

ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.175:502.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-5>

Костянтин ГРИГОР'ЄВ

аспірант кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0003-2804-2758

Scopus Author ID: 49963356000

Бібліографічний опис статті: Григор'єв, К. (2023). Оцінка стану атмосферного повітря у місті Миколаєві. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 4, 39–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-5>

ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МІСТІ МИКОЛАЄВІ

Стаття присвячена висвітленню результатів дослідження стану атмосферного повітря у м. Миколаєві шляхом вимірювань вмісту політантів на стаціонарних постах державної системи моніторингу та на станціях індикативних вимірювань громадського моніторингу атмосферного повітря. Проаналізовано результати державної системи моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві за політантами: окис вуглецю (CO), пил, формальдегід (CH₂O), фтористий водень (HF), двоокис азоту (NO₂), окис азоту (NO), двоокис сірки (SO₂) за період січень 2016 р. – липень 2021 р. Проаналізовано результати індикативних вимірювань CH₂O; HF, PM_{2,5}, PM₁₀ в атмосферному повітрі м. Миколаєва у період 2021-2023 рр. за станцією індикативних вимірювань в районі Чорноморського національного університету імені Петра Могили та результати індикативних вимірювань CH₂O у період: січень 2021 р. – лютий 2022 р. на 3 станціях індикативних вимірювань м. Миколаєва.

Показано, що головною тенденцією впродовж року для багатьох політантів атмосферного повітря є збільшення їхніх концентрацій у другій половині року та хронічне перевищення середньодобових гранично-допустимих значень для пилу, HF, NO₂, CH₂O. За розрахованими величинами індексу забруднення атмосферного повітря серед 7 політантів, за якими ведеться державний моніторинг в м. Миколаєві, найбільше впливають на рівень забруднення атмосферного повітря міста: CO, CH₂O – для яких цей індекс вищий 1, та HF, NO₂ – для яких цей індекс є вищим 5. Визначено, що середньорічний темп зростання показника КІЗА становить 0,5 одиниць. Показано, що індикативні вимірювання об'ємних концентрацій політантів в атмосферному повітрі м. Миколаєва свідчили про високі значення концентрацій у повітрі дрібнодисперсного пилу PM₁₀ (до 0,09 мг/м³) та підтверджують сталу тенденцію підвищення концентрації формальдегіду (до 0,06 мг/м³), діоксиду азоту (до 0,05 мг/м³) у повітрі м. Миколаєва. Підтверджено, що при референтному рівні забруднення атмосферного повітря екологічний моніторинг потрібно організовувати з врахуванням індикативних вимірювань за допомогою компактних станцій

Ключові слова: екологічний моніторинг, політанти атмосферного повітря, індекс забруднення атмосфери, індикативні вимірювання.

Kostiantyn GRYGORIEV

Postgraduate student of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv Str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0003-2804-2758

Scopus Author ID: 49963356000

To cite this article: Grygoriev, K. (2023). Otsinka stanu atmosfernoho povitria u misti Mykolaievi [Assessment of the state of atmospheric air in Mykolaiv city]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 39–48, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-5>

ASSESSMENT OF THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR IN THE MYKOLAIV CITY

The article is devoted to the results of the study of the state of atmospheric air in Mykolaiv by measuring the content of pollutants at the stationary posts of the state monitoring system and at the stations of indicative measurements of public air monitoring. The results of the state system of atmospheric air monitoring in Mykolaiv by pollutants: carbon monoxide

(CO), dust, formaldehyde (CH₂O), hydrogen fluoride (HF), nitrogen dioxide (NO₂), nitric oxide (NO), sulfur dioxide (SO₂) for the period January 2016 – July 2021 were analyzed. The results of indicative measurements of CH₂O; HF, PM_{2.5}, PM₁₀ in the atmospheric air of Mykolaiv in the period 2021-2023 at the indicative measurement station in the area of the Petro Mohyla Black Sea National University and the results of indicative measurements of CH₂O in the period January 2021 – February 2022 at 3 indicative measurement stations in Mykolaiv are analyzed.

It is shown that the main trend throughout the year for many atmospheric pollutants is an increase in their concentrations in the second half of the year and a chronic excess of the average daily maximum permissible values for dust, HF, NO₂, CH₂O. According to the calculated values of the air pollution index, among the 7 pollutants monitored by the state in Mykolaiv, the following have the greatest impact on the level of air pollution in the city: CO, CH₂O – for which this index is higher than 1, and HF, NO₂ – for which this index is higher than 5 units. It is determined that the average annual growth rate of the complex index of atmospheric air pollution was 0.5 units. It has been shown that indicative measurements of volumetric concentrations of pollutants in the air of Mykolaiv showed high concentrations of fine dust PM₁₀ (up to 0.09 mg/m³) and confirm the stable trend of increased concentrations of formaldehyde (up to 0.06 mg/m³) and nitrogen dioxide (up to 0.05 mg/m³) in the air of Mykolaiv. It is proved that at the reference level of air pollution, environmental monitoring should be organized taking into account indicative measurements using compact stations.

Key words: environmental monitoring, atmospheric pollutants, air pollution index, indicative measurements.

Актуальність проблеми. Ефективне й оперативне оцінювання стану атмосферного повітря у містах давно складає одну з актуальних урбоекотологічних проблем (Васенко, 2015, с. 321). В промислових містах із нарощуванням обсягів викидів природний механізм самоочищення атмосфери вже не в змозі забезпечити стабільність кругообігу шкідливих домішок, що призводить до глобальних змін в атмосфері. Змінюється склад атмосфери, її фізико-хімічні властивості, що впливає насамперед на стан ландшафтів, біоти та людини і викликає зміни клімату (Кіптенко, 2013, с. 210). У повітряному просторі міста Миколаєва, через наявність інтенсивних транзитних автотранспортних потоків, наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій небезпечних поллютантів: формальдегід, фтористий водень, двоокис азоту, вуглекислий газ, бензапірен, пил (Григор'єва, 2022, с. 140). Особлива велика кратність перевищення нормативів характерна, як і для більшості міст, для пилу, формальдегіду (Гомонай, 2007; Григор'єва, 2022).

Саме для вирішення цих питань у міських агломераціях Директива 2008/50/ЄС «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» пропонує розширювати державний екологічний моніторинг стану атмосферного повітря за допомогою індикативних вимірювань показників якості повітря. У м. Миколаєві державний екологічний моніторинг атмосферного повітря здійснюється за чотирма постами. Екологічний моніторинг за допомогою станцій індикативних вимірювань у місті заплановано відновити весною 2024 р. Для ефективного цього відновлення потрібно здій-

снити комплексну оцінку стану атмосферного повітря у місті, проаналізувати динаміку вмісту поллютантів за результатами державної системи екологічного моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві, провести дослідження вмісту поллютантів в атмосферному повітрі м. Миколаєва за допомогою компактних станцій індикативних вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання оцінки стану атмосферного повітря та пов'язані з цим проблеми забруднення атмосферного повітря пилом, формальдегідом тощо висвітлено у роботах (Баштаннік, 2014; Васенко, 2015; Гомонай, 2007; Киналь, 2013; Кіптенко, 2013; Колесник, 2017; Поліщук, 2015; Шевченко, 2014). Проблемні питання функціонування державної системи моніторингу стану атмосферного повітря та сучасних методів комплексного оцінювання його стану також піднімається та розвивається вченими (Васенко, 2015; Кіптенко, 2013; Колесник, 2017). Це пов'язано з відсутністю сьогодні однозначної диференціації рівнів комплексних індексів забруднення атмосфери. Зокрема, пропонуються підходи із застосуванням нормованого індексу забруднення атмосфери (Колесник, 2013). Відомі матеріали щодо впливу кліматично-метеорологічних факторів на рівень забруднення повітря (Киналь, 2013; Поліщук, 2015), щодо стану атмосферного повітря в окремих українській містах (Баштаннік, 2014; Киналь, 2013; Кіптенко, 2013; Поліщук, 2015; Шевченко, 2014). Однак мало на сьогодні досліджень оцінювання стану атмосферного повітря на підставі не лише стаціонарних постів державної системи атмосферного повітря, а також й результатів

індикативних вимірювань вмісту основних поллютантів у повітрі українських міст.

Мета дослідження: дослідити екологічний стан атмосферного повітря на відкритій місцевості у м. Миколаєві за даними спостережень на стаціонарних постах державної системи моніторингу та станціях індикативних вимірювань громадського екологічного моніторингу у м. Миколаєві та здійснити його оцінку.

Матеріалами дослідження виступали:

1) результати державної системи моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві за поллютантами: окис вуглецю (CO), пил, формальдегід (CH₂O), фтористий водень (HF), двоокис азоту (NO₂), окис азоту (NO), двоокис сірки (SO₂) на 4 стаціонарних постах за період січень 2016 р. – липень 2021 р.; 2) результати індикативних вимірювань в період 2021-2023 рр. CH₂O; HF, PM_{2,5}, PM₁₀ в атмосферному повітрі м. Миколаєва за допомогою розміщеної у ЧНУ імені Петра Могили станція Oxugen Air Fresh Max «EcoRozum»; 3) результати індикативних вимірювань CH₂O у м. Миколаєві у період: січень 2021 р. – лютий 2022 р. на 3 станціях індикативних вимірювань.

Державна система моніторингу атмосферного у м. Миколаєві здійснюється на підставі спостережень у 4 контрольних пунктах спостереження (о 1, 7, 13, 19 годині у всі дні, крім неділі та святкових днів) (рис. 1): т.1 – вул. Обсерваторна, 1; т.2 – вул. Чигрина – пр. Жовтневий (район інтенсивного автомобільного руху); т.3 – вул. 12 Лінія – 7-а Поздовжня (промислова зона); т.4 – площа Суднобудівників, 3.

Розгорнутий у 2021 р. моніторинг стану атмосферного повітря у м. Миколаєві на станціях індикативних вимірювань здійснювався у семи контрольних точках, серед яких за індикативні вимірювання CH₂O – у трьох: т.1 – вул. 68 Десантників, 10; т.2 – пр. Центральний, 28; т.3 – вул. Космонавтів, 5.

Статистичне опрацювання даних здійснювали за допомогою пакету статистичного аналізу Statistica 6.0 та Microsoft Excel 2019.

Оцінювання даних моніторингів здійснювали відносно нормативних величин, закріплених законодавством України: ГДК_{с.д.} – гранично-допустима концентрація поллютанта середньодобова; ГДК_{м.р.} – гранично-допус-



Рис. 1. Схема розташування стаціонарних постів державної системи екологічного моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві

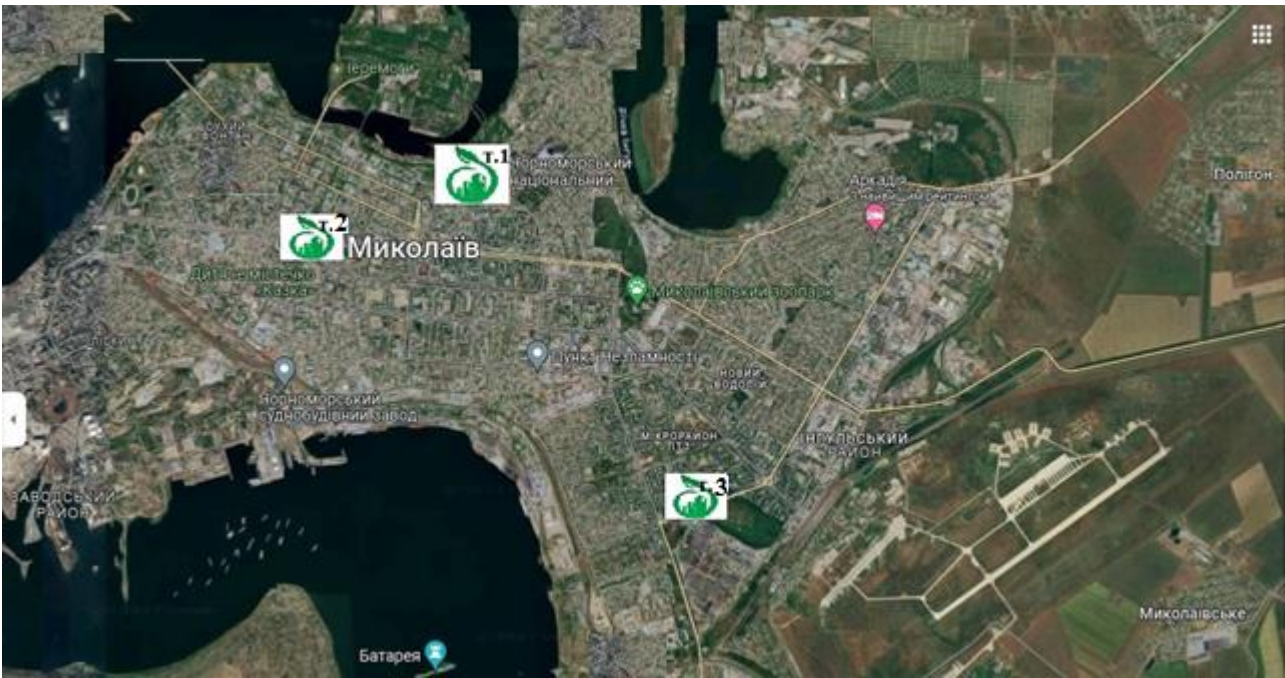


Рис. 2. Схема розташування станцій індикативних вимірювань CH_2O за системою громадського екологічного моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві (до лютого 2022 р.)

тима концентрація політанта максимально-разова.

Комплексна оцінка здійснена через визначення показників: індекс забруднення атмосфери (ІЗА):

$$ІЗА_i = \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right)^{a_i}$$

і комплексний

індекс забруднення атмосфери (КІЗА):

$$КІЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ГДК_i} \right)^{a_i},$$

де C_i – вміст політанта

i в атмосферному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$; $ГДК_i$ – гранично-допустима концентрація екополітанта i в атмосферному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$; a_i – коефіцієнт, який залежить від класа небезпеки за токсичністю політанта i показує рівень небезпеки i -ого політанта в порівнянні з діоксидом сірки.

Проведено порівняння рівня забруднення атмосферного повітря за показником КІЗА, який диференціюють наступним чином: при $КІЗА < 5$ – рівень забруднення є низьким; при $5 \leq КІЗА < 8$ – рівень підвищений; при $8 \leq КІЗА < 13$ – рівень високий; при $КІЗА \geq 13$ – рівень дуже високий.

Розрахунок ІЗА здійснено у припущенні $C_i = C_{max}$, $ГДК_i = ГДК_{max}$

Виклад основного матеріалу дослідження.

Первинні результати державної системи моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві оброблено методами математичної ста-

тистики та представлено у вигляді діаграм, які відображують середньорічну динаміку концентрації політантів у повітрі м. Миколаєва (рис. 3): за кожний місяць року результат представляє середнє значення, визначене за 6 років спостережень (2016-2021 рр.) за чотирма контрольними стаціонарними пунктами спостережень.

Головною тенденцією впродовж року для багатьох забруднювачів є збільшення їхніх концентрацій у другій половині року та хронічне перевищення середньодобових гранично-допустимих значень. В першу чергу це стосується пилу, HF , NO_2 , CH_2O . При цьому маємо: середньомісячні концентрації пилу ($C_{пил}$) склали $0,10 \pm 0,02 \text{ мг}/\text{м}^3$, максимальні концентрації пилу були разовими, досягаючи $0,015\text{--}0,020 \text{ мг}/\text{м}^3$, тобто перевищуючи $ГДК_{с.д.}$ ($0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$) (рис. 3, а); середньомісячні концентрації CO (C_{CO}) склали $2,0 \pm 1,1 \text{ мг}/\text{м}^3$, а максимальні значення досягали рівня $8\text{--}9 \text{ мг}/\text{м}^3$, перевищення $ГДК_{с.д.}$ ($3 \text{ мг}/\text{м}^3$) носили постійний характер, а перевищення $ГДК_{м.р.}$ ($5 \text{ мг}/\text{м}^3$) – вибіркового характеру (рис. 3, б); середньомісячні концентрації SO_2 (C_{SO_2}) склали $0,008 \pm 0,002 \text{ мг}/\text{м}^3$, без перевищень $ГДК_{с.д.}$ ($0,05 \text{ мг}/\text{м}^3$) $ГДК_{м.р.}$ ($0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$) (рис. 3, в); середньомісячні концентрації NO_2 (C_{NO_2}) склали $0,07 \pm 0,02 \text{ мг}/\text{м}^3$, максимальні концентрації також перевищували

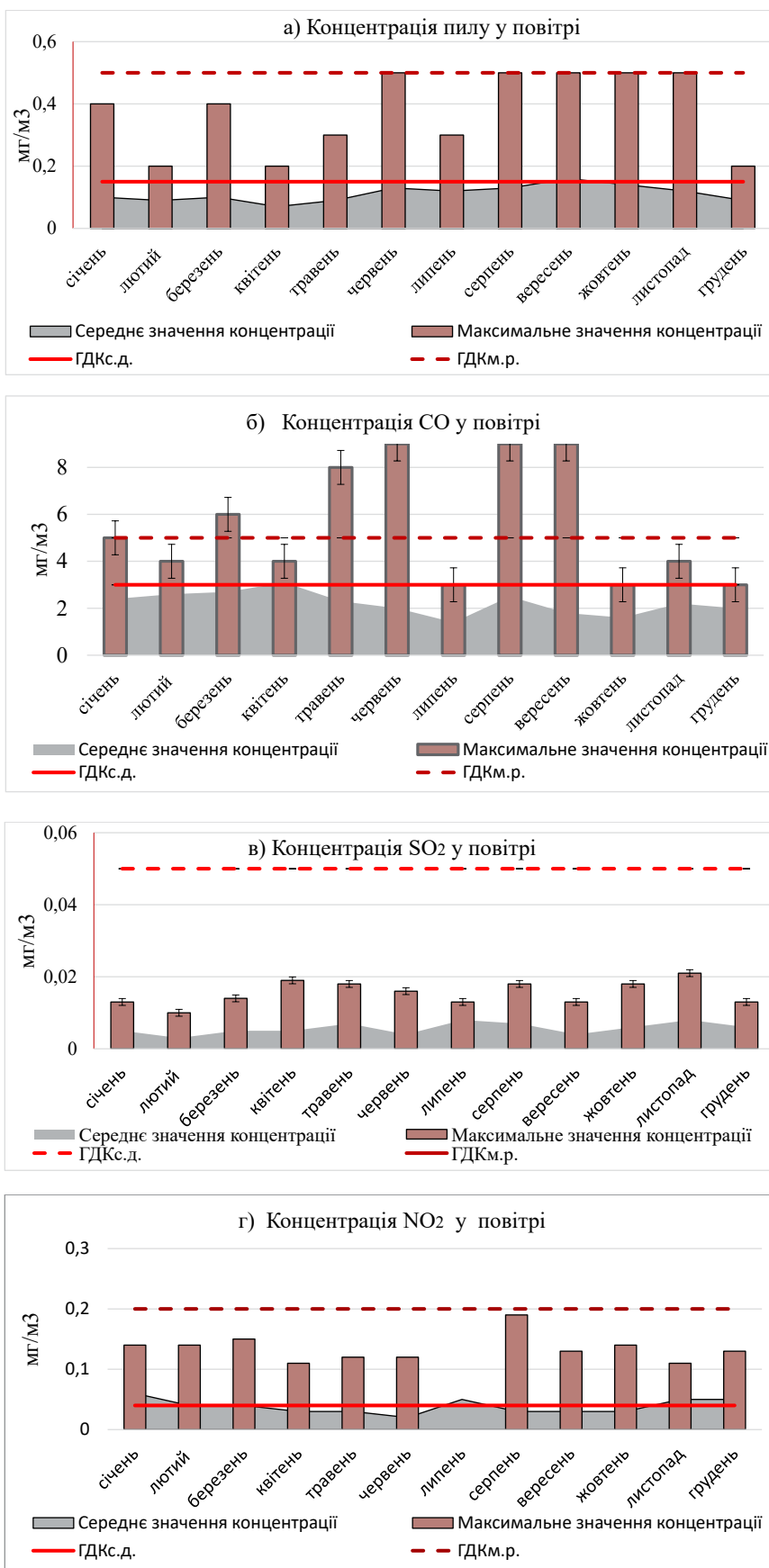


Рис. 3. Типова динаміка об'ємних концентрацій поллютантів у повітрі м. Миколаєва (рис. 1): а) пилу, б) CO, в) SO₂, г) NO₂, д) NO, е) HF, ж) CH₂O

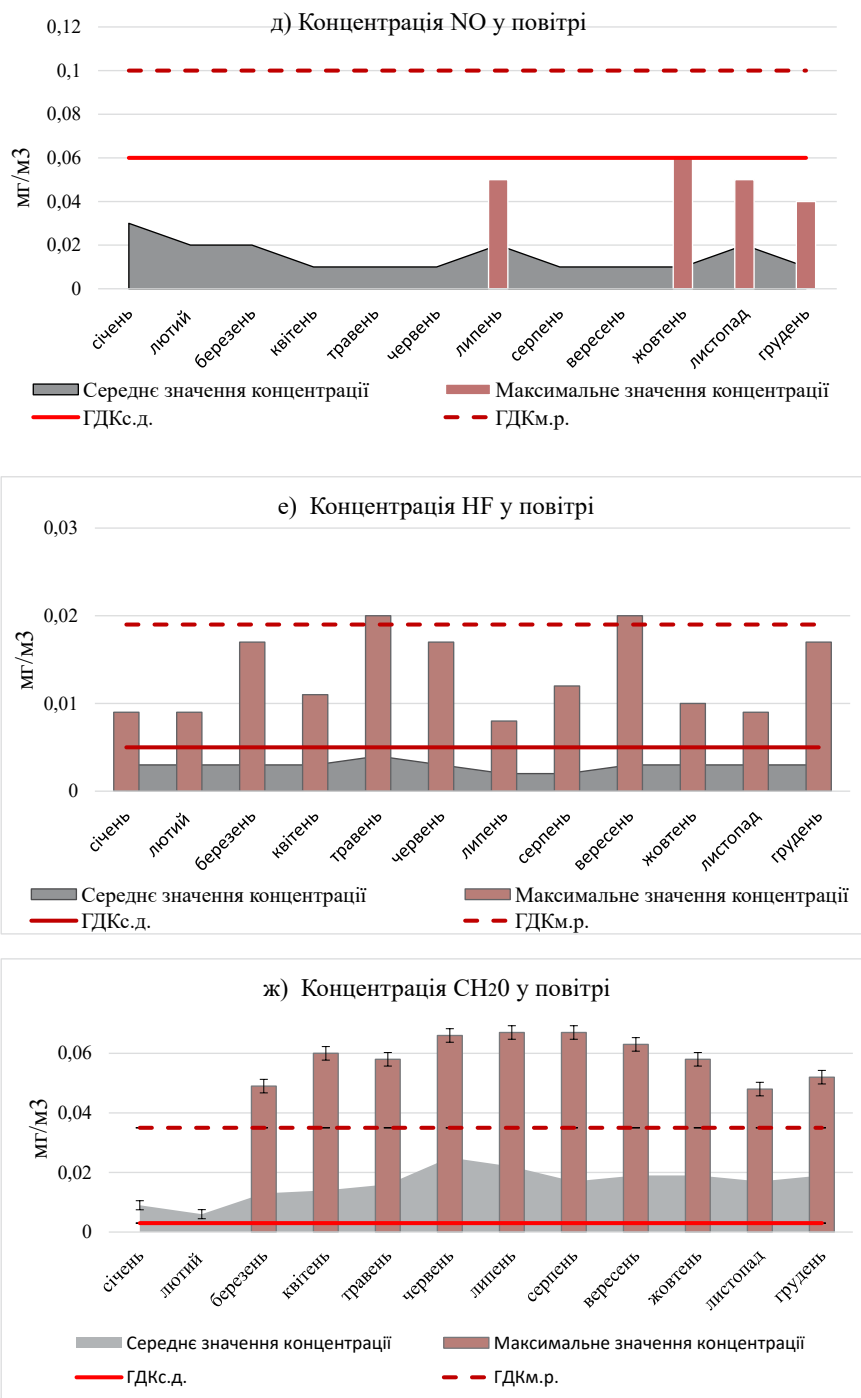


Рис. 3 (закінчення)

ГДК_{с.д.} (0,04 мг/м³) досягаючи 0,19 мг/м³ (рис. 3, г); середньомісячні концентрації NO (\overline{C}_{NO}) склали 0,015±0,002 мг/м³; характерні щомісячні випадки досягнення ГДК_{с.д.} (0,06 мг/м³) (рис. 3, д); середньомісячні концентрації HF (\overline{C}_{HF}) склали 0,003±0,001 мг/м³; максимальні концентрації досягали рівня 0,017 – 0,022 мг/м³, перевищуючи ГДК_{с.д.} (0,005 мг/м³), ГДК_{м.р.} (0,019 мг/м³); при цьому перевищення ГДК_{с.д.} носило стійкий характер (щомісячні

випадки такого перевищення) (рис. 3, е); середньомісячні концентрації CH₂O (\overline{C}_{CH_2O}) склали 0,02±0,01 мг/м³; максимальні концентрації перевищували ГДК_{с.д.} (0,003 мг/м³), ГДК_{м.р.} (0,035 мг/м³) досягаючи 0,07 мг/м³. Перевищення ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.} для CH₂O носило стійкий характер, особливо у період з квітня по жовтень (рис. 3, ж).

Розраховані значення ІЗА₁ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Індекс забруднення атмосфери за поллютантами

	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Пил	0,72	0,77	0,73	0,80	0,82	0,84
CO	0,85	1,40	1,15	1,11	1,25	1,30
SO ₂	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
NO ₂	1,01	1,00	1,04	1,02	1,01	1,05
NO	0,44	0,38	0,41	0,39	0,42	0,39
HF	4,30	5,06	4,90	5,09	4,96	5,07
CH ₂ O	4,98	5,09	5,18	5,27	5,33	5,59

Таблиця 2

Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря у м. Миколаєві

Рік	КІЗА	Рівень забруднення атмосферного повітря
2016	11,95	високий
2017	12,82	високий
2018	12,60	високий
2019	12,85	високий
2020	12,98	високий
2021	13,21	високий

Як видно з отриманих результатів ІЗА, серед 7 поллютантів, за якими ведеться державний моніторинг в м. Миколаєві, найбільше впливають на рівень забруднення атмосферного повітря міста, є CO, CH₂O – для яких ІЗА більше за 1, та HF, NO₂ – для яких ІЗА є вищим за 5.

Потрібно зазначити, що до несприятливих метеорологічних умов щодо розсіювання шкідливих домішок, які надходять з викидними газами автотранспорту, відносять штильову погоду (безвітря) або досить слабку (0-1 м/с) і помірно слабку швидкість вітру (2-3 м/с). Таких днів у м. Миколаєві буває не менше 20% на рік, а влітку – зростає. Це й впливає, на нашу думку, на вищезазначену динаміку поведінки поллютантів в повітрі міста.

Крім того, у повітряному просторі міста фотохімічні реакції утворення та витрати формальдегіду відіграють важливу роль в утворенні фотохімічних смогів, оскільки він є джерелом вільних радикалів в атмосфері. Підвищені концентрації озону та оксидів азоту, а також органічних домішок в умовах фотохімічного смогу призводять до появи підвищених концентрацій формальдегіду. Це характерно для метеорологічних умов, які сприяють накопиченню домішок і наступних фотохімічних трансформацій, в ясну безвітряну погоду з великим вмістом забруднюючих речовин. Цей факт, можливо, також мав місце при формуванні підвищених

рівнів формальдегіду у повітрі м. Миколаєва у літні місяці (рис. 1, ж) та через що ІЗА за CH₂O є вищим за 5 (див. табл. 1).

Результати обчислення показника КІЗА за 5 поллютантами: CH₂O, HF, NO₂, CO, пил – наведено у таблиці 2.

Апроксимація цих даних за допомогою лінії регресії вказала на наявність тенденції до зростання ($R^2=0,90$) показника КІЗА атмосферного повітря у м. Миколаєві з середньорічним темпом зростання 0,5 (рис. 4). Тобто не менше, ніж на 0,5 одиниць на рік може підвищуватися показник КІЗА для м. Миколаєва.

Результати індикативних вимірювань CH₂O, HF, NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ в атмосферному повітрі м. Миколаєва за допомогою розміщеної у ЧНУ імені Петра Могили станція Oxygen Air Fresh Max «EcoRozum» в період 2021-2023 рр., які оброблено методами математичної статистики наведено у таблиці 3. Ця станція індикативних вимірювань встановлена в університетському дворі, позад якого за будівлею університету проходить інтенсивна автомобільна траса.

Ці результати вимірювань вказали на високі значення концентрацій у повітрі дрібнодисперсного пилу PM₁₀ (до 0,09 мг/м³), підтвердили факт сталості підвищених концентрацій формальдегіду (до 0,06 мг/м³), діоксиду азоту (до 0,05 мг/м³). Вміст CO зберігався на рівні $0,27 \pm 0,02$ мг/м³.

Статистично оброблені результати індикативних вимірювань
 CH_2O , CO , NO_2 , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} в атмосферному повітрі м. Миколаєва
за допомогою станції Oxygen Air Fresh Max «EcoRozum» в період 2021-2023 рр., мг/м^3

Поліютант	Середнє значення концентрації	Мінімальне значення концентрації	Максимальне значення концентрації	Стандартне відхилення даних
$\text{PM}_{2,5}$	0,015	0,01	0,05	0,01
PM_{10}	0,03	0,01	0,09	0,01
CH_2O	0,02	0,01	0,06	0,01
CO	0,27	0,2	0,29	0,02
NO_2	0,04	0,01	0,05	0,01

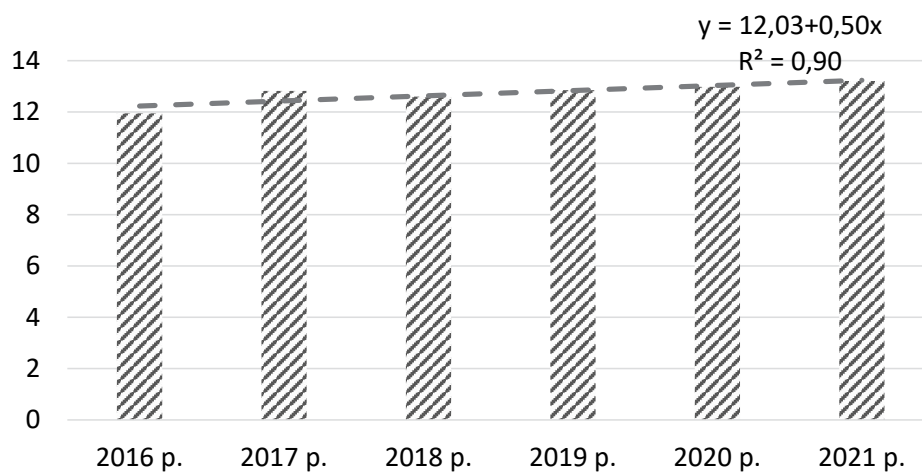


Рис. 4 Динаміка зміни КІЗА атмосферного повітря у м. Миколаєві впродовж 2016-2021 рр.

Результати вимірювань CH_2O на станціях 1, 2, 3 індикативних вимірювань системи громадського екологічного моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві свідчили про стійкість рівня концентрації формальдегіду близько до ГДК_{с.д.}, а максимальні разові концентрації досягали $0,06 \text{ мг/м}^3$, що повністю погоджується з результатами вмісту формальдегіду у повітрі, які отримано на стаціонарних постах м. Миколаєва (рис. 3, ж). Таким чином, це підтверджує висновок, що при референтному рівні забруднення атмосферного повітря екологічний моніторинг потрібно організувати з врахуванням індикативних вимірювань за допомогою компактних станцій.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Головною тенденцією впродовж року для багатьох поліютантів атмосферного повітря є збільшення їхніх концентрацій у другій половині року та хронічне перевищення серед-

ньодобових гранично-допустимих значень для пилу, HF , NO_2 , CH_2O .

2. За розрахованими ІЗА серед 7 поліютантів, за якими ведеться державний моніторинг в м. Миколаєві, найбільше впливають на рівень забруднення атмосферного повітря міста: CO , CH_2O – для яких ІЗА більше за 1, та HF , NO_2 – для яких ІЗА є вищим за 5.

3. Середньорічний темп зростання показника КІЗА становить 0,5 одиниць.

4. Результати індикативних вимірювань об'ємних концентрацій поліютантів в атмосферному повітрі м. Миколаєва свідчили про високі значення концентрацій у повітрі дрібнодисперсного пилу PM_{10} (до $0,09 \text{ мг/м}^3$), підтвердили факт сталості підвищених концентрацій формальдегіду (до $0,06 \text{ мг/м}^3$), діоксиду азоту (до $0,05 \text{ мг/м}^3$). При референтному рівні забруднення атмосферного повітря екологічний моніторинг потрібно організувати з врахуванням індикативних вимірювань за допомогою компактних станцій.

5. Перспективами подальших досліджень є дослідження кількісного складу викидів поллютантів у м. Миколаєві за стаціонарних джерел та розроблення рекомендацій щодо ефективного розміщення станцій індикативних вимірювань для комплексного моніторингу атмосферного повітря у м. Миколаєві.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Баштаннік М., Жемера Н., Кіптенко Є., Козленко Т. Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2014. Вип. 266. С. 70-93.
2. Васенко О., Рибалова О., Артем'єв С. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. 2015. 419 с.
3. Гомонай В., Лобко В., Ходаковський В. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України. *Екологічний вісник*. 2007. № 1 (41). С. 10-12.
4. Григор'єва Л. Екологічний моніторинг стану атмосферного повітря за індикативними вимірюваннями. *Екологічні науки*. 2022. № 2 (47). С. 137-141.
5. Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря: Постанова КМУ № 827 від 14.08.2019.
6. Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/50/ЄС від 21 травня 2008 року Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text (дата звернення 24.12.2023)
7. Забруднення повітря в Україні з космосу. URL: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/cleanair.org.ua-ukraine-space-ua-final-web.pdf](https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/cleanair.org.ua-ukraine-space-ua-final-web.pdf) (дата звернення 24.12.2023)
8. Киналь О. Орокліматогенні чинники забруднення атмосфери міських ландшафтів (на прикладі Чернівців). *Наукові записки Вінницького педуніверситету*. 2013. Вип. 25. С. 215-218.
9. Кіптенко Є., Баштаннік М., Козленко Т., Жемера Н., Трачук Н. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря та його прогнозування в промислових містах України (на прикладі м. Луганськ). *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 265. С. 78-88.
10. Кіптенко Є., Козленко Т. Вплив метеорологічних умов на забруднення повітря у промислових містах. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Т. 13. 2007. С. 208-215.
11. Колесник В., Павличенко А., Калініна К. Екологічна класифікація якості атмосферного повітря за комплексними індексами його забруднення. *Геотехнічна механіка*. 2017. Вип. 137. С. 156-169.
12. Поліщук С., Даценко Л. Оцінка впливу метеорологічних факторів на стан забруднення атмосферного повітря м. Дніпропетровська (на прикладі формальдегіду). *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. 2015. С. 266-270.
13. Шевченко О., Кульбіда М., Сніжко С. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 5-15.

REFERENCES:

1. Bashtannik, M., (2014) Stan zabrudnennia atmosferneho povitria nad terytoriiu Ukrainy [The state of air pollution over the territory of Ukraine] *Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*. 266. 70-93 [in Ukrainian]
2. Vasenko O., Rybalova O., Artemiev S. Intehralni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha: monohrafiia [Integral and comprehensive environmental assessments]. 2015. 419 [in Ukrainian]
3. Homonai, V., Lobko, V., Khodakovskiy, V. (2007) Formaldehyd – holovnyi komponent zabrudnennia atmosfery avtomobilnym transportom v mistakh Ukrainy [Formaldehyde is the main component of air pollution from road transport in Ukrainian cities] *Ekolohichniy visnyk*. 1 (41). 10-12. [in Ukrainian]
4. Grygorieva, L. (2022) Ekolohichniy monitorynh stanu atmosferneho povitria za indykativnymy vymiriuvanniamy [Environmental monitoring of the state of atmospheric air by indicative measurements] *Ekolohichni nauky*. 2 (47). 137-141. [in Ukrainian]
5. Deiaki pytannia zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu u haluzi okhorony atmosferneho povitria: Postanova KMU [Some issues of state monitoring in the field of atmospheric air protection] № 827 vid 14.08.2019. [in Ukrainian]
6. Dyrektyva Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady 2008/50/Yes vid 21 travnia 2008 roku Pro yakist atmosferneho povitria ta chystishe povitria dlia Yevropy [Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of May 21, 2008 on air quality and cleaner air for Europe] URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text (data vkhodu 24.12.2023) [in Ukrainian]

7. Zabrudnennia povitria v Ukraini z kosmosu. [Air pollution in Ukraine from space] URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2020/11/cleanair.org.ua-ukraine-space-ua-final-web.pdf> (data vkhodu 24.12.2023) [in Ukrainian]
8. Kynal, O. (2013) Oroklimatohenni chynnyky zabrudnennia atmosfery miskykh landshaftiv (na prykladi Chernivtsiv). *Naukovi zapysky Vinnytskoho peduniversitytetu*. 25. 215-218. [in Ukrainian]
9. Kiptenko, Ye., Bashtannyk, M., Kozlenko, T., Zhemera N., Trachuk, N. (2013) Otsinka stanu zabrudnennia atmosferного povitria ta yoho prohnozuvannia v promyslovykh mistakh Ukrainy (na prykladi m. Luhansk) [Assessment of the state of atmospheric air pollution and its forecasting in industrial cities of Ukraine (on the example of Luhansk)]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*. 265. 78-88. [in Ukrainian]
10. Kiptenko, Ye., Kozlenko, T. (2007) Vplyv meteorolohichnykh umov na zabrudnennia povitria u promyslovykh mistakh [The impact of meteorological conditions on air pollution in industrial cities]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 13. 208-215. [in Ukrainian]
11. Kolesnyk, V., Pavlychenko, A., Kalinina, K. (2017) Ekolohichna klasyfikatsiia yakosti atmosferного povitria za kompleksnymy indeksamy yoho zabrudnennia [Ecological classification of atmospheric air quality based on complex indices of its pollution.]. *Heotekhnichna mekhanika*. 137. 156-169. [in Ukrainian]
12. Polishchuk, S., Datsenko, L. (2015) Otsinka vplyvu meteorolohichnykh faktoriv na stan zabrudnennia atmosferного povitria m. Dnipropetrovska (na prykladi formaldehydu) [Evaluation of the influence of meteorological factors on the state of atmospheric air pollution in Dnipropetrovs'k (on the example of formaldehyde)]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannia*. 2. 266-270. [in Ukrainian]
13. Shevchenko, O., Kulbida, M., Snizhko, S. (2014) Riven zabrudnennia atmosferного povitria mista Kyieva formaldehydom. [Levels of formaldehyde air pollution in Kyiv] *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal*. 14. 5-15. [in Ukrainian]