

УДК 502.175:502.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-9>

Наталія СУХА

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

Людмила ГРИГОР'ЄВА

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Анна АЛЕКСЄЄВА

кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, Україна, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

Бібліографічний опис статті: Суха, Н., Григор'єва, Л., Алексєєва, А. (2022). Індикативні вимірювання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 2, 69–76, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-9>

ІНДИКАТИВНІ ВИМІРЮВАННЯ ВМІСТУ ФОРМАЛЬДЕГІДУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ М. МИКОЛАЄВА

Стаття присвячена дослідженню можливості застосування індикативних вимірювань вмісту формальдегіду (CH_2O) в атмосферному повітрі міст, які підвернені активним автотранспортним транзитним потокам. Автотранспорт – основний чинник підвищених рівнів формальдегіду в атмосферному повітрі таких міст. До цього ще додаються регіональні особливості, які впливають на збільшення вмісту і на процес розсіювання формальдегіду у приземному шарі атмосфери: це кліматично-метеорологічні умови, особливо влітку, коли поєднуються висока температура з відсутністю постійних вітрів; це наявність великого нерегульованого автотранспортного транзитного потоку крізь міста. В рамках імплементації положень Директиви 2008/50/ЄС у національне законодавство України необхідно запроваджувати екологічний моніторинг якості атмосферного повітря на підставі розширення фіксованих вимірювань за допомогою індикативних вимірювань показників якості повітря. У статті порушено питання узгодженості результатів індикативних і фіксованих вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі міст.

Метою роботи виступали дослідження особливостей застосування індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі у містах з інтенсивним автотранспортним потоком, на прикладі м. Миколаєва. Матеріалами дослідження виступали результати вимірювання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі міста за 7 станціями індикативних вимірювань в м. Миколаєві, а також результати визначення вмісту формальдегіду на 4 стаціонарних референтних постах моніторингу атмосферного повітря м. Миколаєва.

Доведено, що у повітряному просторі м. Миколаєва наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій формальдегіду як при здійсненні індикативних вимірювань, так і на стаціонарних постах моніторингу атмосферного повітря. Показано, що результати індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі перевищують у 1,5-1,6 рази відповідні величини при фіксованих вимірюваннях, а максимальні значення при фіксованих вимірюваннях перевищують у 1,6-1,8 разів максимальні значення при індикативних вимірюваннях. Обґрунтована необхідність калібрування станцій індикативних вимірювань відповідно до місцевих умов. Показана необхідність обов'язкового доповнення індикативними вимірюваннями екологічний моніторинг атмосферного повітря у містах з інтенсивними транспортними потоками.

Ключові слова: формальдегід, індикативні вимірювання, атмосферне повітря, моніторинг.

Natalia SUKHA

Postgraduate Student at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

Lyudmila HRYHORIEVA

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0001-9452-2982

Anna ALEKSIEIEVA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, 68 Desantnykiv str., 10, Mykolaiv, Ukraine, 54003

ORCID: 0000-0003-0345-8538

To cite this article: Sukha, N., Hryhorieva, L., Aleksieieva, A. (2022). Indykatyvni vymiriuvannia vmistu formaldehydu v atmosferному povitri m. Mykolaieva. [Indicative measurements of formaldehyde content in atmospheric air of Mykolaev]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 2, 69–76, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-2-9>

INDICATIVE MEASUREMENTS OF FORMALDEHYDE CONTENT IN ATMOSPHERIC AIR OF MYKOLAEV

The article is devoted to the study of the possibility of using indicative measurements of formaldehyde (CH₂O) content in the atmospheric air of the cities exposed to active vehicular transit flows. Motor transport is a fundamental factor of increased formaldehyde levels in the atmospheric air of such cities. Regional peculiarities affecting the increase of formaldehyde content and dispersion process in the surface layer of the atmosphere are added to the current situation, such as climatic and meteorological conditions, especially in summer, when high temperatures are combined with a lack of permanent winds; and the presence of a large unregulated automobile transit flow through the city. Within the framework of the Directive 2008/50/EU implementation into the national legislation of Ukraine it is necessary to introduce the ecological monitoring of the atmospheric air quality from the expansion of the fixed measurements by means of indicative measurements of air quality indices. The article raises the question of the consistency of the results of indicative and fixed measurements of formaldehyde content in the atmospheric air of cities.

The purpose of the work is to study the peculiarities of the application of indicative measurements of formaldehyde content in the atmospheric air in the cities with heavy traffic, on the example of the city of Mykolaiv. The materials of the study are the results of measuring the formaldehyde content in the atmospheric air of the city by 7 stations of indicative measurements in Mykolaiv, as well as the results of determination of formaldehyde content at 4 stationary reference stations of atmospheric air monitoring in the city of Mykolaiv.

It has been proved that there is a chronic excess of the maximum permissible concentrations of formaldehyde both during indicative measurements and at the fixed air monitoring stations in the airspace of the city of Mykolaiv. It has been shown that the results of indicative measurements of formaldehyde content in atmospheric air exceed in 1.5-1.6 times the corresponding values at fixed measurements, and the maximum values at fixed measurements exceed in 1.6-1.8 times the maximum values at indicative measurements. The necessity of calibration of indicative measurement stations in accordance with local conditions has been substantiated. The requirement of compulsory supplementing with indicative measurements of ecological monitoring of atmospheric air in the cities with intensive traffic flows has been shown.

Key words: formaldehyde, indicative measurements, atmospheric air, monitoring.

Актуальність проблеми. Чисте та безпечне атмосферне повітря є суспільною цінністю та останнім безкоштовним природним ресурсом, що для більшості населення не має альтернативи споживання. Для багатьох українських міст серйозною проблемою є високі концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі [Ананьєва, 2017; Беляєва И, 2010; Гомонай, 2007; Шевченко, 2014], і особливо у містах з інтенсивним автомобільним

рухом [Григор'єва, 2018 С. 19]. Формальдегід відноситься до небезпечних атмосферним поллютантам, бо виступає генотоксичною речовиною: може викликати соматичні мутації, які можуть передаватися нащадкам; має мутагенну, ембріотоксичну та канцерогенну дію. Сполучення цих якостей ставить формальдегід в ряд найнебезпечніших для людини сполук. Належить до 2 класу небезпеки за токсичністю. Діоксид азоту, підсилює

негативний вплив формальдегіду. Тому збільшення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі населених місць стає суттєвим екологічним ризиком для людини.

Окремим питанням в Україні є проблема вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі міст. При цьому, в рамках імплементації положень Директиви 2008/50/ЄС у національне законодавство України запропоновано запровадження екологічного моніторингу якості атмосферного повітря на підставі розширення фіксованих вимірювань за допомогою індикативних вимірювань показників якості повітря з врахуванням регіональних проблем територій [Варламов, 2010]. Тому для міст України залишаються актуальними дослідження щодо узгодженості індикативних та фіксованих вимірювань показників якості атмосферного повітря [Варламов, 2010; Васюкіна І., 2007; Мислюк О., 2008].

Мета дослідження: дослідити особливості застосування індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі у містах з інтенсивним автотранспортним потоком, на прикладі м. Миколаєва.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалами дослідження виступали результати вимірювання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі міста за 7 станціями індикативних вимірювань в м. Миколаєві, що у поточному режимі відображується на онлайн-карті <https://eco-city.org.ua/> (рис. 1):

1. «EcoRozum» – вул. 68 Десантників, 10, ЧНУ імені Петра Могили;
2. «Департамент ЖКГ» – вул. Адмірала Макарова, 7;
3. «MriyDiy 2» – пр. Центральний, 28;
4. «Північний» – вул. Архітектора Старова, 14а, Спортивний Дім Sport House;
5. «Solar Service Mykolaiiv» – Матвіївка;
6. «Космонавтів» – вул. Космонавтів, 5;
7. «Залізнична» – вул. Залізнична, 52.

Для порівняння отриманих результатів індикативних вимірювань проаналізовано результати визначення вмісту формальдегіду (CH_2O) на 4 стаціонарних референтних постах моніторингу атмосферного повітря м. Миколаєва у період січень-грудень 2021 р., які виконано Комплексною лабораторією Миколаївського обласного центру з гідрометеорології та які

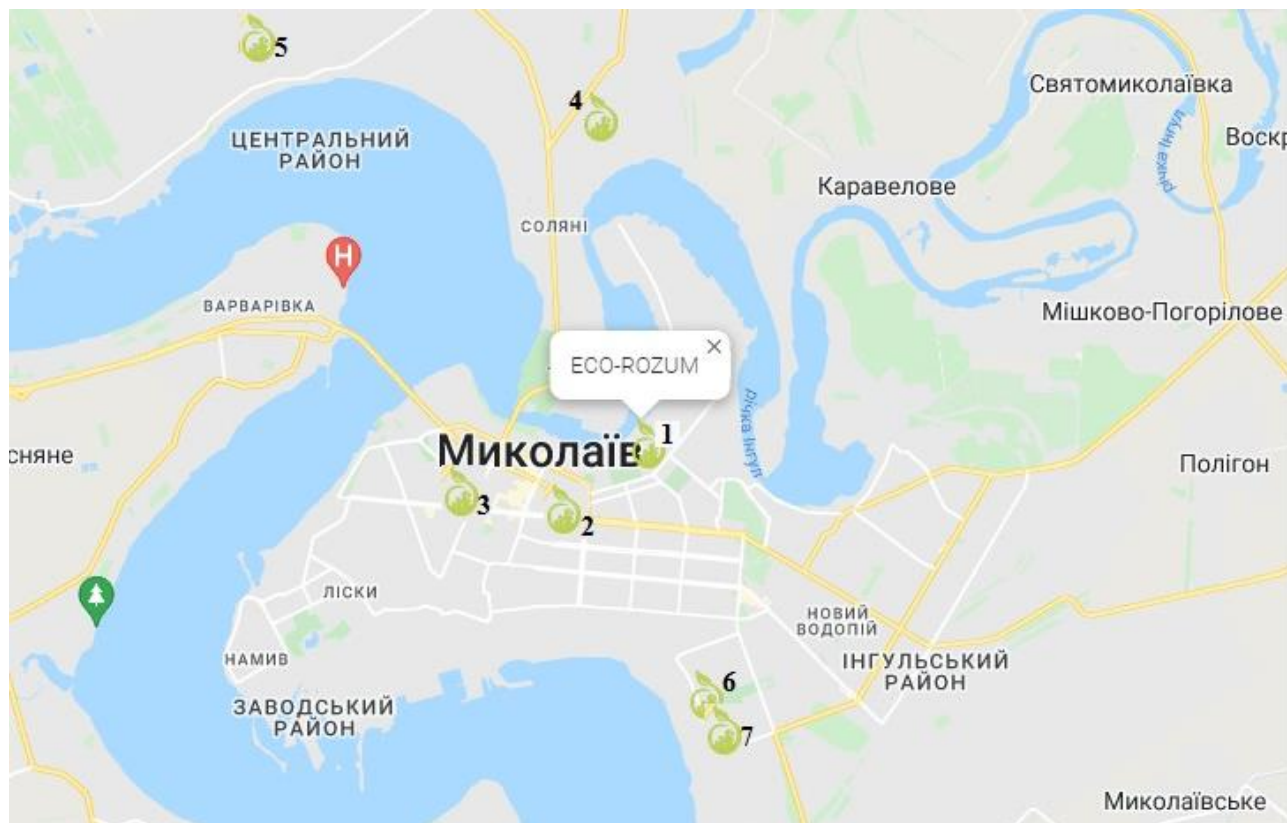


Рис. 1. Карта-схема моніторингу екологічного повітря за допомогою станцій індикативних вимірювань

представлено на сайті Миколаївської міської ради <https://mkrada.gov.ua/content/stan-atmosfernogo-povitrya.html>

Матеріалами також виступали результати власних досліджень стану атмосферного повітря за індикативними вимірюваннями за допомогою встановленої в ЧНУ імені Петра Могили універсальної станції моніторингу якості повітря Охуген (станція під назвою ECO-ROZUM). При цьому вважали, що через розташування цієї станції у місці, яке захищено від прямого надходження поллютантів при викидах з автотранспорту, знаходиться всередині університетського дворику, у місці зелених насаджень, де немає інших чинників забруднення повітря – результати вимірювань за цією станцією можна прийняти за фонові індикативні вимірювання показників стану атмосферного повітря у м. Миколаєві. Дослідження проведено у період: липень 2021 р. – січень 2022 р.

При обробці результатів дослідження використано методи математичної статистики та моделювання, статистичної обробки даних, методи графічного представлення даних дослідження.

Основний матеріал дослідження.

Графічний аналіз результатів індикативних вимірювань вмісту CH_2O в атмосферному повітрі у м. Миколаєві за станціями 1,2,6 за період

липень 2021 р. – січень 2022 р. представлено на рис. 2 – 6.

Як видно з рисунків, при $\text{ГДК}_{\text{с.д.}} = 3 \text{ мкг/м}^3$; $\text{ГДК}_{\text{м.р.}} = 35 \text{ мкг/м}^3$ середньомісячні концентрації складали $20 \pm 3 \text{ мкг/м}^3$. При цьому максимальні концентрації перевищували досягали 70 мкг/м^3 . Аналіз помісячної динаміки свідчив про стійкий характер перевищень $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$, $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$, особливо у період з квітня до жовтня. Узагальнюючі ці результати з результатами, які отримано на інших станціях індикативних вимірювань (т. 3, 5, 6), вміст CH_2O у місті коливався в межах $8,08\text{--}19,20 \text{ мкг/м}^3$, при середньому значенні $10,71 \pm 2,92 \text{ мкг/м}^3$

За результатами вимірювань показників якості атмосферного повітря на 4 стаціонарних постах м. Миколаєва середньомісячний вміст CH_2O у повітрі міста Миколаєва коливався в межах $8,5\text{--}15,5 \text{ мкг/м}^3$, вміст пилу по місту в середньому дорівнював 75 мкг/м^3 ($0,09 \text{ ГДК}_{\text{с.д.}}$). Індекс забруднення атмосфери в цілому по місту за 2021 рік склав $8,44$ одиниці.

Здійснено порівняльний аналіз величин показників якості атмосферного повітря у м. Миколаєві у досліджуваній період за усіма вимірюваннями. Порівняння результатів всіх спостережень представлено у таблиці 2.

На стовбчикових діаграмах (рис. 7,8) відображено результати (середні значення та мак-

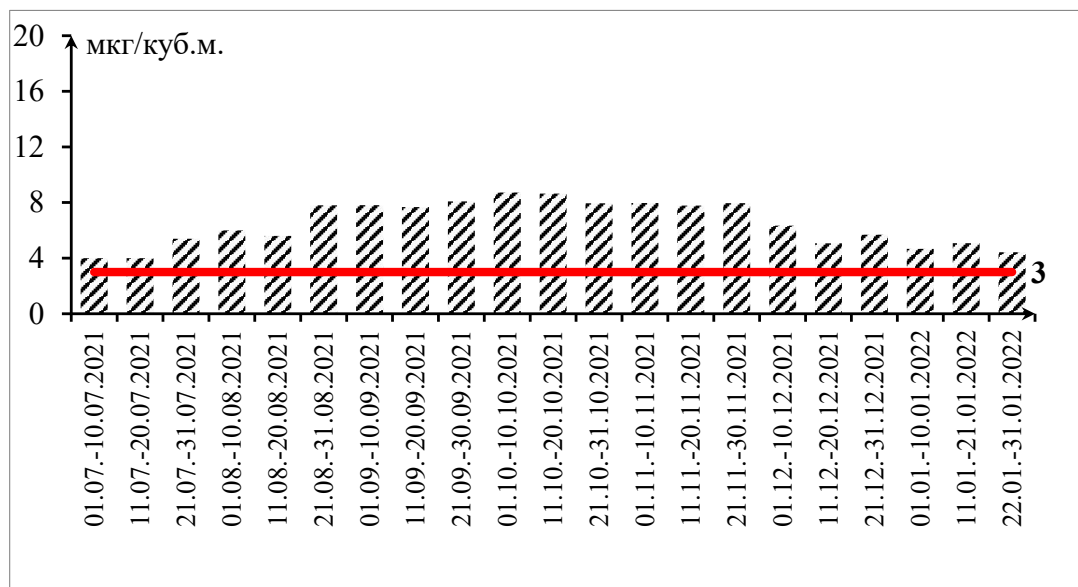


Рис. 2. Динаміка вмісту CH_2O у повітрі м. Миколаєва за станцією 1 (червоною лінією позначено величину гранично-допустимої концентрації середньодобової ($\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$) CH_2O)

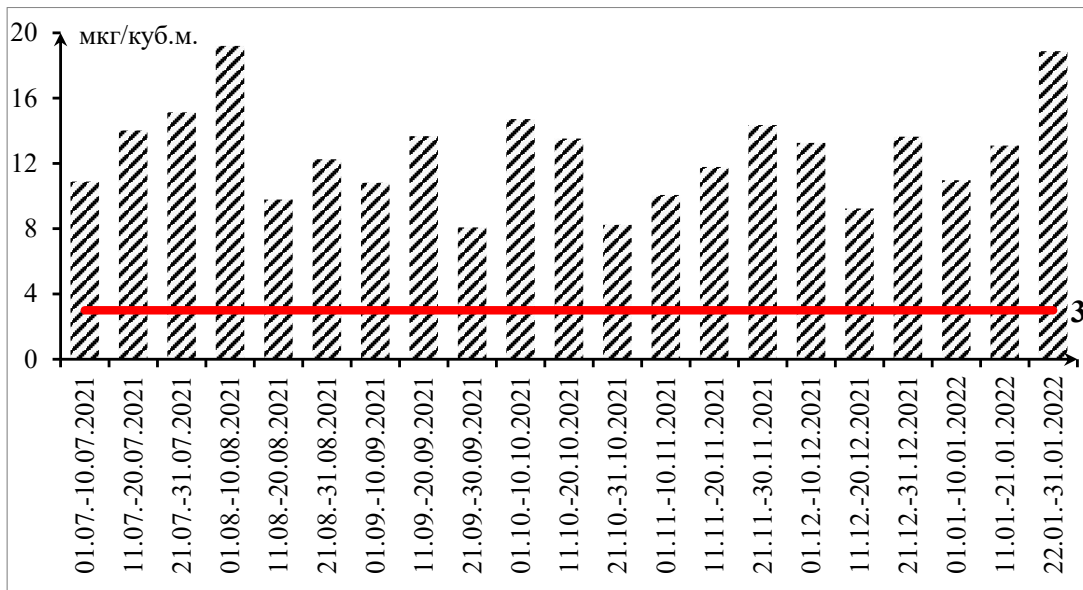


Рис. 3. Динаміка вмісту CH_2O у повітрі м. Миколаєва за станцією 2 (червоною лінією позначено величину гранично-допустимої концентрації середньодобової (ГДК_{сд}) CH_2O)

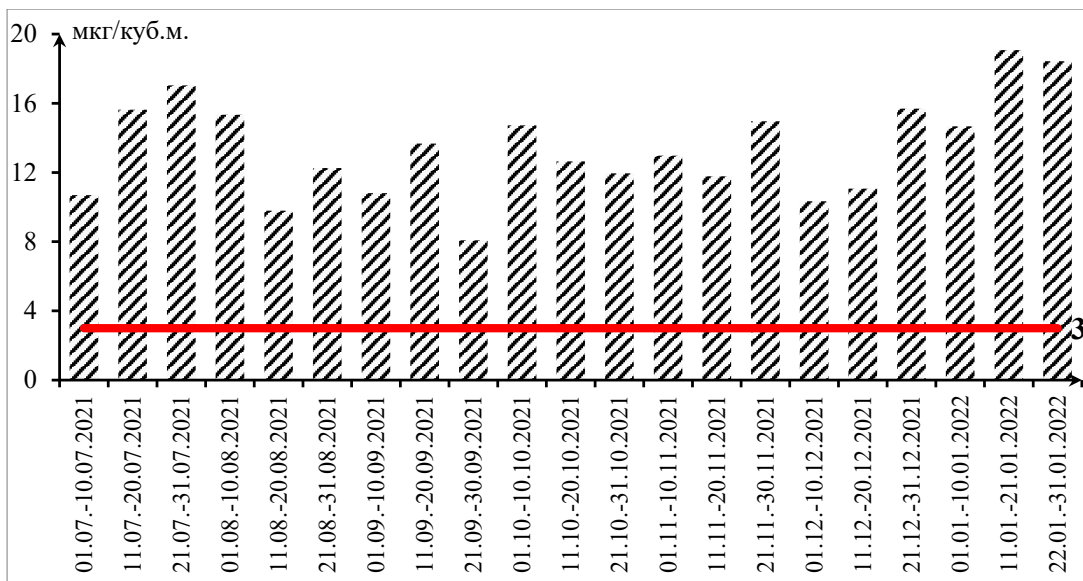


Рис. 4. Динаміка вмісту CH_2O у повітрі м. Миколаєва за станцією 7 (червоною лінією позначено величину гранично-допустимої концентрації середньодобової (ГДК_{сд}) CH_2O)

симальні значення відповідно) фіксованих вимірювань та результатів індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва за липень 2021 р. – січень 2022 р.

Як можна бачити, середні значення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва за результатами індикативних вимірювань перевищують у 1,5-1,6 рази відповідні величини фіксованих вимірювань, а за макси-

мальними значеннями навпаки: максимальні значення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва при фіксованих вимірюваннях перевищують в 1,6-1,8 разів максимальні значення, які зафіксовано при індикативних вимірюваннях.

Цей факт ще раз підтверджує, що при референтному рівні забруднення (наприклад, формальдегідом) екологічний моніторинг атмосферного повітря має бути організований не

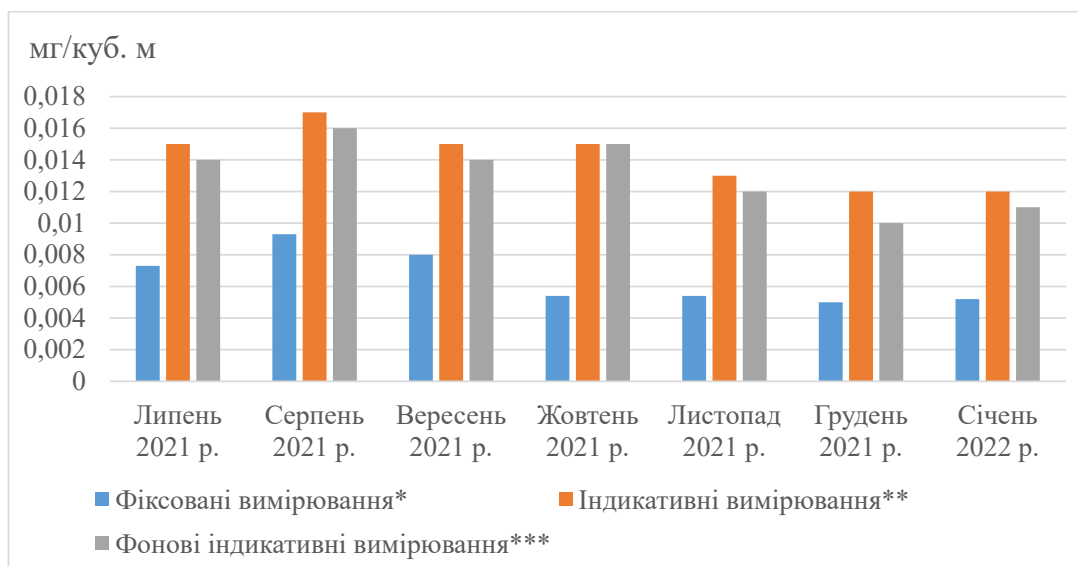


Рис. 5. Середньомісячні значення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва за липень 2021 р. – січень 2022 р. за результатами фіксованих вимірювань та результатами індикативних вимірювань

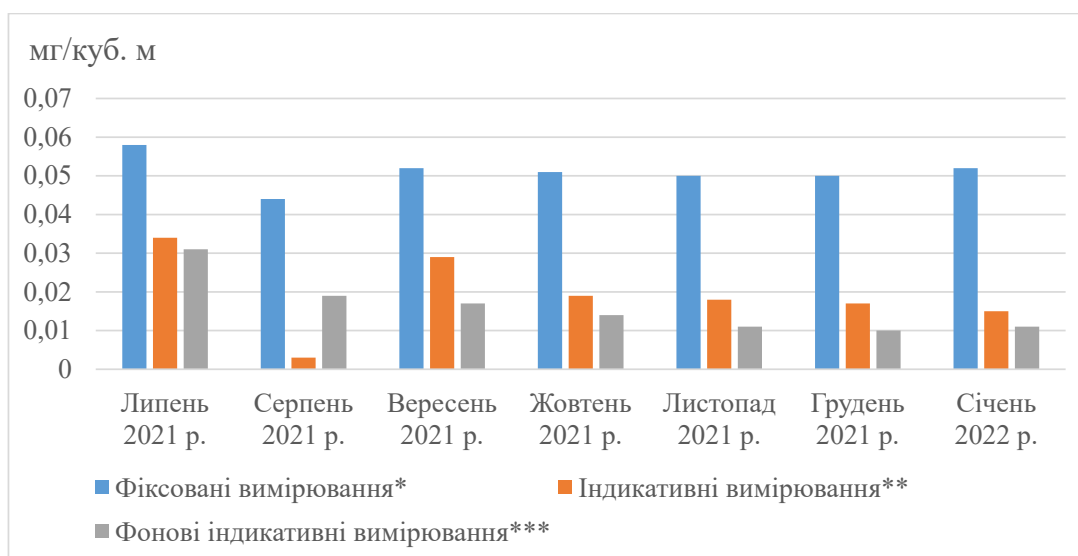


Рис. 6. Максимальні значення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва за липень 2021 р. – січень 2022 р. за результатами фіксованих вимірювань та результатами індикативних вимірювань

тільки за допомогою організації фіксованих вимірювань, а також доповнений індикативними вимірюваннями за допомогою комплексних компактних станцій, які призначені для здійснення індикативних вимірювань показників якості повітря. Отримані близькі результати показників якості атмосферного повітря за усіма 7 станціями індикативних вимірювань вказують, що при виборі місця розташування такої станції у місті з великими транспортними потоками для здійснення фонових вимірювань

показників якості атмосферного повітря така станція має розташована на великій відстані від дороги.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Визначено, що у повітряному просторі м. Миколаєва наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій формальдегіду як при здійсненні індикативних вимірювань, так і на стаціонарних постах моніторингу атмосферного повітря.

**Порівняння результатів фіксованих вимірювань та результатів індикативних вимірювань
вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва
за липень 2021 р. – січень 2022 р., мг/м³**

Місяць спостережень	Фіксовані вимірювання*		Індикативні вимірювання**		Фонові індикативні вимірювання***	
	$\bar{X} \pm \sigma_x$, мкг/м ³	max, мкг/м ³	$\bar{X} \pm \sigma_x$, мкг/м ³	max, мкг/м ³	$\bar{X} \pm \sigma_x$, мкг/м ³	max, мкг/м ³
Липень 2021 р.	7,3±0,7	10	15±4	34	14±5	31
Серпень 2021 р.	9,3±1,0	14	17±10	30	16±4	19
Вересень 2021 р.	8,0±1,1	10	15±6	29	14±8	17
Жовтень 2021 р.	5±0,9	11	15±5	0,019	15±6	14
Листопад 2021 р.	5±0,7	10	13±3	0,018	12±2	13
Грудень 2021 р.	5,1±0,8	0,010	12±6	0,017	10±2	13
Січень 2021 р.	5,2±0,9	0,010	0,012±0,004	0,015	11±2	13

* – за 4 стаціонарними постами спостережень Миколаївського обласного центру з гідрометеорології,

** – за 7 стаціонарними постами 2-7 індикативних вимірювань,

*** – за стаціонарним постом 1 спостережень індикативних вимірювань.

2. Встановлено, що впродовж періоду з липня 2021 р. по січень 2022 р. на 4 стаціонарних референтних постах та на 7 стаціонарних постах індикативних вимірювань показників якості атмосферного повітря найбільша кратність перевищення ГДКс.д. (до 10 разів і вище) характерна для формальдегіду.

3. Визначено, що результати індикативних вимірювань вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі перевищують у 1,5-1,6 рази відповідні величини при фіксованих вимірюваннях,

а максимальні значення при фіксованих вимірюваннях перевищують в 1,6-1,8 разів максимальні значення при індикативних вимірюваннях. Потрібно, по-перше, відкалібрувати розміщені у м. Миколаєві станції індикативних вимірювань відповідно до місцевих умов; по-друге, при референтному рівні забруднення екологічний моніторинг атмосферного повітря доповнювати індикативними вимірюваннями за допомогою відкаліброваних станцій, призначених для індикативних вимірювань показників якості повітря.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ананьєва О. В. Вдосконалення гігієнічної оцінки забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 14.02.01 «гігієна та професійна патологія». Київ, 2017. 22 с.
2. Беляєва І.В., Орлова С.А., Боробова Н.А. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха города Донецка формальдегидом. Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Сборник трудов международной научно-практической конференции. Донецк, 26–28 мая 2010 г. С. 78–82.
3. Варламов Е.Н., Колосков В.Ю. Автоматический контроль и приборы измерения параметров окружающей среды : учеб. пособ. Харьков : НАУ, 2010. 164 с.
4. Васюкіна І.В. Аналіз впливу автотранспортних засобів на навколишнє середовище в селітебних зонах міст. *Екологічна безпека*. № 4. 2009(8). С. 16–20.
5. Волошкіна О.С. Дослідження забруднення формальдегідом атмосферного повітря Києва на автомобільних автопроводах. Регіональні проблеми охорони довкілля: мат. Міжнар. наук. конф. молодих вчених. Одеса, 2018. С. 46–51.
6. Гомонай В.І., Лобко В.Ю., Ходаковський В.С. Формальдегід – головний компонент забруднення атмосфери автомобільним транспортом в містах України. *Екологічний вісник*. 2007. № 1 (41). С. 10–12.
7. Григор'єва Л.І. та ін. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря у місті Миколаєві. *Екологічні науки*, № 4 (23), 2018. С. 19–23.
8. 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
9. Мислюк О.О., Шейкіна О.Ю. Оцінка екологічної безпеки функціонування автотранспорту в умовах промислового міста. *Вісник ЖДТУ*. № 3 (46). 2008. С. 1–10.
10. Шевченко О.Г. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 5–15.

REFERENCES:

1. Ananieva, O. V. (2017) Vdoskonalennia hiiienichnoi otsinky zabrudnennia atmosferneho povitria vykydamy avtomobilnoho transportu [*Improving the hygienic assessment of air pollution by emissions from road transport*]. Kyiv [in Ukrainian].
2. Belyaeva, I., & Orlova, S., & Borobova, N. (2010) Analiz ystochnykov zahriaznennia atmosferneho vozdukha horoda Donetska formaldehydom [*Analysis of sources of air pollution in the city of Donetsk with formaldehyde*]. Donetsk [in Ukrainian].
3. Varlamov, E.N & Koloskov, V.Yu. (2010). Avtomatycheskyi kontrol y pryborы yzmerenyia parametrov okruzhaiushchei sredy [*Automatic control and devices for measuring environmental parameters*]. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Vaskina, I. (2009). Analiz vplyvu avtotransportnykh zasobiv na navkolyshnie seredovyshe v selitebnykh zonakh mist [*Analysis of the impact of vehicles on the environment in residential areas of cities*]. Kyiv: Environmental Safety [in Ukrainian].
5. Voloshkina, O. (2018). Doslidzhennia zabrudnennia formaldehydom atmosferneho povitria Kyieva na avtomobilnykh avtoprovodakh [*Research of formaldehyde pollution of atmospheric air of Kyiv on automobile pipelines*]. Odesa [in Ukrainian].
6. Gomonai, V., & Lobko, V., & Khodakovsky V. (2007). Formaldehyd – holovnyi komponent zabrudnennia atmosfery avtomobilnym transportom v mistakh Ukrainy [*Formaldehyde is the main component of air pollution by road transport in the cities of Ukraine*]. Ecological Bulletin [in Ukrainian].
7. Grygorieva, L.I. (2018). Kompleksna otsinka zabrudnennia atmosferneho povitria u misti Mykolaievi [*Comprehensive assessment of air pollution in the city of Mykolayiv*]. Kyiv: Ecological Sciences [in Ukrainian].
8. Pro yakist atmosferneho povitria ta chystishe povitria dlia Yevropy: Dyrektyva Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady (2008) [*On ambient air quality and cleaner air for Europe: Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council*]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Mysliuk, O.O., & Sheikina, O.Yu. (2008). Otsinka ekolohichnoi bezpeky funktsionuvannia avtotransportu v umovakh promysloвого mista [*Estimation of ecological safety of functioning of motor transport in the conditions of the industrial city*]. / Zhytomir; Visnyk ZhSTU [in Ukrainian].
10. Shevchenko, O.H. (204). Riven zabrudnennia atmosferneho povitria mista Kyieva formaldehydom [*The level of air pollution in the city of Kyiv with formaldehyde*] / Odessa: Ukrainian Hydrometeorological Journal [in Ukrainian].