

УДК 502.3:613.15:519.246

Лоєва І.Д.,
доктор географічних наук, професор,
завідувач кафедри екологічного права і контролю
Одеський державний екологічний університет

Снісаренко В.В.,
асистент кафедри екологічного права і контролю
Одеський державний екологічний університет

ЧАСОВІ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ АЗОТУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ М. ОДЕСА

Дослідження присвячено оцінці детермінованої компоненти часових рядів концентрації діоксиду азоту в атмосферному повітрі міста Одеса. В якості вихідної інформації використовувалися дані, отримані на мережі стаціонарних постів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря шкідливими домішками на протязі 2006–2015 років.

Ключові слова: діоксид азоту, забруднення атмосфери, амплітудно-частотні характеристики, детермінований ряд.

Исследование посвящено оценке детерминированной компоненты временных рядов концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе города Одесса. В качестве исходной информации использовались данные, полученные на сети стационарных постов измерения уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными примесями в течение 2006–2015 годов.

Ключевые слова: диоксид азота, загрязнение атмосферы, амплитудно-частотные характеристики, детерминированный ряд.

Loeva I.D., Snisarenko V.V. TIME CHANGES IN THE CONCENTRATION OF NITROGEN DIOXIDE IN ATMOSPHERIC AIR OF ODESSA

The research is devoted to the evaluation of the deterministic component of the time series of nitrogen dioxide concentration in the atmospheric air of the city of Odessa. Data was obtained from data received on the network of stationary stations measuring the level of air pollution by harmful impurities during 2006-2015 as source data.

Key words: nitrogen dioxide, atmospheric pollution, amplitude-frequency characteristics, deterministic series.

Постановка проблеми. Атмосферне повітря – це природний ресурс, екологічний стан якого суттєво впливає на якість навколишнього природного середовища і здоров'я населення. Внаслідок антропогенної діяльності екологічний стан атмосферного повітря погіршується. Проблема потребує прийняття управлінських рішень щодо зменшення антропогенного навантаження з урахуванням просторово-часової динаміки рівня забруднення атмосферного повітря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу і оцінці стану атмосферного повітря великих промислових міст, в т. ч. і міста Одеса, присвячено низку робіт [1–5]. У них застосовуються різні методологічні підходи, але, насамперед, це – статистичні методи аналізу часових рядів. Оцінюється забруднення

атмосферного повітря різними домішками. Найпоширенішими серед них залишаються діоксид сірки, діоксид азоту та оксиди вуглецю. Ці інгредієнти відносяться до головних забруднювачів повітряного простору великих міст.

Постановка завдання. Завдання полягає в дослідженні просторово-часової динаміки рівня забруднення атмосферного повітря м. Одеса як промислово-рекреаційного конгломерату. Вихідною інформацією є дані вимірів концентрації NO_2 на контрольно-вимірювальних постах міста.

Виклад основного матеріалу дослідження. У місті Одеса функціонує система стаціонарних постів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря шкідливими домішками (далі – КВП), яка належить Державній гідрометеорологічній службі. Ця



система складається з 8 КВП, положення яких наведено на рис. 1. Пости спостережень розташовані у центральній частині міста біля головних автошляхів. Віддалені райони міста (масиви Котовського і Таїрова), які є житловими, на жаль, не забезпечені спостереженнями.

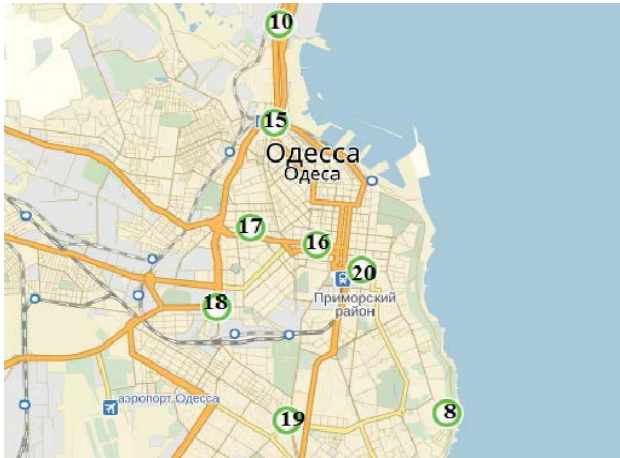


Рис. 1. Схема розташування контрольно-вимірних постів м. Одеса

На мережі КВП чотири рази на добу проводяться виміри концентрації найпоширеніших шкідливих речовин, а саме: оксиду вуглецю, діоксиду сірки, сажі, оксиду та діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду, фтористого водню та неорганічного пилу.

Діоксид азоту є отруйною речовиною для людини та навколишнього природного середовища. Він має як фізичні, так і хімічні властивості, що негативно впливають на людину та навколишнє середовище. Окислення NO_2 в атмосфері веде до утворення азотної кислоти та нітратів у складі аерозолів, що потім випадають на підстильну поверхню. Діоксид азоту міститься у викидах майже всіх антропогенних джерел забруднення атмосферного повітря м. Одеса.

Дані спостережень зберігаються у таблицях ТЗА-1 і використовуються для аналізу і прогнозу екологічного стану атмосферного повітря. Для проведення дослідження відібрана інформація за період з 1 січня 2006 року по 31 грудня 2015 року за даними спостережень на 7-ми контрольно-вимірних постах (КВП № 20 не функціонував деякий час у досліджуваній період за технічними причинами). Таким чином, була отримана статистична

часова вибірка разових концентрацій діоксиду азоту (mg/m^3). Виконана оцінка однорідності членів статистичної сукупності за допомогою критерію Стюдента [6]. Однорідні часові ряди разових концентрацій дозволили отримати вибірки середньодобових значень діоксиду азоту в районах розташування КВП. На основі цих даних були отримані значення середньомісячних концентрацій діоксиду азоту.

Рівень забруднення атмосферного повітря міста в деякий час залежить від значної кількості фактів. Це наявність антропогенних джерел забруднення повітря, а також фізичний стан пограничного шару атмосфери, який створює умови накопичення або розсіювання домішки. Часові ряди концентрації шкідливих домішок в атмосфері містять періодичні компоненти, оскільки розсіювання домішок залежить від атмосферних процесів, які мають хвильову природу.

Існує низка методів дослідження прихованих періодичностей. Один з них заснований на інтегральному перетворенні Фур'є [7]. Цей метод дозволяє отримати частоти, амплітуди і початкові фази періодичних компонент, які притаманні часовому ряду. Періоди відповідних піків амплітуд, які перевищують довірчу межу, є періодами гармонічних коливань.

Часовий ряд гармонічних коливань складається з детермінованої та випадкової компонент. Детермінована основа процесу відокремлюється шляхом фільтрації або згладжування вихідного часового ряду з урахуванням максимальної періодичності. Таким чином, часовий ряд має тренд, на який накладаються періодичні коливання, що обумовлені добовим, сезонним або річним ходом метеорологічних величин у пограничному шарі атмосфери. Характер трендів часових рядів свідчить про зміни антропогенного навантаження. Порівнювання детермінованих основ часових рядів концентрацій інгредієнту на окремих КВП дає змогу визначити райони міста, які є найбільш забрудненими, а також – коли це відбувається.

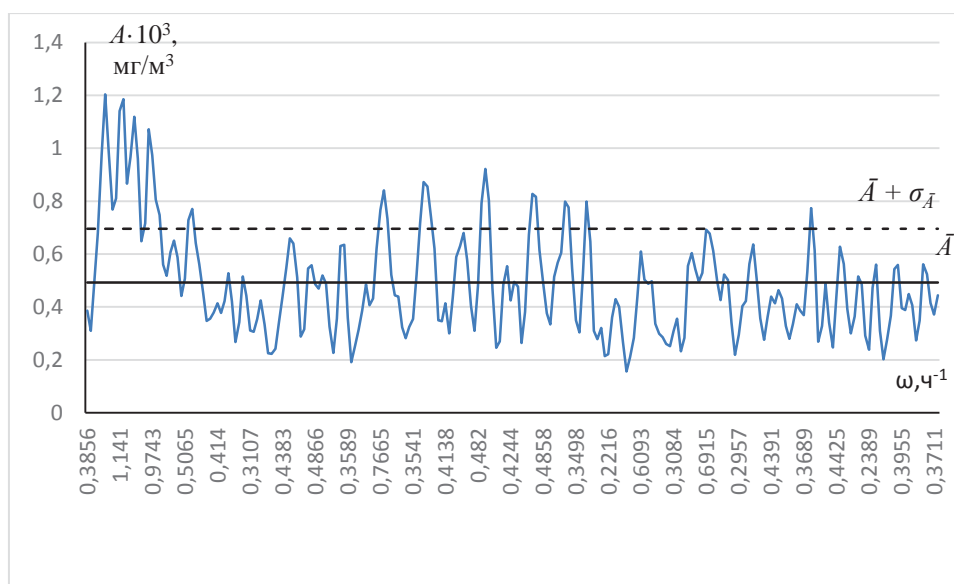
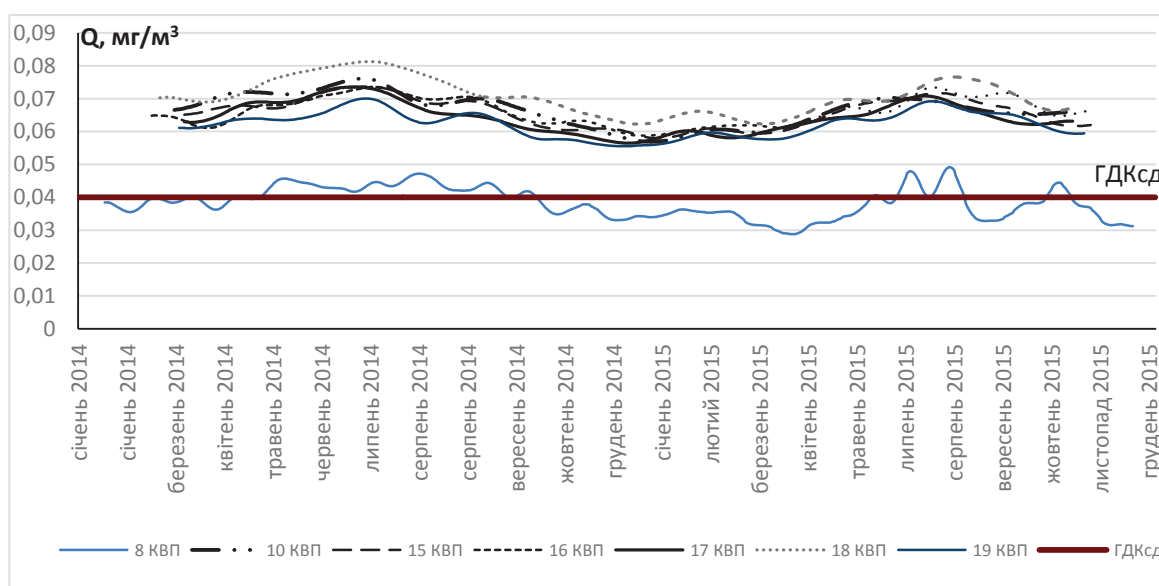
Під час дослідження використані математичні методи аналізу часових рядів. Вони наведені у роботі [1].

В якості вихідної інформації для дослідження особливостей забруднення атмосферного повітря м. Одеса були використані

Таблиця 1

Амплітудно-частотні показники максимальної періодичності в часових рядах середньодобових концентрацій NO₂, м. Одеса (2014–2015 рр.)

№ КВП	$A \cdot 10^3, \text{мг/м}^3$	$\omega, \text{ч}^{-1}$	T, діб.	φ_k	h_k
8	1.20	0.200	31	0.193	0.968
10	1.18	0.078	80	1.556	19.902
15	0.99	0,091	69	-0.328	30.987
16	1.22	0.106	59	-1.447	15.994
17	1.03	0.093	67	-0.182	31.711
18	1.71	0.078	80	0.854	10.888
19	1.50	0.092	68	-0.482	28.852


Рис. 2. Амплітудно-частотна характеристика часового ряду середньодобової концентрації NO₂ на КВП № 8 м. Одеса (2014–2015 рр.)

Рис. 3. Згладжені ряди середньодобової концентрації NO₂ на КВП м. Одеса, 2014–2015 рр.



середньодобові концентрації діоксиду азоту за період 2014–2015 рр. і середньомісячні концентрації домішки за період 2006–2015 рр., які були розраховані за даними спостережень на кожному КВП.

Для часових рядів середньодобових концентрацій NO₂ всіх КВП розраховані амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) процесу зміни концентрації домішки. Приклад наведено на рис. 2.

Графіки дають змогу з'ясувати максимальні періодичності процесу, за якими здійснюється згладжування статистичного ряду. Розраховані амплітудно-частотні характеристики, які притаманні максимальній періодичності, наведені у табл. 1. Як свідчать дані табл. 1, найбільші періодичності, які притаманні часовому ряду середньодобової концентрації NO₂, спостеріга-

ються у районі КВП № 10 і 18, які розташовані біля найбільш навантажених транспортних артерій.

На рис. 3 наведено графіки детермінованої складової часових рядів концентрації домішки, які побудовано з урахуванням максимальної періодичності процесу.

Необхідно відмітити, що в районах усіх контрольно-вимірювальних постів міста Одеса на протязі 2014–2015 років рівень забруднення відносно стабільний, чіткої тенденції збільшення або зменшення середньодобових значень концентрацій діоксиду азоту немає.

На графіках чітко прослідковується збільшення середньодобових концентрацій діоксиду азоту в літній період та зменшення у зимовий. Крім того, концентрації діоксиду азоту в повітрі значно перевищують ГДК_{сд}. Найбільш

Таблиця 2

Амплітудно-частотні показники максимальної періодичності в часових рядах середньомісячних концентрацій NO₂ м. Одеса (2006–2015 рр.)

№ КВП	A·10 ³ , мг/м ³	ω, ч ⁻¹	T, міс.	φ _к	h _к
8	1,84	0,435	14,5	1.325	3.048
10	4,77	0,511	12,3	1.074	2.102
15	4,42	0,511	12,3	0.988	1.933
16	4,38	0,511	12,3	0.984	1.926
17	4,57	0,511	12,3	1.026	2.008
18	5,56	0,511	12,3	1.166	2.283
19	3,69	0,511	12,3	1.095	2.143

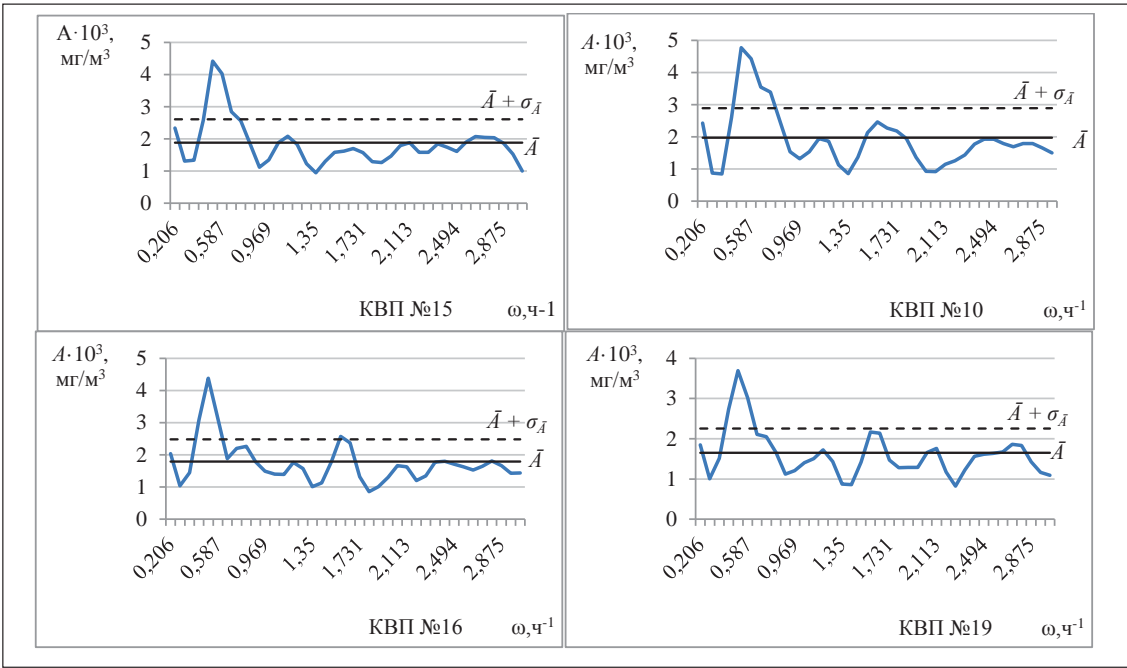


Рис. 4. Амплітудно-частотні характеристики часових рядів середньомісячної концентрації NO₂ на КВП м. Одеса (2006–2015 рр.)

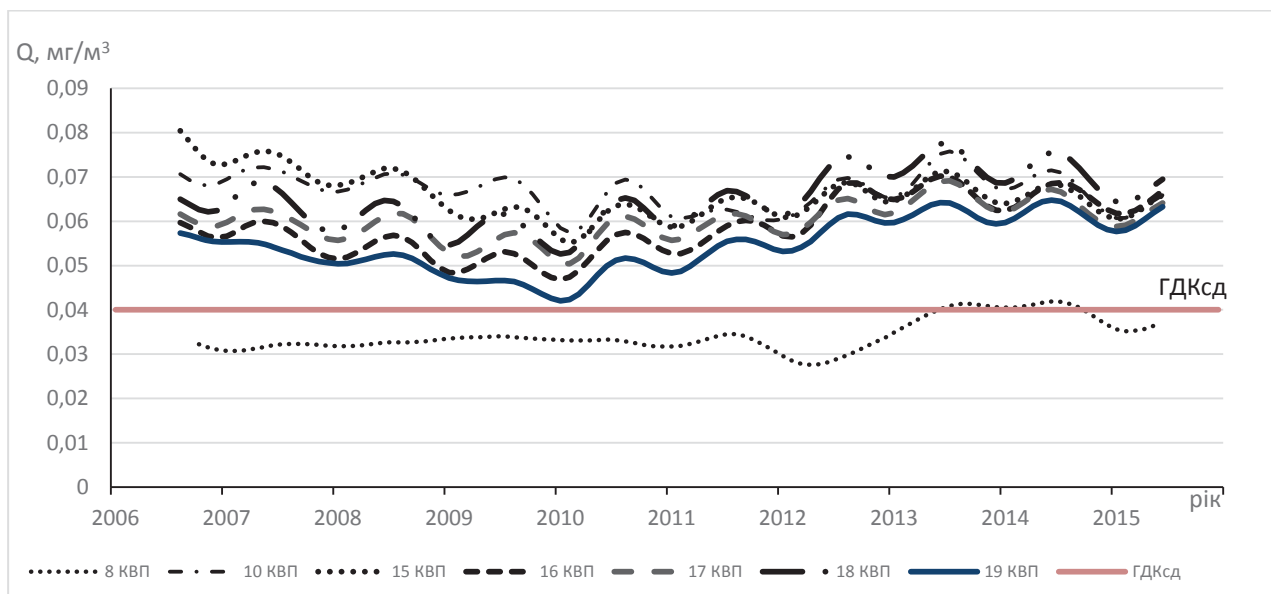


Рис. 5. Згладжені ряди середньомісячної концентрації NO_2 на КВП м. Одеса, 2006–2015 рр.

забруднений район міста навколо КВП № 18, який розташований біля автовокзалу.

У прибережній частині міста (КВП № 8) спостерігаються значно нижчі середньодобові концентрації діоксиду азоту. Однак в літній період також відбувається перевищення $\text{ГДК}_{\text{сд}}$.

На рис. 4 зображені амплітудно-частотні характеристики часових рядів середньомісячних концентрацій діоксиду азоту.

В якості прикладу наведено АЧХ рядів концентрацій домішки в районі КВП №10, 15, 16, 19. Графіки свідчать, що такому осередненню вихідної інформації відповідає один максимум амплітуди, який перевищує довірчий інтервал.

У таблиці 2 наведено результати розрахунків параметрів, які відповідають максимальній періодичності процесу. Чітко прослідковується річна періодичність часових рядів середньомісячних концентрацій діоксиду азоту.

Згладжені ряди концентрації інгредієнту з використанням зазначених максимальних періодичностей наведені на рис. 5. Вони свідчать про те, що тільки у прибережній частині міста (КВП № 8) на протязі усього періоду дослідження середньомісячні концентрації діоксиду азоту не перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$. На всій іншій території міста рівень забруднення перевищує $\text{ГДК}_{\text{сд}}$. Це говорить про те, що екологічний стан атмосферного повітря не відповідає санітарним нормам.

У 90-х роках минулого століття було виконане дослідження забруднення атмосферного повітря м. Одеса шкідливими домішками [8]. Рівень забруднення атмосфери діоксидом азоту був при більш розвинутому виробничому потенціалі регіону незначно нижче, ніж в теперішній час. Це пояснюється значним збільшенням автотранспорту в Україні.

Використаний метод дослідження статистичної структури часових рядів концентрації забруднюючих атмосферне повітря речовин свідчить про те, що детерміновані основи часових рядів містять добре виражені тренди, на які накладаються коливання. Періоди цих коливань залежать від інтервалу осереднення величин процесу, який досліджується.

Висновки з проведеного дослідження. За результатами оцінки та аналізу динаміки забруднення повітряного басейну м. Одеса виявлено збільшення вмісту в атмосферному повітрі діоксиду азоту з 2006 по 2015 рр. Середньомісячні концентрації характеризуються величинами вище $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ з динамікою зростання їх рівнів. Високий рівень забруднення повітря діоксидом азоту відмічається в районах всіх постів. Винятком є КВП № 8, однак і навколо нього, тобто у прибережній зоні, відбулося суттєве підвищення концентрації досліджуваної домішки в останні роки.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Лоева І.Д. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря великого міста: методи аналізу, прогнозу, регулювання: [монографія] / І.Д. Лоева, О.Г. Владимирова, В.А. Верлан. – Одеса: Екологія, 2010. – 224 с.
2. Чугай А.В. Аналіз забрудненості атмосферного повітря м. Одеса / А.В. Чугай, Ю.О. Котельнікова // Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні. Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2011. – С. 286–291.
3. Шинкевич Н.Г. Вопросы загрязнения воздушного бассейна г. Одессы / Н.Г. Шинкевич, К.Э. Шурда // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2006. – Вип. 3. – С. 5–10.
4. Шевченко О.Г. Забруднення атмосферного повітря міста Києва двоокисом азоту / О.Г. Шевченко, С.І. Сніжко, Н.О. Данілова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2015. – № 16. – С. 6–16.
5. Кіптенко Є.М. Аналіз забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту та його прогнозування в промислових містах України / Є.М. Кіптенко, М.П. Баштаннік, Т.В. Козленко, Н.С. Жемера, Л.М. Онос, Н.О. Трачук // Актуальні проблеми дослідження довкілля: Міжнародна науково-практична конференція. – Суми, 2015. – Т. 2 – С. 50–54.
6. Школьний Є.П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації / Є. П. Школьний, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова. – К. : Міносвіти України, 1999. – 600 с.
7. Серебрянников И.Г. Выявление скрытых периодичностей / И.Г. Серебрянников, А.А. Первозванский. – Киев : Наука, 1965. – 241 с.
8. Исследовать особенности загрязнения вредными примесями воздушного бассейна г. Одессы и разработать методику прогноза уровня загрязнения атмосферы: Отчет о НИР (заключительный) / Одесский гидрометеорологический институт, № ГР 01860030033; инв. № 02910021577. – Одесса, 1999. – 164 с.