



ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:

ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО,
ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ

Колективна монографія



**ВОДОПОСТАЧАННЯ
І ВОДОВІДВЕДЕННЯ:
ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО,
ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ**

Колективна монографія

Київ
Яроченко Я. В.
2023



**WATER SUPPLY
AND WASTEWATER DISPOSAL:
DESIGNING, CONSTRUCTION,
OPERATION AND MONITORING**

Collective monograph

Kyiv
Ya.Yarochenko
2023



Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ: ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, МОНІТОРИНГ

Колективна монографія

за редакцією проф. Мальованого М. С.

Київ
Яроченко Я. В.
2023



Ministry of Education and Science of Ukraine
National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
Lublin University of Technology, Lublin, Poland
All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL: DESIGNING, CONSTRUCTION, OPERATION AND MONITORING

Collective monograph

the scientific editorship of Professor Myroslav Malyovanyy

Kyiv
Ya.Yarochenko
2023

УДК 556.11

В 62

DOI <https://doi.org/10.51500/7826-38-4>



Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Університет «Люблінська політехніка», м. Люблін, Польща
Львівська обласна організація Всеукраїнської Екологічної Ліги

Ministry of Education and Science of Ukraine
National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine
Lublin University of Technology, Lublin, Poland
All-Ukrainian Environmental League, Kyiv, Ukraine

Рецензенти / Reviewers:

Пляцук Л. Д. <i>Prof. L. Pliatsuk</i>	доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природозахисних технологій Сумського державного університету. <i>Sumy State University.</i>
Шмандій В. М. <i>Prof. Shmandiy</i>	доктор технічних наук, професор кафедри екології та біотехнології Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського. <i>Kremenchuk National University named after Michael Ostrogradskiy.</i>
Адаменко Я. О. <i>Prof. Adamenko</i>	доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. <i>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.</i>
Масікевич Ю. Г. <i>Prof. Masykevich</i>	доктор біологічних наук, професор кафедри гігієни та екології Вищого державного начального закладу України «Буковинський державний медичний університет». <i>Doctor of Science, Professor, Professor of the Department of Hygiene and Ecology of the Bukovyna State Medical University</i>

В 62 **Водопостачання і водовідведення:** проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг : колективна монографія / за ред. проф. Мальованого М. С. — Електрон. дан. — Київ : Яроченко Я. В., 2023. — 342 с. : рис., табл. — on-line. = *Water Supply and Wastewater Disposal: designing, construction, operation and monitoring : collective monograph / the scientific editorship of Professor Myroslav Malyovanyy — Eelectron. Data — Kyiv : Ya.Yarochenko, 2023. — 342 p. : illustrations, tables, photographs — on-line.*

ISBN 978-617-7826-38-4 (on-line)

Колективну монографію присвячено освітленню результатів наукових доповідей, оголошених на V Міжнародній науково-технічній конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг», за тематикою: водопровідні і каналізаційні мережі; очищення води, очищення і обробка стічних вод, переробка осаду; економіка водопостачання і водовідведення; вплив елементів управління водою та стічними водами на навколишнє середовище.

Монографію рекомендовано науковцям, викладачам, аспірантам, докторантам тощо.

The monograph is devoted to the coverage of the results of scientific reports announced at the 5th International Scientific and Technical Conference "Water Supply and Sewerage: Design, Construction, Operation, Monitoring" on the following topics: water supply and wastewater networks; water purification, wastewater and sludge treatment; Economics of water and wastewater management; Influence of elements of water and wastewater management systems on the natural environment.

УДК=UDK 556.11

ISBN 978-617-7826-38-4 (on-line)

© Авторський колектив, 2023
© НУ «Львівська політехніка», 2023
© Яроченко Я. В., 2023

ЗМІСТ

стор.

1	Сакалова Г.В., Василінич Т.М. Ефективна технологія очищення стічних вод молокопереробних підприємств.....	7
2	Черніков О.В., Моїсєєв О.В. Можливості та особливості використання автоматизованих фільтрпресів для зневоднення осадів стічних вод.....	20
3	Проскурнін О.А., Белоконь К.В., Дем'янова О.О., Цапко Н.С. Використання методу статистичних випробувань (Монте- Карло) для оцінки рівня екологічної безпеки скидання стічних вод.....	40
4	Жданюк Н.В. Структурно-механічні властивості дисперсій модифікованих глин.....	53
5	Butenko E., Voloshin V., Kapustin A. Problems of using lime dust for the elimination of acid waste from metallurgical production.....	80
6	Мальований М.С., Вронська Н.Ю., Тимчук І.С., Жук В.М., Мороз О.І. Використання звязуючого натурального походження для удосконалення технології створення паливних брикетів із деревних відходів.....	91
7	Ілляш О.Е., Голік Ю.С., Чепурко Ю.В., Серга Т.М. Аналіз компонентного складу побутових відходів різних міст України.....	106
8	Тітова А.О., Харламова О.В., Шмандій В.М., Бездєнєжних Л.А., Ригас Т.Є. Управління та поводження з відходами споживання у воєнний час із застосуванням моделювання і прогнозування стану довкілля.....	120
9	Колєсник Д.В., Шмандій В.М., Харламова О.В., Бездєнєжних Л.А., Ригас Т.Є. Контроль стану екологічної безпеки і забезпечення сталого розвитку Кременчуцької соціально-економічної зони з використанням фітоіндикації.....	132
10	Сафранов Т.А. Екосистемні послуги природних систем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я.....	145
11	Колісник А. В. Оцінка ризиків токсичних ефектів від забруднення атмосферного повітря для населення міст півдня України.....	163

12	Наконечна Ю.О., Чугай А.В. Особливості гідроекологічного стану малої степової річки Царигол.....	181
13	Трохименко Г.Г., Магась Н.І. Оцінка впливу затоплення територій після руйнування греблі Каховської ГЕС на якість поверхневих вод у Миколаївській області.....	200
14	Бойчишин Л.М., Герцик О.М., Хрущик Х.І., Лопачак М.М. Аморфні металеві сплави в очистці стічних вод.....	211
15	Чугай А.В., Чернякова О.І., Мозговий А.М., Белашева Л.Р. Стан повітряного басейну окремих регіонів півдня України у довоєнний період.....	227
16	Приходько В.Ю., Сафранов Т.А. Аналіз умов для впровадження ефективної системи управління твердими побутовими відходами в Україні.....	241
17	Мальований М.С., Тимчук І.С., Слюсар В.Т., Жук В.М., Строщук У.З., Бойко Р.Я. Дослідження умов аеробного біокомпостування осадів стічних вод різного віку із додаванням рослинної сировини.....	255
18	Стручок В.С. Інфраструктурні заходи управління відходами в Тернопільській області.....	269
19	Тимчук І.С., Мальований М.С., Шквірко О.М., Жук В.М. Аналіз відходів від біогазового виробництва та їх вплив на схожість культурних рослин.....	283
20	Lopushanskyi O.M. Dependence of air pollution in urbanized areas on the concentration of particulate matter fractionated by size.....	306
21	Дячок В.В., Мандрик С.Т. Застосування мікроводоростей в технологіях очищення стічних вод.....	330

СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ ОКРЕМИХ РЕГІОНІВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Чугай А.В., Одеський державний екологічний університет, д.т.н., проф., декан природоохоронного факультету, Україна

Чернякова О.І., Одеський державний екологічний університет, ст. викл. кафедри екології та охорони довкілля, Україна

Мозговий А.М., Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв), доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Україна

Белашева Л.Р., Одеський державний екологічний університет, магістрант кафедри екології та охорони довкілля, Україна

Abstract

The problem of assessing the state and quality of atmospheric air is relevant and important, especially in the context of military time. Atmospheric pollution has a negative impact on ecosystems, which can be indicated by an increase in water pollution, damage to forest plantations, and climate change. The obtained characteristics of atmospheric air quality in the pre-war period can be used as a "conditional background state" to assess and compare the characteristics in the post-war period. The paper analyzes the state and quality of atmospheric air in the pre-war period in two southern regions – Odesa and Zaporizhzhia oblasts. The estimates are based on the calculation of the air pollution index. The main sources of pollutant emissions in Odesa Oblast are mobile sources. The list of substances that make the greatest contribution to the formation of the level of air pollution in Odesa includes formaldehyde, dust, nitrogen dioxide, carbon monoxide, phenol, and hydrogen fluoride. In terms of dust, nitrogen dioxide, and carbon monoxide, the atmosphere was considered polluted in 2017-2019. The main sources of emissions in Zaporizhzhia region are stationary sources. The top five priority pollutants in

Zaporizhzhia in 2012-2021 include dust, nitrogen dioxide and oxide, phenol, and formaldehyde. The level of air pollution was characterized mainly by the category "polluted".

Вступ

Проблема оцінки стану та якості атмосферного повітря є актуальною і важливою з багатьох причин. Її важливість продовжує зростати, особливо в умовах воєнного стану в Україні, коли внаслідок військових дій постійно збільшується рівень забруднення повітряного басейну в окремих регіонах.

Забруднення атмосфери має негативний вплив і на екосистеми. Він може виявлятися у збільшенні рівня забруднення водойм, пошкодження лісових насаджень, змінах клімату тощо.

Забруднення атмосфери пов'язано також і з економічною складовою, що може призводити до втрат у виробництві, збитків у сільському господарстві. Крім того, витрати на охорону здоров'я внаслідок захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря, постійно зростають.

Деякі південні регіони України також зазнали суттєвого негативного впливу внаслідок військових дій. Тому питання оцінки стану і якості атмосферного повітря у довоєнний період є необхідним, оскільки отримані характеристики в даному випадку можна використовувати як «умовно фоновий стан» з метою оцінки та порівняння стану повітряного басейну у післявоєнний період.

У роботі було проаналізовано стан і якість атмосферного повітря у довоєнний період у двох південних регіонах – м. Одеса і м. Запоріжжя. Матеріали щодо загальних показників антропогенного навантаження наведено в цілому по областях, а дані щодо оцінки якості атмосферного повітря – по обласних центрах, в яких функціонує мережа стаціонарних пунктів спостережень за забрудненням (ПСЗ).

В якості методичної бази для оцінки якості атмосферного повітря використана методика розрахунку індексу забруднення атмосфери (*ІЗВ*), а також комплексного індексу I_5 (Чугай та Сафранов, 2021). Як відомо, одиничні *ІЗА* розраховуються за формулою:

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

де i – домішка;

C_i – константа, що приймає значення 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для відповідно 1, 2, 3, 4-го класу небезпеки речовин і яка дозволяє привести ступінь шкідливості i -ої речовини до ступеня шкідливості SO_2 .

Комплексний індекс забруднення I_5 враховує значення одиничних *ІЗА* тих п'яти забруднюючих речовин (ЗР), для яких ці значення найбільші, і розраховується за формулою:

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i. \quad (2)$$

За значенням I_5 виділяють такі класи забруднення атмосферного повітря: $I_5 < 2,5$ – чисте атмосферне повітря; $I_5 = 2,5 - 7,5$ – слабо забруднене; $I_5 = 7,6 - 12,5$ – забруднене; $I_5 = 12,6 - 22,5$ – сильно забруднене; $I_5 = 22,6 - 52,5$ – високо забруднене; $I_5 > 52,5$ – екстремально забруднене атмосферне повітря (Чугай та Сафранов, 2021).

Оцінка стану і якості атмосферного повітря м. Одеса та Одеської області

За офіційними даними (Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області, 2022), у 2021 р. загальна кількість підприємств, що впливали на стан атмосферного повітря, складала понад 3000. Як відомо, переважними джерелами викидів ЗР в атмосферне повітря регіону є пересувні джерела (Чугай, 2020). На рис. 1 наведено динаміку викидів ЗР від стаціонарних і пересувних джерел в останні роки. Як видно з представленого

рисунку, показники загальних обсягів викидів фактично не змінилися. Проте відзначено деяке зменшення викидів від пересувних джерел. Відносно стаціонарних джерел відзначається збільшення обсягів викидів за останні 5 років. Більше 50 % викидів припадає на м. Одеса. Основними забруднювачами атмосферного повітря у 2021 р. серед стаціонарних джерел були ПАТ «Одеський припортовий завод», філія «Інфоксводоканал» ТОВ «ІНФОКС», КП «Теплопостачання міста Одеси», АТ «Одесагаз», ТОВ «Шляховик-97».

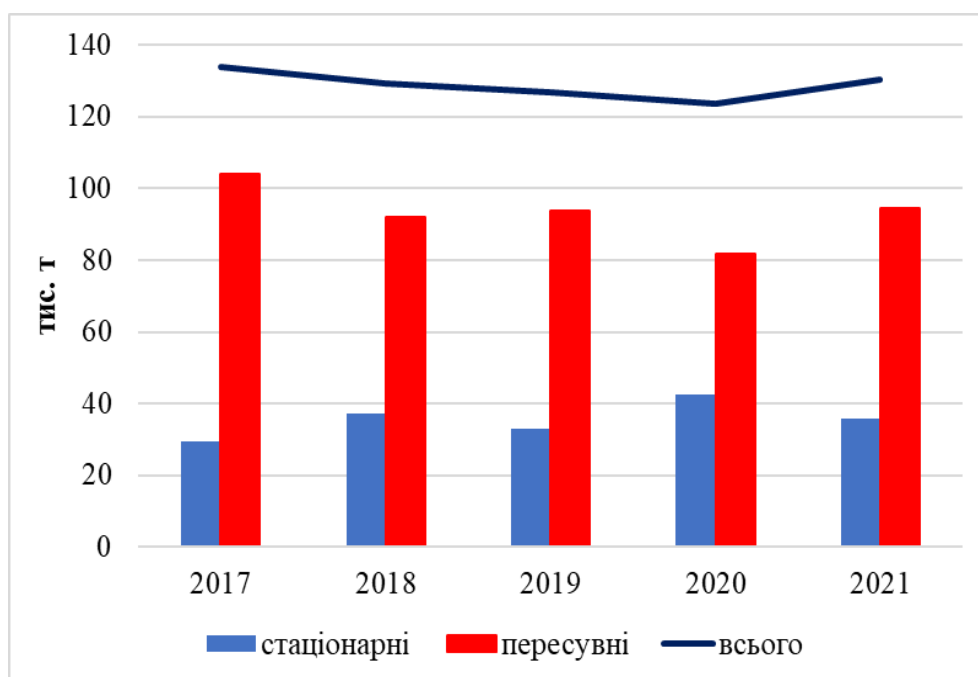


Рис. 1. Динаміка викидів ЗР від стаціонарних і пересувних джерел в Одеській області у 2017-2021 рр. (Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області, 2022)

У м. Одеса спостереження проводяться на 8 стаціонарних ПСЗ (рис. 2). До переліку речовин, які дають найбільший внесок у формування рівня забруднення атмосфери міста, відносяться формальдегід, пил, діоксид азоту, оксид вуглецю, фенол, фтористий водень тощо (Чугай та Сафранов, 2020). Нами було детально проаналізовано дані моніторингових спостережень щодо трьох ЗР, а саме діоксиду азоту, оксиду вуглецю і пилу за період 2017-2019 рр.

Вихідна інформація була надана Лабораторією спостережень за забрудненням атмосферного повітря ГМЦ Чорного та Азовського морів.

Аналіз зміни середньомісячних концентрацій діоксиду азоту по окремих ПСЗ міста показав, що повітряний басейн впродовж трьох років був чистий лише в районі розташування ПСЗ № 8. На інших ПСЗ рівень забруднення коливався в межах 1,3 – 1,95 $ГДК_{сд}$.

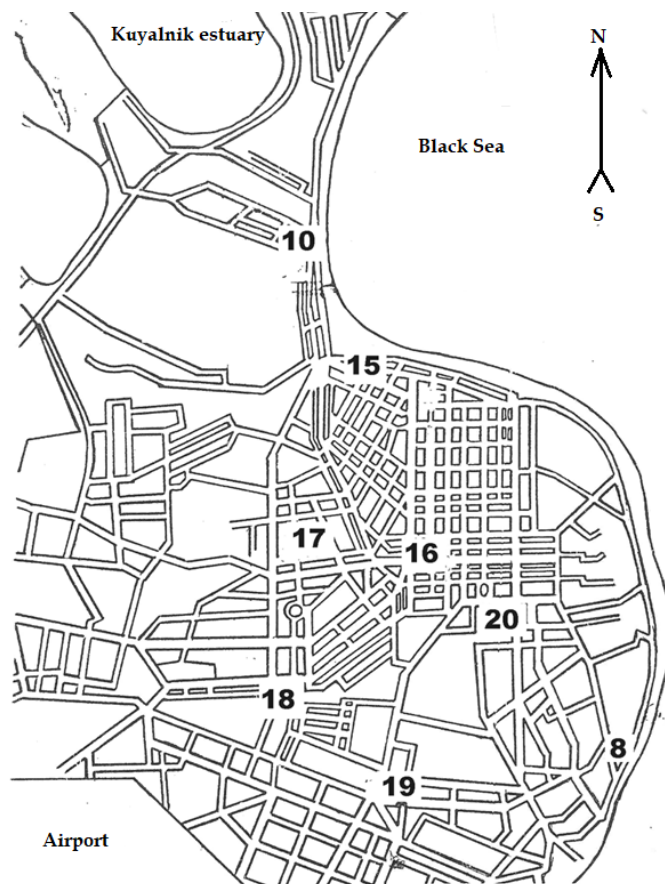


Рис. 2. Схема розташування ПСЗ у м. Одеса

На рис. 3 наведено динаміку зміни значень $IЗА$ для діоксиду азоту на протязі року. Як видно, всі значення за період дослідження перевищують 1, тобто за вмістом даної ЗР атмосфера є забрудненою. Максимальні значення відзначалися переважно у весняно-літній період. Середньорічні значення $IЗА$ складали у 2017 р. 1,5, у 2018 р. – 1,4 та у 2019 р. – 1,54.

З восьми ПСЗ, які функціонують у місті, спостереження за вмістом оксиду вуглецю проводилися на шести у 2017 р. (ПСЗ № 10, 15, 16, 17, 18, 19) і

лише на чотирьох у 2018-2019 рр. (ПСЗ № 10, 15, 17, 18). Аналіз середньорічних концентрацій по місту в цілому показав, що рівні забруднення зменшуються при наближенні до прибережної зони в напрямку с заходу на схід.

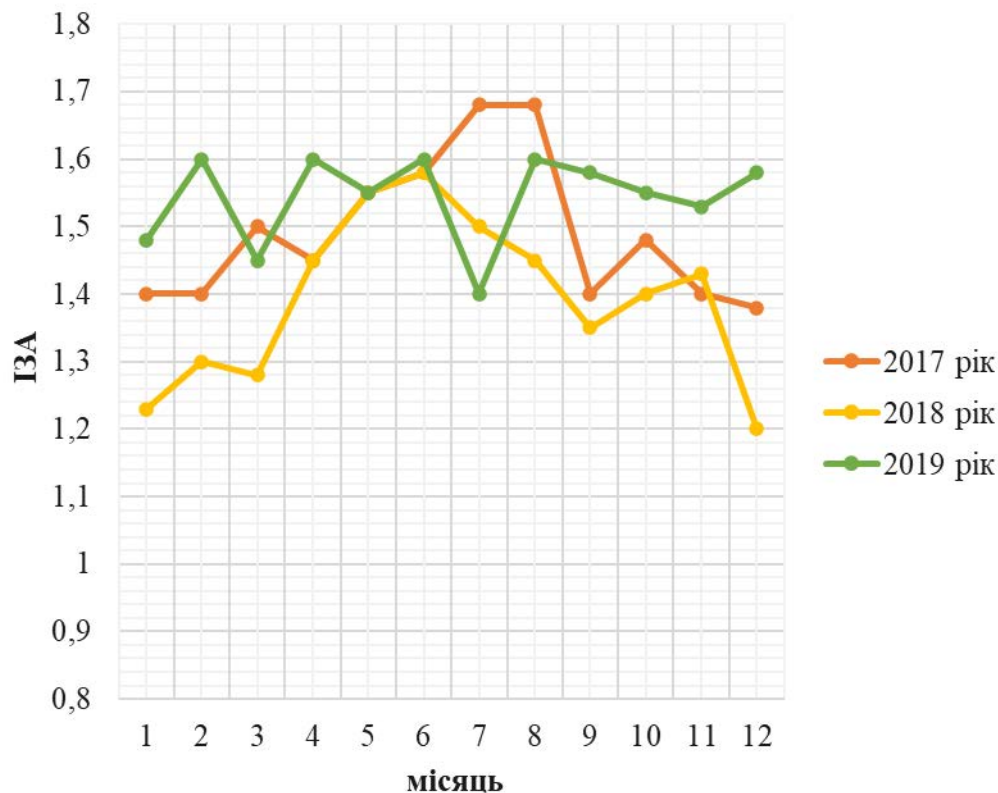


Рис. 3. Динаміка зміни ІЗА діоксидом азоту у 2017-2019 рр.

На рис. 4 наведено динаміку зміни значень ІЗА для оксиду вуглецю на протязі року. Як видно з наведеного рисунку, значення ІЗА у переважній більшості випадків перевищують 1, що вказує також на постійне забруднення атмосферного повітря даною домішкою. Виключення складає жовтень і грудень 2017 р. та червень 2019 р. Загалом тенденції зміни ІЗА протягом року значно не відрізняються за період дослідження. Вказані вище виключення мінімальних значень ІЗА пояснюється тим, що у червні 2019 р. функціонувало лише два ПСЗ (№ 10 і 15). Дані пункти характеризують ту частину міста, де атмосфера була чиста або з незначним перевищенням $ГДК_{ср}$. Така ж ситуація відзначалась і жовтні та грудні 2017 р.

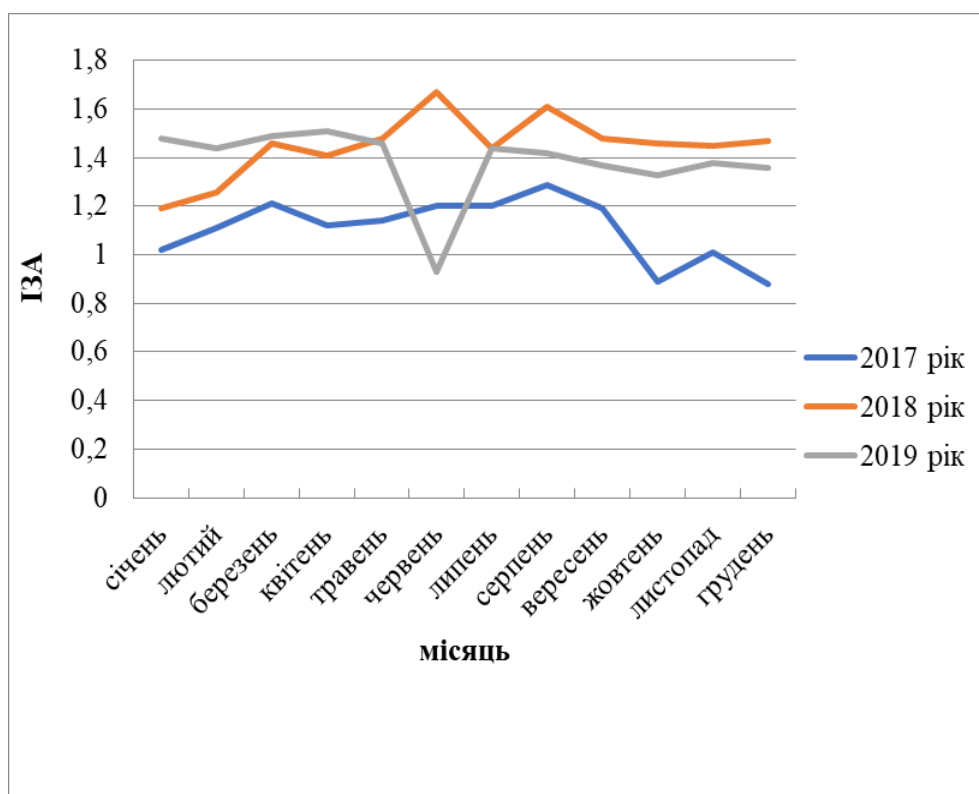


Рис. 4. Динаміка зміни ІЗА оксидом вуглецю у 2017-2019 рр.

При аналізі вмісту пилу в атмосферному повітрі м. Одеса було виявлено, що у 2017 р. 2 місяці не функціонував ПСЗ № 17, у 2018 р. – 1 місяць ПСЗ № 19, у 2019 р. – 10 місяців також ПСЗ № 19. Повітряний басейн впродовж трьох років переважно був чистий лише в районі розташування ПСЗ № 8, на інших пунктах рівень забруднення коливався в межах 2-3,2 $ГДК_{сд}$.

На рис. 5 наведено динаміку зміни значень ІЗА для пилу на протязі року. Аналіз показав, що на протязі року значення ІЗА майже постійно перевищують 1, тобто атмосфера також є забрудненою за вмістом даної домішки. Протягом 2019 р. спостерігалось збільшення загального рівня забруднення, а протягом 2017 і 2018 рр. – незначне зменшення. В цілому максимальні концентрації пилу відзначались у весняно-літній період.

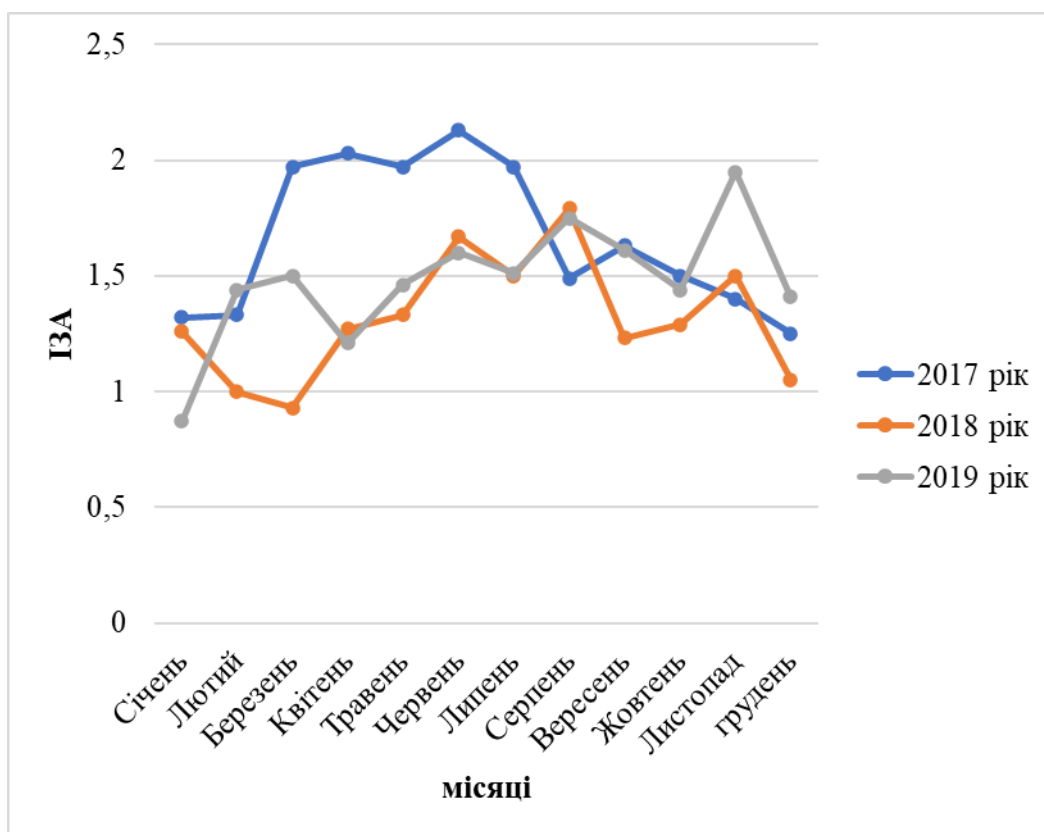


Рис. 5. Динаміка зміни ІЗА пилом у 2017-2019 рр.

Оцінка стану і якості атмосферного повітря м. Запоріжжя та Запорізької області

Найбільшими забруднювачами атмосферного повітря в Запорізькій області є підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає приблизно 90,0 % викидів всіх ЗР від стаціонарних джерел в області. Основними підприємствами-забруднювачами є ПАТ «Запоріжсталь», ПАТ «Дніпроспецсталь», ПАТ «Український графіт», ВП Запорізька ТЕС ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», ПАТ «Запорізький завод феросплавів», ПАТ «Запорізький абразивний комбінат», ПрАТ «Запоріжжкокс», ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», ПАТ «Мотор Січ», ПАТ «Запоріжвогнетрив» (Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області, 2022).

На рис. 6 наведено відомості щодо викидів ЗР від стаціонарних і пересувних джерел викидів у 2017-2021 рр. Як видно, переважними джерелами викидів в регіоні є стаціонарні джерела, внесок яких складає більше 50 % у формування загального рівня забруднення. Серед районів області максимальні обсяги викидів від стаціонарних джерел відзначались у 2021 р. у Василівському і Запорізькому районах.



Рис. 6. Динаміка викидів ЗР від стаціонарних і пересувних джерел в Запорізькій області у 2017-2021 рр. (Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області, 2022)

Спостереження за якістю атмосферного повітря проводяться у м. Запоріжжя на 5 стаціонарних ПСЗ (рис. 7). Спостереження виконуються за вмістом 9 ЗР.

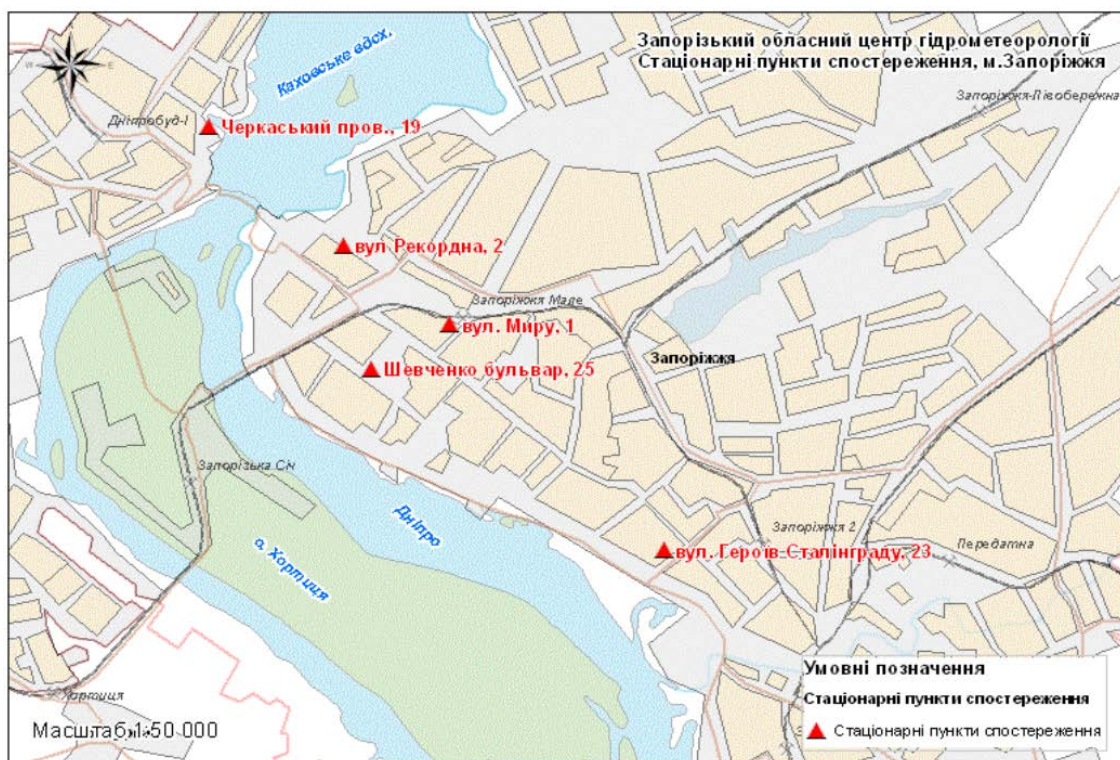


Рис. 7. Схема розташування ПСЗ у м. Запоріжжя
(Запорізький обласний центр гідрометеорології, 2023)

Нами було проаналізовано середньорічний вміст окремих ЗР у повітряному басейні міста за період 2012-2021 рр. (табл. 1). З таблиці видно, що максимальні концентрації з постійним перевищенням $ГДК_{сд}$ відзначались по таких речовинах як діоксид азоту, фенол і формальдегід. Також значним є вміст оксиду азоту і пилу. В цілому за десятирічний період не змінювався вміст у повітрі фенолу та хлористого водню. Збільшився вміст пилу, діоксиду сірки, фтористого водню, зменшився вміст діоксиду і оксиду азоту.

На основі вихідної інформації біли розраховані одиничні I_{3A} для окремих ЗР. Аналіз показав, що за весь період дослідження до 5 пріоритетних ЗР входили постійно пил, діоксид та оксид азоту, фенол і формальдегід. Значення I_{3A} вказаних ЗР були використані для розрахунку комплексного індексу I_5 (табл. 2, рис. 8).

Таблиця 1

Значення середньорічних концентрацій ЗР в атмосферному повітрі
м. Запоріжжя (од. $ГДК_{сд}$) (Регіональна доповідь про стан навколишнього
природного середовища Запорізької області, 2017, 2022)

ЗР	Середньорічна концентрація									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Пил	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9
Діоксид сірки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Діоксид азоту	2,3	2,5	2,2	2,2	2,0	2,2	2,0	2,0	1,8	1,8
Оксид азоту	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
Оксид вуглецю	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Формальдегід	1,7	2,0	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7
Фенол	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Фтористий водень	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
Хлористий водень	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблиця 2

Класифікація забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя у 2012-2021 рр.
за значенням комплексного індексу I_5

Рік	I_5 (рівень забруднення)
2012	8,5 (забруднене)
2013	9,2 (забруднене)
2014	8,2 (забруднене)
2015	8,2 (забруднене)
2016	8,0 (забруднене)
2017	7,7 (забруднене)
2018	7,3 (слабко забруднене)
2019	7,9 (забруднене)
2020	7,6 (забруднене)
2021	7,8 (забруднене)

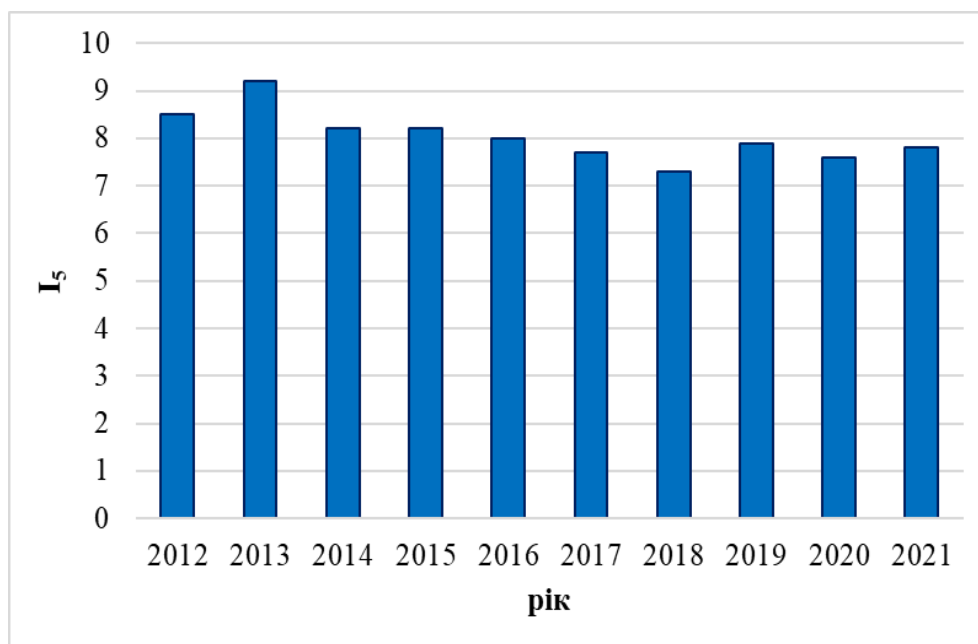


Рис. 8. Динаміка зміни I_5 для атмосферного повітря м. Запоріжжя у 2012-2021 рр.

Так, аналіз показав, що за період 2012-2021 рр. рівень забруднення атмосферного повітря в м. Запоріжжя характеризувався у переважній більшості категорією «забруднене». Виключення складає лише 2018 р., коли відзначалась категорія «слабко забруднене» атмосферне повітря. Також слід відзначити поступове незначне зменшення індексу I_5 з 2013 р. по 2021 р.

Висновки

У роботі було виконано аналіз стані та рівня забруднення атмосферного повітря окремих південних регіонів України (Одеська і Запорізька області) у довоєнний період. Виконані розрахунки дозволяють зробити такі висновки:

1. Переважними джерелам викидів ЗР в атмосферне повітря в Одеській області є пересувні джерела. Серед стаціонарних джерел більше 50 % викидів припадає на м. Одеса.
2. До переліку речовин, які дають найбільший внесок у формування рівня забруднення атмосфери м. Одеса, відносяться формальдегід, пил, діоксид азоту, оксид вуглецю, фенол, фтористий водень тощо.

3. Аналіз динаміку зміни значень *I*_{ЗА} у 2017-2019 рр. для діоксиду азоту показав, що за вмістом даної ЗР атмосфера в м. Одеса є забрудненою. Максимальні значення відзначалися переважно у весняно-літній період. Середньорічні концентрації оксиду вуглецю зменшуються при наближенні до прибережної зони в напрямку с заходу на схід. Значення *I*_{ЗА} також у переважній більшості випадків перевищувало 1, що вказує на постійне забруднення атмосферного повітря даною домішкою. Мінімуми, відзначені в окремі періоди (жовтень і грудень 2017 р., червень 2019 р.), обумовлені функціонуванням досить обмеженої кількості ПСЗ у місті. При аналізі вмісту пилу визначено, що повітряний басейн впродовж трьох років переважно був чистий лише в районі розташування ПСЗ № 8. На рис. 5 наведено динаміку зміни значень *I*_{ЗА} для пилу на протязі року. На протязі року значення *I*_{ЗА} майже постійно перевищують 1. В цілому максимальні концентрації пилу відзначались у весняно-літній період.

4. Найбільшими забруднювачами атмосферного повітря в Запорізькій області є підприємства чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії, машинобудування, харчової промисловості, на які припадає приблизно 90,0 % викидів всіх ЗР. Переважними джерелами викидів в регіоні є стаціонарні джерела, внесок яких складає більше 50 % у формування загального рівня забруднення. Серед районів області максимальні обсяги викидів від стаціонарних джерел відзначались у Василівському і Запорізькому районах.

5. Максимальні концентрації з постійним перевищенням *ГДК*_{ср} за період 2012-2021 рр. у м. Запоріжжя відзначались по таких речовинах як діоксид азоту, фенол і формальдегід. Значним є вміст оксиду азоту і пилу. До 5 пріоритетних ЗР входили постійно пил, діоксид та оксид азоту, фенол і формальдегід.

6. За період 2012-2021 рр. рівень забруднення атмосферного повітря в м. Запоріжжя характеризувався у переважній більшості категорією «забруднене». Слід відзначити поступове незначне зменшення індексу *I*₅ з 2013 р. по 2021 р.

Як вказано вище, питання оцінки стану і якості повітряного басейну, а також інших складових довкілля у довоєнний період, є дуже важливими. Дані результати є основою для оцінки стану складових довкілля і рівня техногенного навантаження, спричиненого військовими діями внаслідок збройної агресії РФ.

Список літератури

- Запорізький обласний центр гідрометеорології. (2023). URL: <https://zapcgm.com.ua/pollution>.
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2021 р. (2022). Одеса.
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2021 р. (2022). Запоріжжя.
- Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 р. (2017). Запоріжжя.
- Чугай, А. В. (2020). Оцінка техногенного навантаження на складові довкілля Одеської області. *Екологічні науки*, 28, 102-110. doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.15>
- Чугай, А. В., & Сафранов, Т. А. (2020). Особливості забруднення атмосферного повітря міст Північно-Західного Причорномор'я. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*, 52, 251-260. doi: [org/10.26565/2410-7360-2020-52-18](https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-18)
- Чугай, А. В., & Сафранов, Т. А. (2021). *Методи оцінки техногенного впливу на довкілля*. Одеса: Букаєв Вадим Вікторович.