пил	0,8	1,2	0,1	0,9	1,1	0,8	1,0	1,1	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9
	NO ₂	2,2	2,8	0,0	2,5	2,5	2,4	2,5	2,8	2,3	2,5	2,3	2,0	2,2
	NO _x	0,8	0,8	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9
	CO	0,5	0,3	0,0	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	0,4
	SO ₂	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	фенол	2,0	2,4	0,0	2,2	2,3	2,0	2,2	2,4	2,1	2,3	2,0	2,0	2,0
	CH ₂ O	1,4	1,5	0,1	1,4	1,6	1,5	1,6	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4
ПСЗ № 12	пил	0,7	0,6	0,1	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6
	NO ₂	1,8	1,5	0,0	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	1,6	1,8	1,9	1,6	1,7
	SO ₂	0,1	0,1	1,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	CO	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	HCl	0,2	0,2	0,0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	фенол	1,7	1,8	0,1	1,7	2,0	1,8	1,9	2,1	1,7	1,8	2,0	1,5	1,7
ПСЗ № 13	пил	0,3	0,4	0,0	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
	NO ₂	0,8	0,8	0,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
	SO ₂	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	CO	0,3	0,3	нд	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3

Продовження таблиці додатку А

2020	місяць/ЗР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9 міс.
ПСЗ № 9	пил	0,5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8	0,9	0,7
	NO ₂	1,7	1,6	1,7	1,9	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8
	SO ₂	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
	CO	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
	HF	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
ПСЗ № 10	пил	0,6	0,7	1,0	0,8	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	0,7
	NO ₂	2,0	2,0	1,9	2,1	2,0	1,9	1,9	2,1	1,9	2,0
	SO ₂	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
	CO	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
	фенол	2,1	2,2	2,1	2,2	2,0	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1
ПСЗ № 11	пил	1,3	1,0	1,4	1,2	1,0	1,0	0,8	1,3	1,8	1,2
	NO ₂	2,1	2,0	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,8	2,5	2,3
	NO _x	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9
	CO	0,4	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5
	SO ₂	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	фенол	2,1	2,3	2,2	2,3	2,2	2,5	2,3	2,3	2,6	2,3
	CH ₂ O	1,3	1,5	1,8	1,3	1,7	2,0	1,9	2,0	2,4	1,8
ПСЗ № 12	пил	0,8	0,7	1,0	0,9	0,4	0,4	0,7	0,7	0,8	0,7
	NO ₂	1,8	1,7	1,7	2,0	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7
	SO ₂	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
	CO	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
	HCl	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	фенол	1,9	1,9	1,9	2,1	3,1	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0
ПСЗ № 13	пил	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
	NO ₂	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9
	SO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	CO	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3

ДОДАТОК Б. Розрахунок ІЗА

ПСЗ 9					
рік	Долі ГДК				
	пил	двоокис азоту	двоокис сірки	оксид вуглецю	фтористий водень
2016	1,0734	2,1389	0,1892	0,3682	0,0222
2017	0,8431	2,2428	0,1681	0,355	0,0143
2018	0,7337	1,7949	0,2228	0,3496	0,0973
2019	0,758	1,9545	0,1432	0,3784	0,1
2020	0,6964	1,7785	0,1451	0,3592	0,1175
ІЗА Сі*кі					
ІЗА 2016	1,0734	2,1389	0,1892	0,4069	0,0222
ІЗА 2017	0,8431	2,2428	0,1681	0,3937	0,0143
ІЗА 2018	0,7337	1,7949	0,2228	0,3496	0,0973
ІЗА 2019	0,758	1,9545	0,1432	0,417	0,1
ІЗА 2020	0,6964	1,7785	0,1451	0,3592	0,1175

ПСЗ 10					
рік	Долі ГДК				
	пил	двоокис азоту	двоокис сірки	оксид вуглецю	фенол
2016	0,9866	2,6148	0,2011	0,3448	2,1538
2017	0,7597	2,6923	0,1869	0,364	2,1664
2018	0,5463	2,1184	0,2393	0,2989	1,995
2019	0,7405	2,2124	0,1552	0,3444	2,1756
2020	0,7202	1,9967	0,162	0,3663	2,1307
ІЗА Сі*кі					
ІЗА 2016	0,9866	2,6148	0,2011	0,3835	2,7113
ІЗА 2017	0,7597	2,6923	0,1869	0,4027	2,7319
ІЗА 2018	0,5463	2,1184	0,2393	0,2989	1,995
ІЗА 2019	0,7405	2,2124	0,1552	0,3831	2,7469
ІЗА 2020	0,7202	1,9967	0,162	0,3663	2,1307

Продовження таблиці ДОДАТКУ Б

ПСЗ 11							
рік	Доли ГДК						
	пил	двоокис азоту	оксид азоту	оксид вуглецю	двоокис сірки	фенол	формальд егід
2016	1,0019	2,4897	1,0106	0,4453	0,1869	2,0214	1,8007
2017	0,6438	2,5932	1,1025	0,4258	0,1851	2,0859	1,3883
2018	0,888	2,2363	0,873	0,3785	0,1603	1,9981	1,3819
2019	1,2113	2,4685	0,8664	0,4372	0,1703	2,2836	1,5219
2020	1,1782	2,345	0,8742	0,5049	0,1846	2,2952	1,7718
ІЗА Сі*кі							
ІЗА 2016	1,0019	2,4897	1,0106	0,4828	0,1869	2,4967	2,1481
ІЗА 2017	0,6438	2,5932	1,1025	0,4637	0,1851	2,6007	1,5319
ІЗА 2018	0,888	2,2363	0,873	0,3785	0,1603	1,9981	1,3819
ІЗА 2019	1,2113	2,4685	0,8664	0,4749	0,1703	2,9255	1,7263
ІЗА 2020	1,1782	2,345	0,8742	0,5049	0,1846	2,2952	1,7718

ПСЗ 12							
Рік	Доли ГДК						
	пил	двоокис азоту	двоокис сірки	оксид вуглецю	хлорист ий водень	фенол	
2016	0,7158	2,0095	0,1573	0,3905	0,2313	1,683	
2017	0,4938	2,1313	0,1613	0,3612	0,2302	1,863	
2018	0,5561	1,6533	0,2037	0,2834	0,205	1,684	
2019	0,8705	1,7976	0,1366	0,3372	0,2399	1,885	
2020	0,7231	1,7	0,1409	0,3299	0,2192	2,042	
ІЗА Сі*кі							
ІЗА 2016	0,7158	2,0095	0,1573	0,429	0,1491	1,968	
ІЗА 2017	0,4938	2,1313	0,1613	0,3999	0,1482	2,245	
ІЗА 2018	0,5561	1,6533	0,2037	0,2834	0,205	1,684	
ІЗА 2019	0,8705	1,7976	0,1366	0,3759	0,1563	2,28	
ІЗА 2020	0,7231	1,7	0,1409	0,3299	0,2192	2,042	

Продовження таблиці ДОДАТКУ Б

ПСЗ 13				
Рік	Доля ГДК			
	пил	двоокис азоту	двоокис сірки	оксид вуглецю
2016	0,3214	0,8917	0,0759	0,3109
2017	0,369	1,092	0,086	0,342
2018	0,3882	0,8348	0,1723	0,3144
2019	0,5264	0,9706	0,0891	0,3429
2020	0,3685	0,9313	0,0994	0,3091
ІЗА Сі*кі				
ІЗА 2016	0,3214	0,8917	0,0759	0,3494
ІЗА 2017	0,369	1,092	0,086	0,3807
ІЗА 2018	0,3882	0,8348	0,1723	0,3144
ІЗА 2019	0,5264	0,9706	0,0891	0,3816
ІЗА 2020	0,3685	0,9313	0,0994	0,3091

АНОТАЦІЯ

до наукової роботи під шифром «Якість повітря»

Актуальність роботи. В останні роки у зв'язку з підвищенням рівня урбанізації стан навколишнього природного середовища великих міст значно погіршився. Особливо негативно дана ситуація позначається на повітряному басейні, який безпосередньо впливає на здоров'я населення цих територій. Саме тому важливим є своєчасне та достовірне прогнозування значних рівнів забруднення атмосферного повітря, яке являється невід'ємним фактором при проведенні природоохоронних заходів. Ступінь забруднення атмосфери залежить від кількості викидів шкідливих речовин і їх хімічного складу, від висоти, на якій здійснюються викиди, і від кліматичних умов, що визначають перенос, розсіювання і трансформацію складових викидів.

Контроль за станом атмосферного повітря є однією з ключових ланок системи моніторингу довкілля, оскільки надає інформацію про рівень забрудненості компонента, який першочергово, не опосередковано впливає на здоров'я великої кількості людей. В той же час, ефективність та повнота державного моніторингу атмосфери далеко не завжди є достатньою для вирішення завдань екологічного управління, реагування на надзвичайні ситуації, тощо. Тому очевидно є потреба в удосконаленні організаційної структури, методів та способів здійснення спостережень за станом атмосферного повітря. Саме тому необхідно проаналізувати сучасний стан системи моніторингу у м. Запоріжжі, виділити основні чинники забруднення та оцінити їх вплив на здоров'я людей, визначити можливі місця встановлення стаціонарних постів спостережень та маршрутних..

Метою роботи було аналіз та оцінка стану атмосферного повітря м. Запоріжжя за період 2016-2020 рр. на основі індексу забруднення атмосфери.

У відповідності до поставленої мети, дослідження було спрямовано на вирішення наступних **завдань**: проаналізувати стан забруднення міста

Запоріжжя та чинники, які впливають на нього; провести розрахунки комплексного індексу забруднення атмосфери; оцінити рівень забруднення повітря у м. Запоріжжя, визначити перелік показників за якими доцільно проводити моніторинг повітря, скласти рекомендації з організації автоматизованого моніторингу повітря на стаціонарних постах контролю якості атмосферного повітря.

Об'єкт дослідження – атмосферне повітря м. Запоріжжя.

Предмет дослідження – оцінка рівня забруднення повітря за допомогою розрахунку індексів та показників забруднення.

Методи дослідження. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя виконана за результатами спостережень на стаціонарних постах з використанням індексу забруднення атмосфери окремою домішкою (ІЗА) та комплексного індексу забруднення (КІЗА).

Практичне значення. Результати проведених досліджень доцільно використовувати в практиці для оцінювання рівня забруднення та якості повітря м. Запоріжжя з метою вдосконалення управління якістю повітря та планування заходів зі зменшення забруднення. Отримані результати впроваджені в практичну діяльність Державної установи «Запорізький обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» та можуть бути впроваджені в практичну діяльність Управління з питань охорони здоров'я Запорізької міської ради, Управління з питань екологічної безпеки Запорізької міської ради.

Загальна характеристика роботи. Наукова робота включає 40 сторінок тексту, 10 рисунків, 10 таблиць, 2 додатки, 15 використаних джерел. Обсяг основного тексту – 30 сторінок.

Ключові слова: АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ВИКИДИ, ЗАБРУДНЮЮЧА РЕЧОВИНА, ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, ПОКАЗНИК ЗАБРУДНЕННЯ, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ.