

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТІ МИКОЛАЄВІ

Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Суха Н.О.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв

За результатами екологічного моніторингу стану атмосферного повітря в м. Миколаєві здійснено комплексний аналіз забруднення поллютантами повітряного простору міста. Представлено аналіз умісту основних екологічних поллютантів атмосферного повітря в місті й аналіз комплексного індексу забруднення атмосферного простору в м. Миколаєві за 2015–2017 рр. Показано ймовірні причини екологічної небезпеки для атмосферного повітря в м. Миколаєві. *Ключові слова*: поллютанти, атмосферне повітря, комплексний індекс забруднення атмосфери.

Комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха в городе Николаеве. Григорьева Л.И., Томилин Ю.А., Сухая Н.А. По результатам экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха в г. Николаеве осуществлен комплексный анализ загрязнения поллютантами воздушного пространства города. Представлен анализ содержания основных экологических загрязнителей атмосферного воздуха в городе и анализ комплексного индекса загрязнения атмосферного пространства в г. Николаеве за 2015–2017 гг. Показаны вероятные причины экологической опасности для атмосферного воздуха в г. Николаеве. *Ключевые слова*: поллютанты, атмосферный воздух, комплексный индекс загрязнения атмосферы.

Comprehensive assessment of atmospheric air pollution in the Mykolaiv city. Grygoryeva L., Tomilin Y., Sukha N. According to the results of the environmental monitoring, atmospheric air in the city of Mykolaiv has been carried out a comprehensive analysis of pollutants polluting the airspace of the city. The analysis of the content of the main environmental pollutants of atmospheric air in the city and analysis of the integrated index of atmospheric pollution in Mykolaiv city for 2015–17 are presented. The probable reasons of the environmentally dangerous state of atmospheric air in Mykolaiv city are shown. *Key words*: pollutants, atmospheric air, comprehensive index of atmospheric pollution.

Постановка проблеми. Щороку в Україні в атмосферу виділяється близько 17 млн тонн шкідливих речовин. Обсяг шкідливих речовин, які потрапляють на один квадратний кілометр площі України, у 6,5 рази вищий, ніж у США, і в 3,2 рази – ніж у країнах Європи [4]. У територіальному розрізі найбільш високе забруднення атмосферного повітря характерне для Донецького й Придністровського регіонів України, а також навколо обласних центрів.

Основними забруднювачами повітря України є підприємства чорної металургії (33%), енергетики (30%), вугільної промисловості (10%), хімічної та нафтохімічної промисловості (7%). Більше третини загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу дає автотранспорт – 6,5 млн/тонн на рік. У великих містах України масова частка забруднення повітря від автомобільного транспорту становить 70–90% від загальної маси забруднення.

Необхідність здійснення постійного екологічного моніторингу атмосферного повітря в міському середовищі очевидна й обґрунтована сучасними вимогами до якості навколишнього середовища. За даними спостережень гідрометеорологічної служби України, у першому півріччі 2018 р. в 13 містах України рівень забруднення повітря (за комплексним індексом забруднення атмосфери) оцінювався як високий (Маріуполь, Одеса, Луцьк, Кам'янське, Дніпро, Київ, Миколаїв, Слов'янськ, Кривий Ріг, Краматорськ,

Рубіжне, Лисичанськ, Запоріжжя) [6]. Тому комплексний аналіз забруднення атмосферного простору міста Миколаєва необхідний для розроблення відповідних контрзаходів.

Актуальність дослідження. Тривалий час у якості основних забруднювачів атмосфери у великих містах розглядалися промислові підприємства, які були джерелами надходження в навколишнє середовище сірчистого газу, оксидів азоту, сажі й ін. Автомобільному транспорту як джерелу забруднення не приділялося належної уваги, хоча автотранспорт дає більше третини загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу – 6,5 млн тонн на рік. У великих містах України масова частка забруднення повітря від автомобільного транспорту становить 70–90% від загальної маси забруднення. Один літр спалюваного бензину призводить до утворення приблизно 16 кубометрів вихлопних газів, які містять близько 200 шкідливих речовин. Небезпечно це тому, що в середньому один автомобіль за рік викидає близько 200 кг CO_x, 60 кг N_xO_x, 40 кг C_xH_x, 3 кг металевого й гумового пилу [1; 5].

Метою дослідження є комплексний аналіз забруднення небезпечними речовинами атмосферного повітря міста Миколаєва й транспортних потоків через місто. Використано результати екологічного моніторингу, проведеного Миколаївським обласним центром із гідрометеорології за станом

атмосферного повітря у 2015–2017 рр. [2]; результати аналізу гідрофізичної лабораторії України [6]; результати власного наукового аналізу.

Виклад основного матеріалу. Постійний екологічний моніторинг за станом атмосферного повітря в м. Миколаєві здійснюється Миколаївським обласним центром із гідрометеорології. Спостереження в рамках моніторингу проводяться в 4-х контрольних пунктах спостереження (о 1, 7, 13, 19 годині в усі дні, крім неділі та святкових днів). Спостереження здійснюються за поллютантами (забруднювачами): окис вуглецю (CO), пил, формальдегід (H₂CO), фтористий водень (HF), двоокис азоту (NO₂), окис азоту (NO), двоокис сірки (SO₂).

Результати цього моніторингу свідчили про таке:

– для CO (ГДК_{с.д.}¹ = 3 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 5 мг/м³) середньомісячні концентрації становили 2,0 ± 1,1 мг/м³; максимальні концентрації досягали 8–9 мг/м³, перевищуючи таким чином ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.}. Перевищення ГДК_{с.д.} мали постійний характер, а щодо перевищення ГДК_{м.р.}, то частота цих перевищень навіть збільшилася у 2017 р.;

– для пилу (ГДК_{с.д.} = 0,15 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 5 мг/м³) середньомісячні концентрації становили 0,09 ± 0,02 мг/м³; максимальні концентрації перевищували ГДК_{с.д.}, досягаючи показників 0,015–0,020 мг/м³;

– для SO₂ (ГДК_{с.д.} = 0,05 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 0,5 мг/м³) середньомісячні концентрації становили 0,006 ± 0,002 мг/м³; таким чином, не спостерігалось перевищень ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.};

– для NO₂ (ГДК_{с.д.} = 0,04 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 0,2 мг/м³) середньомісячні концентрації становили 0,06 ± 0,02 мг/м³, таким чином, вони перевищували ГДК_{с.д.}; максимальні концентрації також перевищували ГДК_{с.д.}, досягаючи показників 0,19 мг/м³;

– для NO (ГДК_{с.д.} = 0,06 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 0,1 мг/м³) середньомісячні концентрації становили 0,015 ± 0,002 мг/м³; характерні щомісячні випадки досягнення ГДК_{с.д.};

– для HF при ГДК_{с.д.} = 0,005 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 0,019 мг/м³ середньомісячні концентрації становили 0,003 ± 0,001 мг/м³; максимальні концентрації перевищували ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.}, досягаючи 0,017–0,022 мг/м³; перевищення ГДК_{с.д.} мало стійкий характер (щомісячні випадки такого перевищення);

для H₂CO при ГДК_{с.д.} = 0,003 мг/м³; ГДК_{м.р.} = 0,035 мг/м³ середньомісячні концентрації становили 0,02 ± 0,01 мг/м³; максимальні концентрації перевищували ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.}, досягаючи показника 0,07 мг/м³; перевищення ГДК_{с.д.}, ГДК_{м.р.} мало стійкий характер (щомісячні випадки такого перевищення), особливо в період із квітня до жовтня.

Здійснено комплексну оцінку рівнів забруднення атмосферного повітря через визначення показників: індекс забруднення атмосфери (ІЗА):

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

комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА):

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

де C_i – вміст екополютанта i в атмосферному повітрі, мг/м³; ГДК_i – гранично допустима концентрація екополютанта i в атмосферному повітрі, мг/м³; a_i – коефіцієнт, який залежить від класу небезпеки екополютанта.

Таблиця 1

Індекси забруднення атмосфери в м. Миколаєві

Поллютант	2015 р.	2016 р.	2017 р.
CO	0,83	0,85	1,40
SO ₂	0,03	0,03	0,03
пил	0,89	0,72	0,77
NO ₂	0,97	1,10	1,00
NO	0,44	0,44	0,18
HF	4,64	4,30	5,06
H ₂ CO	2,96	4,98	4,59

Як видно з таблиці 1, підвищену увагу має викликати вміст у повітрі CO, NO₂, HF, H₂CO.

Динаміка комплексного показника КІЗА за 2015–2017 рр. відображена на рис. 1.

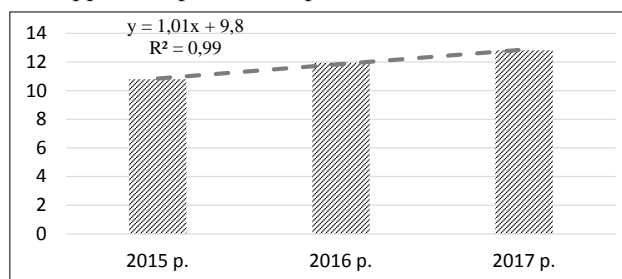


Рис. 1. Динаміка комплексного показника КІЗА в м. Миколаєві за 2015–2017 рр.

Рівень забруднення атмосферного повітря за показником КІЗА диференціюють так: при КІЗА < 5 рівень забруднення є низьким; при 5 ≤ КІЗА < 8 рівень підвищений; при 8 ≤ КІЗА < 13 рівень високий; при КІЗА ≥ 13 рівень дуже високий. Показник КІЗА для атмосферного повітря м. Миколаєва у 2015–2017 рр. перевищив 10 одиниць. Апроксимація динаміки цього показника за ці роки вказала на наявність тен-

¹ Обмеження негативного впливу екологічних поллютантів атмосферного повітря за законодавством України здійснюється через неперевіщення нормативів:

ГДК_{с.д.} – гранично допустима концентрація полютанта середньодобова – концентрація забруднювача в повітрі, яка не чинить прямого чи непрямого впливу на людину при цілодобовому диханні;

ГДК_{м.р.} – гранично допустима концентрація полютанта максимально-разова – максимальна концентрація забруднювача в повітрі, що не викликає рефлекторних реакцій в організмі людини (визначається з проб, які відбираються за 20–30-хвилинний інтервал часу).

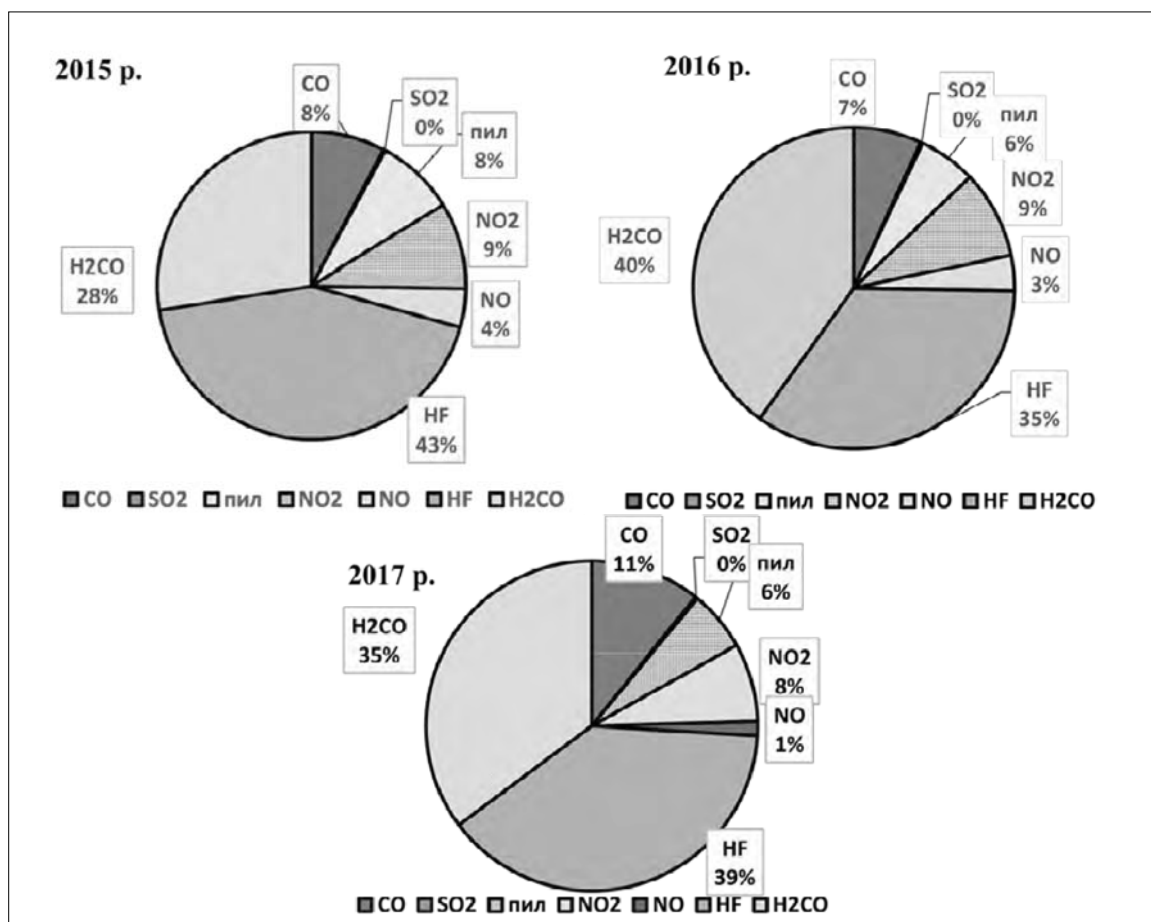


Рис. 2. КІЗА м. Миколаєва за внесками політантаів

денції до зростання із середньорічним темпом приросту, близьким до одиниці (рис. 1).

Внески кожного політанта у формування КІЗА в м. Миколаєві відображені на рис. 2. Як видно з рисунку, найбільший внесок у формування комплексного рівня забруднення атмосферного повітря в м. Миколаєві здійснює формальдегід (від 28 до 40%) і фтористий водень (від 35 до 43%). Істотними є також викиди двоокису азоту (8–9%).

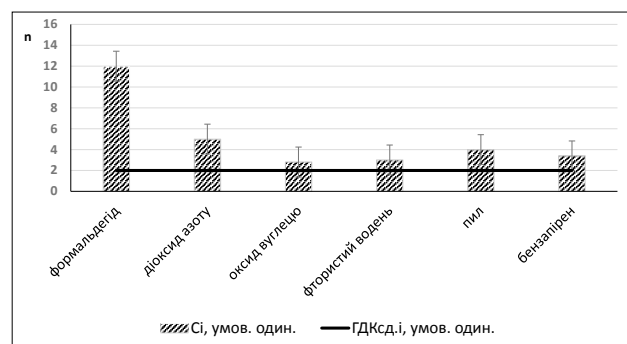
Потрібно зауважити, що екологічний моніторинг атмосферного повітря в м. Миколаєві, який здійснює Миколаївський обласний центр гідрометеорології, не включає вимірювання таких небезпечних токсикантів, присутність яких зазвичай є характерною для великих міст: фенол і бензапірен. Тому величини КІЗА для м. Миколаєва можуть бути ще вищими.

Таким чином, типовий вигляд перевищення гранично допустимих концентрацій $ГДК_{с.д.,i}$ для основних політантаів i атмосферного повітря в м. Миколаєві має вигляд, який зображено на рис. 3.

Причини такого стану атмосферного простору в місті є зрозумілими. Миколаїв пов'язаний автодорогою Р-06 з автомагістраллю М-05 у районі м. Умань, що має вихід на Люблін–Варшаву–Гданськ (Польща). Довжина шляху Гданськ–Миколаїв становить 1530 км. Через Миколаїв проходить авто-

магістраль М-14 (Рені–Ростов-на-Дону), пов'язана через автомагістраль М-05 (Одеса–Київ–Гомель) з автомагістраллю М-18 (Сімферополь–Харків–Москва) (рис. 4).

Протягом останніх років у м. Миколаєві спостерігається напружена ситуація з курсуванням магістралями міста великої кількості вантажного транспорту, який прямує в морські порти південного регіону; за різними даними, це від 15 до 50 тисяч вантажних автомобілів на рік. Більше тисячі авто накопичуються на вулицях міста в сезон перевезень без жод-

Рис. 3. Нормалізовані (на $ГДК_{с.д.,i}$) концентрації основних забруднювачів атмосферного повітря в м. Миколаєві (типовий вигляд)

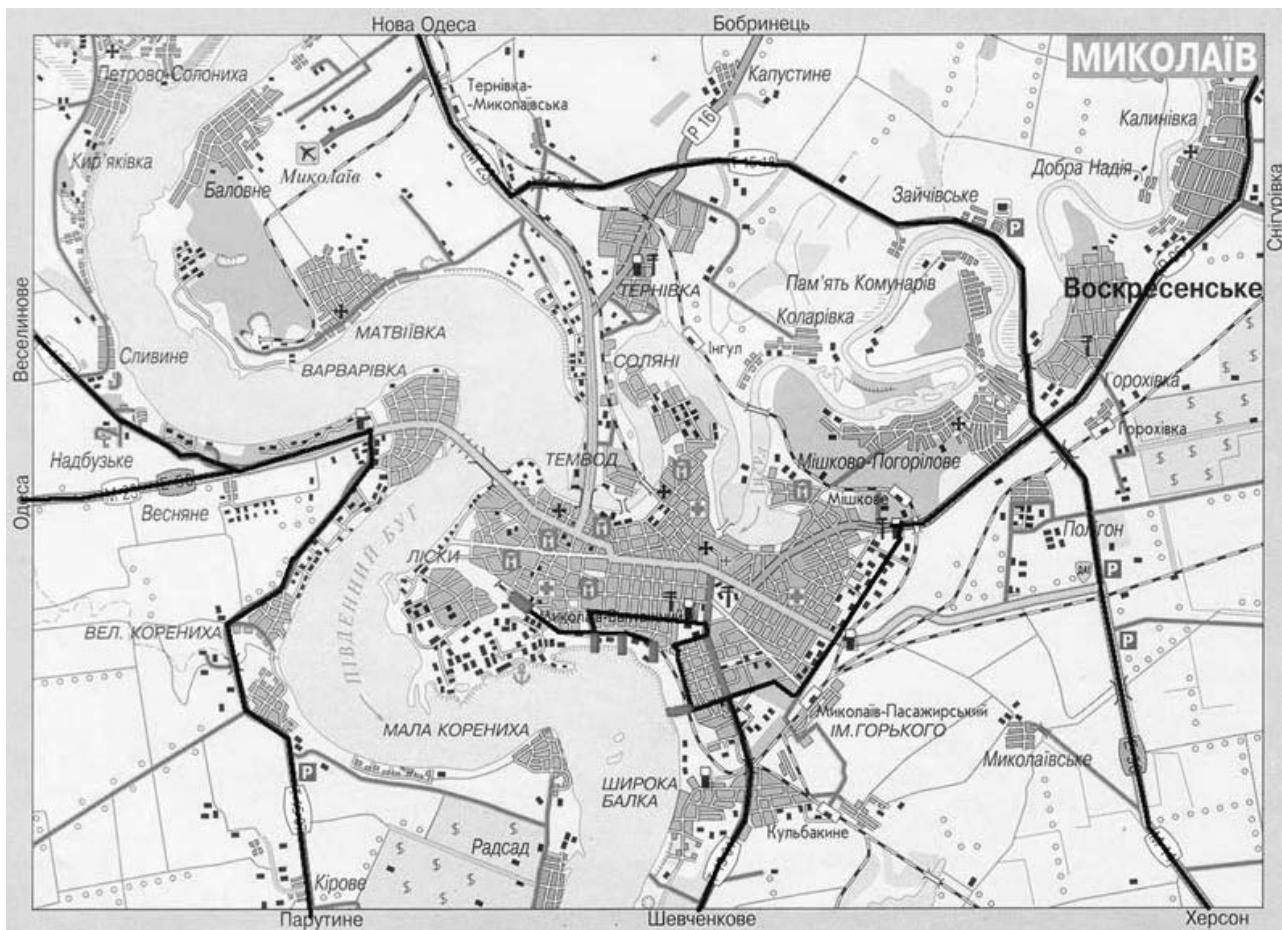


Рис. 4. Схема руху транспорту через м. Миколаїв

ного контролю. Зрозуміло, що це спричиняє підвищення рівня формальдегіду й інших атмосферних поллютантів в атмосферному просторі м. Миколаєва, а як відомо, формальдегід є генотоксичною речовиною, може викликати соматичні мутації, які можуть передаватися нащадкам; має мутагенну, ембріотоксичну та канцерогенну дії. До того ж діоксид азоту підсилює негативний вплив формальдегіду. Тому збільшення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва є суттєвим екологічним ризиком для населення.

Сьогодні доведено існування кореляції між збільшенням автотранспорту на газі й викидами формальдегіду: автомобіль, який працює на природному газі, дає вихлоп, у якому концентрація формальдегіду становить 0,177 мг/куб. м, що у 2–3 рази більше, ніж під час використання бензину [3]. Як відомо, кількість авто, що використовують газ у якості палива, постійно збільшується.

Розглядаючи кліматично-метеорологічні умови м. Миколаєва з позицій впливу на розсіювання викидів, зазначимо, що останні, особливо влітку, не характеризуються постійністю вітрів, що сприяло б розбавленню й перенесенню шкідливих домішок. Також потрібно зважати на те, що через фізико-хімічні властивості формальдегіду збільшення

вмісту останнього в повітрі відбувається в сонячну погоду та при високих температурах повітря. При цьому транзит багатотонажних вантажівок через місто також активізується у весняно-осінній сезон року. Отже, усі ці фактори сприяють підвищенням рівням формальдегіду й інших поллютантів у повітрі міста.

Головні висновки.

1. Для повітряного простору м. Миколаєва характерне перевищення гранично допустимих концентрацій небезпечних поллютантів (формальдегід, фтористий водень, двоокис азоту, вуглекислий газ, бензапірен, пил). Характерним є не лише перевищення рівня середньодобових гранично допустимих концентрацій, а й максимально разових концентрацій. Особлива велика кратність перевищення ГДК_{с.д.} (до 10 разів і вище) характерна для формальдегіду. Перевищення гранично допустимих концентрацій більш характерне для весняно-осіннього періоду.

2. Серед 7 поллютантів, за якими ведеться моніторинг у м. Миколаєві, рейтинг їхніх місць у комплексному впливі на рівень забруднення атмосферного повітря міста такий: 1 місце – H_2CO ; 2 місце – HF; 3 місце – NO_2 ; 4 місце – CO; 5 місце – пил. Через те, що при одночасній присутності в повітрі NO_2 і H_2CO кожний із них підсилює негативний вплив іншого,

тобто вони діють синергічно, збільшення вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі м. Миколаєва стає суттєвим екологічним ризиком для населення міста.

3. За комплексною оцінкою забруднення атмосфери (КІЗА) м. Миколаїв входить у першу десятку найбільш забруднених міст України. За величиною КІЗА рівень забруднення атмосферного повітря м. Миколаєва оцінюється як високий (КІЗА більше 10). Установлено тенденцію до зростання забруднення атмосферного повітря м. Миколаєва із середньорічним темпом зростання 1,0. Це свідчить про те, що вже у 2018–2019 рр. можемо отримати рівень забруднення атмосферного повітря м. Миколаєва не просто високий, а дуже високий (за показником КІЗА).

4. Щорічно магістралями міста курсує вантажний транспорт, який прямує в морські порти південного регіону, за різними даними, це від 15 до 50 тисяч вантажних автомобілів на рік. Кліматично-метеорологічні умови м. Миколаєва, особливо влітку, не характеризуються постійністю вітрів, що сприяло б розбавленню й перенесенню шкідливих викидних домішок. Через фізико-хімічні властивості формальдегіду, які призводять до збільшення його вмісту в атмосфері в сонячну погоду та при високих температурах повітря, і активізацію транзиту багатотонажних вантажівок через місто Миколаїв у весняно-осінні сезони року, останній несе серйозну екологічну небезпеку для міста.

Література

1. Авалиани С.Л., Буштуєва К.А. Оценка вклада выбросов автотранспорта в интегральную характеристику риска загрязнений воздушной среды. Гигиена и санитария. 2002. № 6. С. 21–25.
2. Миколаївський обласний центр з гідрометеорології. Структура. Хімічна лабораторія. URL: <http://mcgm.mk.ua/structure/laboratory/>.
3. Мислюк О.О., Шейкіна О.Ю. Оцінка екологічної безпеки функціонування автотранспорту в умовах промислового міста. Вісник ЖДТУ. № 3 (46) Технічні науки. С. 1–9.
4. Сафранов Т.А. Антропогенне забруднення атмосферного повітря та його негативні екологічні наслідки. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник для студ. вузів. Львів: Новий Світ-2000, 2003. 247 с.
5. Солошич І.О., Підліснюк В.В. Дослідження забруднення повітря транспортними потоками центральної частини м. Банська-Бистриця (Словацька республіка). Екологічна безпека – 4/2009(8) С. 43–48.
6. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. Київ: ЦГО 2017–2018. URL: http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine.