

---

# ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

---

УДК 551.524-022.2.504.064:504.453.578(477.42)  
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.29>

## ГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СЕЗОННИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ КОЛИВАНЬ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Кагукіна А.М., Пацева І.Г.

Державний університет «Житомирська політехніка»  
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир  
[ke\\_kham@ztu.edu.ua](mailto:ke_kham@ztu.edu.ua)

Стаття присвячена дослідженню залежності концентрацій забруднюючих речовин монооксиду вуглецю, аміаку, діоксиду азоту від температури повітря. Для графічного аналізу були використані дані Української мережі громадського моніторингу якості повітря Eco City. Побудовані ситові діаграми, оскільки вони є корисним інструментом для демонстрації взаємозв'язку кліматичних змін та антропогенної діяльності, розуміння механізмів впливу людської діяльності на клімат та планування заходів з пом'якшення наслідків зміни клімату. Проведено аналіз, який відображає розподіл частот концентрацій CO, NH<sub>3</sub> та NO<sub>2</sub> при різних температурних умовах. Результати дослідження показали, що характер зв'язку між температурою повітря та концентраціями забруднюючих речовин має нелінійний характер. Для монооксиду вуглецю встановлено, що найвищі концентрації спостерігаються як при низьких, так і при високих температурах, що пов'язано з активізацією опалення в холодний період та підвищеною активністю транспорту і промисловості в теплий період. Для аміаку виявлено чітку обернену залежність, коли при низьких температурах фіксуються значно підвищені концентрації, а зі зростанням температури вони стрімко знижуються. Це пояснюється погіршенням умов розсіювання забруднювача в холодний період та зростанням викидів від опалювальних систем. Щодо діоксиду азоту, встановлено пряму позитивну кореляцію з температурою, при цьому найвищі концентрації відмічаються в екстремальні температурні періоди. Підвищення температури призводить до інтенсифікації фотохімічних реакцій та збільшення антропогенного навантаження.

Отримані результати демонструють важливість врахування температурного фактора при моделюванні та прогнозуванні забруднення повітря, що має вирішальне значення для розробки ефективних заходів із управління якістю повітря, особливо з урахуванням сезонних температурних коливань. *Ключові слова:* монооксид вуглецю, діоксид азоту, аміак, температурні коливання, температура повітря, забруднювачі атмосфери.

**Graphical analysis of patterns of seasonal temperature fluctuations and concentrations of urban air pollutants. Kahukina A., Patseva I.**

The article is devoted to the study of the concentrations of carbon monoxide, ammonia, and nitrogen dioxide pollutants dependence on air temperature. Data from the Ukrainian network of public air quality monitoring Eco City were used for graphical analysis. Sieve diagrams were created as they are a useful tool for demonstrating the relationship between climate change and anthropogenic activities, understanding the mechanisms of human activity's impact on the climate, and planning climate change mitigation measures. An analysis was conducted that shows the frequency distribution of CO, NH<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations at different temperature conditions. The results of the study showed that the relationship between air temperature and pollutant concentrations is non-linear. For carbon monoxide, it was found that the highest concentrations are observed at both low and high temperatures, which is associated with increased heating in the cold season and increased activity of transport and industry in the warm season. For ammonia, a clear inverse relationship was found, with significantly increased concentrations at low temperatures and a rapid decrease with increasing temperature. This is due to the deterioration of pollutant dispersion conditions during the cold season and increased emissions from heating systems. As for nitrogen dioxide, there is a direct positive correlation with temperature, with the highest concentrations occurring during extreme temperature periods. An increase in temperature leads to an intensification of photochemical reactions and an increase in anthropogenic load.

The obtained results demonstrate the importance of taking into account the temperature factor in modelling and forecasting air pollution, which is crucial for the development of effective air quality management measures, especially taking into account seasonal temperature fluctuations. *Key words:* carbon monoxide, nitrogen dioxide, ammonia, temperature fluctuations, air temperature, air pollutants.

**Постановка проблеми.** Одним з ключових екологічних викликів сучасності є забруднення атмосферного повітря [1]. Основними забруднювачами атмосфери міста є монооксид вуглецю, аміак та діоксид азоту, дані сполуки потрапляють в атмосферу внаслідок антропогенної діяльності [2; 3]. Рівень забруднення повітря не є сталим та зазнає значних коливань залежно від погодних умов. Взаємозв'язок між концентраціями забруднюючих речовин та температурою є складним та неоднозначним. Підвищення

ліжок антропогенної діяльності [2; 3]. Рівень забруднення повітря не є сталим та зазнає значних коливань залежно від погодних умов. Взаємозв'язок між концентраціями забруднюючих речовин та температурою є складним та неоднозначним. Підвищення

температури повітря може сприяти збільшенню кількості викидів та покращувати умови для розсіювання забруднювачів в атмосферному басейні міста. При низькій температурі повітря можуть формуватися температурні інверсії та погіршувати розсіювання, що в свою чергу призводить до накопичення шкідливих домішок в приземних шарах повітря. Ці явища мають негативний вплив на екосистему міста.

**Актуальність дослідження.** Вивчення характеру взаємозв'язків між температурою повітря та концентраціями основних забруднюючих речовин має важливе значення для розуміння механізмів формування забруднення та розробки заходів з управління його обсягів та прогнозування змін якості повітря в умовах коливань температурних показників [4]. Оскільки зміна клімату має свої відчутні наслідки для України, необхідно розробляти заходи зі скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу [5; 6]. Таким чином, дане дослідження набуває особливої актуальності.

**Матеріали та методи.** Діаграми побудовані на основі даних за 5 років, відповідно до баз даних Української мережі громадського моніторингу якості повітря Eco City [7-10]. Для графічної візуалізації частот у двосторонній таблиці і порівняння їх з очікуваними частотами було побудовано ситові діаграми, для візуалізації складних залежностей між забруднювачами повітря та температурними показниками. Таким чином, різниця між спостережуваною та очікуваною частотою, яка є пропорційною стандартному залишку Пірсона, відображає затінення з використанням кольору, для виявлення чи є відхилення позитивним або негативним. За допомогою ситової діаграми можна пояснити аспекти зміни клімату, оскільки встановлюється взаємозв'язок викидів забруднюючих речовин з температурою атмосферного повітря. Підвищені концентрації викидів при різних температурах вказують на характерний антропогенний вплив. Ситова діаграма дає можливість визначити температурні діапазони з найбільшим антропогенним навантаженням, для формування адаптаційного механізму. На основі виявлених закономірностей можна робити прогнозування рівнів забруднення при різних температурах, планувати превентивні заходи та розробляти стратегії зменшення викидів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сьогоднішній день важливим та пріоритетним завданням є покращення якості повітря та адаптація систем моніторингу [11; 12]. Більша частина викидів до атмосферного повітря міста надходить від стаціонарних джерел, а саме виробництва та розподілу електроенергії, водопостачання та газопостачання [13]. Основними забруднювачами атмосферного повітря міста вважали промисловість. Автомобільному транспорту, як джерелу забруднення не приділяли достатньо уваги, однак саме транспорт створює більшу третину викидів

в атмосферне повітря від загальної кількості викидів [14]. Основними речовинами, що забруднюють повітряний басейн міста є оксиди азоту, оксид вуглецю, завислі речовини, діоксид, сполуки сірки та органічні сполуки [15]. В таких умовах, є необхідність вивчення зв'язку між рівнями забруднюючих речовин та температурою повітря.

**Викладення основного матеріалу.** За допомогою графічного аналізу, були виявлені закономірності температурних коливань та концентрацій CO, NH<sub>3</sub> та NO<sub>2</sub>. Аналізовані забруднювачі мають місце у повітряному басейні міста Житомир. Їх хімічні властивості мають негативний вплив на екосистему міста. Для отримання надійних висновків при графічному аналізі було проаналізовано дані за 1567 днів для (Рис. 1), (Рис. 2) та дані за 1566 днів для (Рис. 3).

При аналізі даних (Рис. 1) виявлено нелінійний характер зв'язку між температурою повітря та концентрацією монооксиду вуглецю, оскільки між показниками немає прямої пропорційної залежності. Найвне посилення аномалій при підвищеннях значень показників температури та монооксиду вуглецю. На ситовій діаграмі наявні яскраво забарвлені ділянки, що сигналізують про вплив нестандартних умов, при певних комбінаціях температури та концентрації монооксиду вуглецю. При високих та при низьких температурах повітря, спостерігаються високі концентрації монооксиду вуглецю в повітряному басейні міста. Виявлену закономірність можна пояснити посиленням антропогенним навантаженням в холодний та теплий період року. При середніх температурах повітря кількість викидів монооксиду вуглецю різна. За температури менше 3,74069°C були зафіксовані високі концентрації монооксиду вуглецю. В діапазоні температур 3,74069-10,6824°C зафіксовано середні концентрації монооксиду вуглецю. При температурі більше 19,6133°C, високі концентрації монооксиду вуглецю. Помірні температури повітря є оптимальними умовами для розсіювання даної забруднюючої речовини.

Аналіз (Рис. 2) дав змогу виявити важливі закономірності. На ситовій діаграмі є ділянки, які вказують на низькі концентрації аміаку при низьких температурах повітря та при підвищеній температурі повітря. Кольоровий контраст між нижньою частиною та верхньою частиною діаграми вказує на нелінійний тип зв'язку. За температури повітря менше 3,74069°C фіксувалась підвищена забрудненість повітря аміаком. Таку закономірність можна пояснити сповільненням швидкості розсіювання аміаку, та як наслідок формуванням застійних явищ в атмосферному басейні міста. За середніх температур повітря 3,74069-10,6624°C зафіксовано середні концентрації аміаку. Виявлена закономірність вказує на стабільність в розсіюванні забруднюючої речовини. Негативна асоціація з концентраціями аміаку, виявлена при температурах повітря, що коливаються

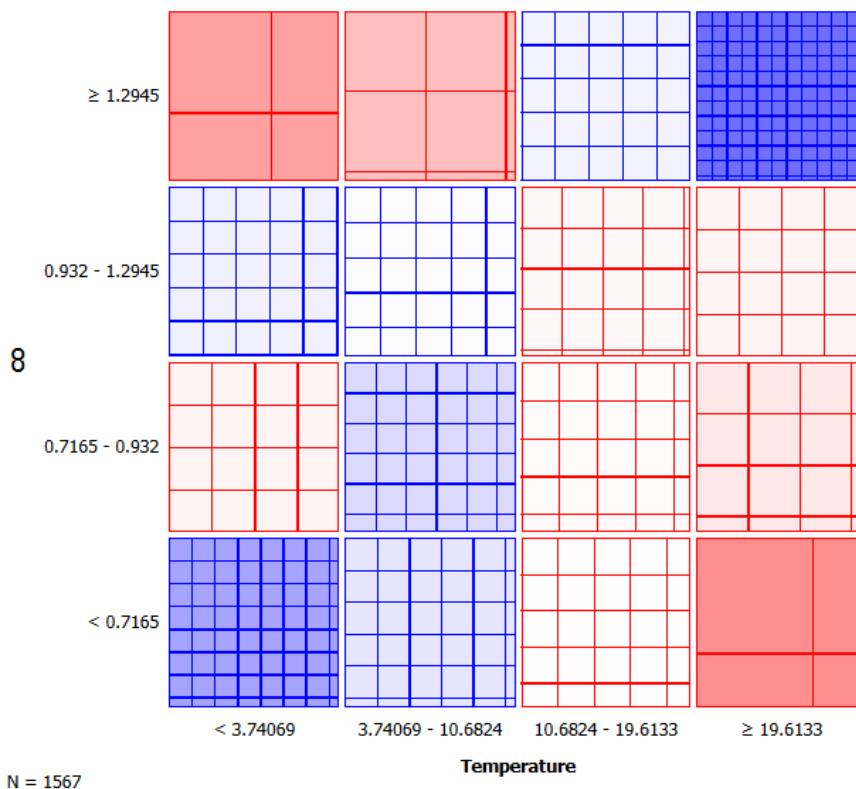


Рис. 1. Ситова діаграма залежності концентрацій CO від температури повітря за даними щоденних спостережень

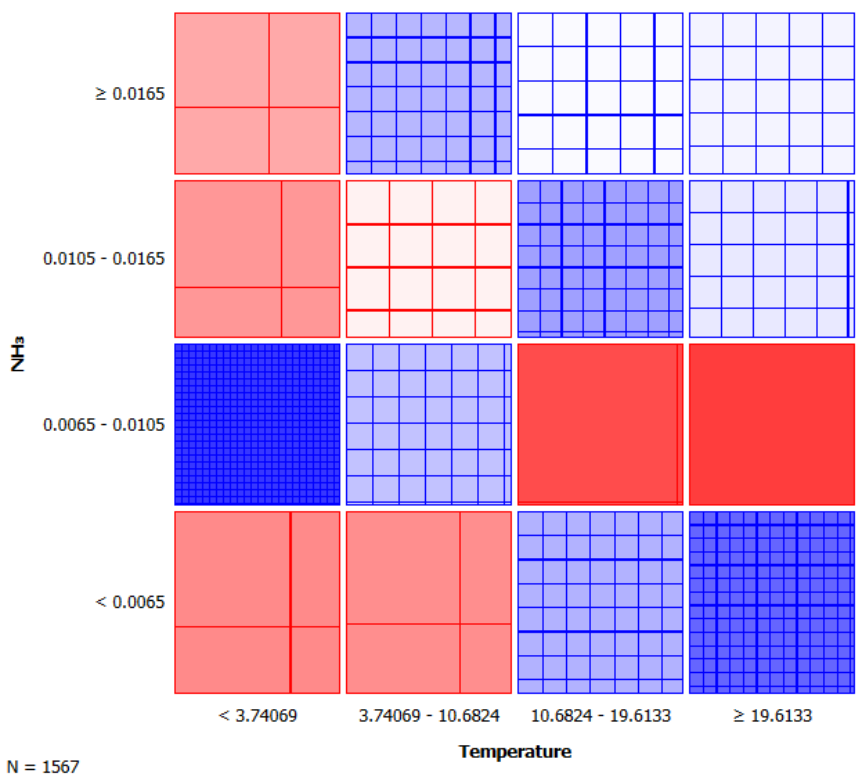


Рис. 2. Ситова діаграма залежності концентрацій NH3 від температури повітря за даними щоденних спостережень

в межах 10,6624-19,6133°C. За таких температурних умов фіксується найменше антропогенне навантаження від даної хімічної речовини. Низькі концентрації аміаку, зафіксовано при температурах більших за 19,6133°C. Є тенденція до оберненої залежності, що підтверджується зниженням викидів аміаку при підвищенні температури повітря. Найбільш виражена ця тенденція при максимальних показниках температури й аміаку. В зв'язку з тим, що при низьких температурах спостерігаються підвищені концентрації аміаку, можна стверджувати, що це пов'язано з зменшенням швидкості розсіювання даної речовини. Щоб зменшити негативний вплив аміаку на екосистему міста, слід вживати заходів з мінімізації кількості викидів. Є потреба у встановленні систем очистки від викидів на критичних місцях забруднення даною речовиною. В періоди температурної інверсії є потреба у впровадженні сучасних технологій опалення, що є енергоефективними. Отримані результати графічного аналізу вказали на наявність чіткої оберненої залежності між температурою повітря та концентраціями аміаку в повітряному басейні міста. Виявлені закономірності вказують на важливість посиленого моніторингу за кількістю викидів аміаку взимку.

При аналізі діаграми сита (Рис. 3), було виявлено нелінійний зв'язок температури повітря з діокси-

дом азоту та зафіксовано пряму позитивну кореляцію. Таким чином, виявлену закономірність можна вважати явищем інтенсифікації фотохімічних реакцій при сталому підвищенні температури повітря в місті. Темно-сині ділянки вказують на наявність позитивної кореляції, які фіксуються в діапазонах температури повітря більше 19,6133°C та при температурі повітря менше 3,74069°C при зазначених концентраціях діоксиду азоту на діаграмі. Ділянки, які мають темно-червоні зони є підтвердженням статистично значного відхилення від випадкового розподілу. У діапазоні середніх температур залежність концентрації діоксиду азоту виражено слабше, однак при підвищених температурах встановлено чітку негативну кореляцію, а саме зростання температури супроводжується зниженням діоксиду азоту.

**Висновки.** Виявлені закономірності дають можливість прогнозувати забрудненість атмосферного повітря. Найвищі концентрації монооксиду вуглецю спостерігаються при низьких та високих показниках температури повітря, таку закономірність можна пояснити опалювальним періодом в холодний період року та підвищеною активністю транспорту в теплий період. Помірні температури повітря є оптимальними умовами для розсіювання монооксиду вуглецю. За низьких температур повітря спостерігаються підвищені концентрації аміаку, а при

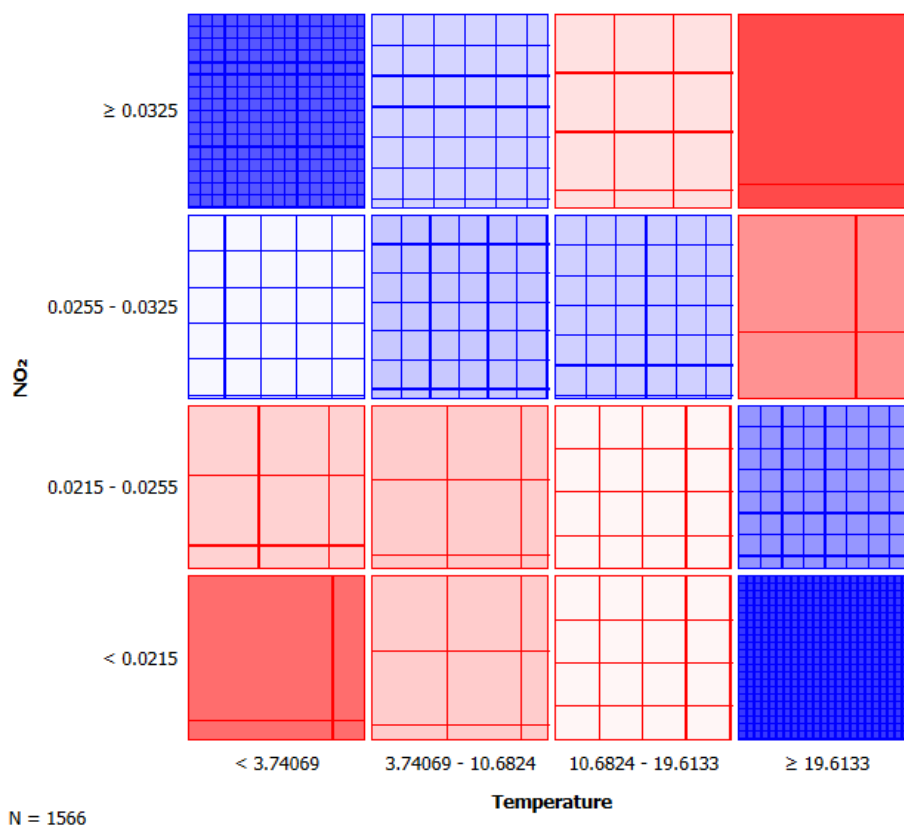


Рис. 3. Ситова діаграма залежності концентрацій NO<sub>2</sub> від температури повітря за даними щоденних спостережень

зростанні температури повітря концентрації даного забруднювача знижувалися. Дана тенденція пов'язана з погіршеними умовами розсіювання аміаку в холодний період року, через формування температурних інверсій та зростання кількості викидів. При помірних температурах менш виражена залежність температури повітря з концентрацією аміаку. Показники викидів діоксиду азоту вказують на залежність від температурного режиму. Найбільші відхилення спостерігалися при підвищених значеннях показників діоксиду азоту та температури повітря. Середні показники вказують на менш виражену стабільну залежність. При низьких температурах спостерігаються підвищені концентрації діоксиду азоту. Це може бути пов'язано з погіршеними умовами розсіювання забруднювача при низьких тем-

пературах повітря, формуванням температурних інверсій та збільшенням кількості викидів в опалювальний сезон. Найбільша швидкість розсіювання діоксиду азоту фіксується в теплий період року.

Результати графічного аналізу вказують про важливість врахування температурного фактору під час моделювання та прогнозування забруднення повітряного басейну міста. Таким чином, це допоможе розробити ефективні заходи із управління якістю повітря з урахуванням температурних коливань. Результати даного аналізу є важливим внеском у розуміння закономірностей формування забруднення атмосфери міста. Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні систем екологічного моніторингу та плануванні сталого розвитку міст.

### Література

1. Безпальченко В., Семенченко О. Забруднення повітря актуальна проблема сучасності. *Соціальні та гуманітарні технології: філософсько-освітній аспект: Матеріали X міжнародної науково-теоретичної конференції (21–22 берез. 2024 р., м. Черкаси)*. URL: <http://surl.li/asnprjb> (дата звернення: 05.11.2024).
2. Кагукіна А. М., Пацева І. Г. Аналіз показників монооксиду вуглецю, діоксиду азоту та аміаку в повітряному басейні міста Житомир за даними громадського моніторингу повітря ЕСОСІТУ. *Екологічні науки*. 2024. Вип. 3(54). С. 23–31.
3. Луньова О.В., Кагукіна А.М. Аналіз антропогенного забруднення Житомирського регіону. *Екологічні науки*. 2023. Вип. 3(48). С. 48–52.
4. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В. Метеорологічні умови формування забруднення повітря та його прогнозування у місті Чернівці. *Фізична географія та геоморфологія. Міжвідомчий науковий збірник*. 2009. Вип. 57. С. 132–141.
5. Пацева І.Г., Кагукіна А.М., Луньова О.В. Тенденції зміни клімату Житомирщини. *Екологічні науки*. 2023. Вип. 6(51). С. 156–159.
6. Пацева І.Г., Кагукіна А.М. Коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячних показників температури повітря та кількості опадів в місті Житомир. *Екологічні науки*. 2024. Вип. 2(53). С. 238–242.
7. Українська мережа громадського моніторингу якості повітря Eco City [База даних результатів моніторингу]. Кабінет дослідника якості повітря України. Івано-Франківськ: ГО «Фрі Ардуіно», 2024, № 1005. 513 МБ. У форматі CSV. URL: <https://archive.eco-city.org.ua>
8. Українська мережа громадського моніторингу якості повітря Eco City [База даних результатів моніторингу]. Кабінет дослідника якості повітря України. Івано-Франківськ: ГО «Фрі Ардуіно», 2024, № 1006. 171 МБ. У форматі CSV. URL: <https://archive.eco-city.org.ua>
9. Українська мережа громадського моніторингу якості повітря Eco City [База даних результатів моніторингу]. Кабінет дослідника якості повітря України. Івано-Франківськ: ГО «Фрі Ардуіно», 2024, № 1007. 171 МБ. У форматі CSV. URL: <https://archive.eco-city.org.ua>
10. Українська мережа громадського моніторингу якості повітря Eco City [База даних результатів моніторингу]. Кабінет дослідника якості повітря України. Івано-Франківськ: ГО «Фрі Ардуіно», 2024, № 1009. 164 МБ. У форматі CSV. URL: <https://archive.eco-city.org.ua>
11. Ткачук О.П., Мазур О.В. Проблеми адаптації системи моніторингу атмосферного повітря в Україні до вимог європейського союзу. *Екологічні науки*. 2024. № 1 (52), Том 1. С. 19–23.
12. Стаднік В.Ю., Тихомирова Т.С. Проблема оцінки стану повітря великих міст України на прикладі м. Харкова. *Екологічні науки*. 2019. № 1(24). Т. 1. 178 с.
13. Максименко Н.В., Різник К.Ю., Александрова А.С. Структура і динаміка забруднення атмосферного повітря Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 3–4, 2014. С. 81–94.
14. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Суха Н.О. Комплексна оцінка забруднення атмосферного повітря в місті Миколаєві. *Екологічні науки*. 2018. № 4 (23). С. 19–23.
15. Дячук В.А., Баштанник М. П., Кіптенко Є. М., Козленко Т. В., Надточій Л. М. Вивчення моніторингу стану забруднення атмосферного повітря та напрямів його вдосконалення в м. Києві. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2019. № 4(55), 111–121. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.9>. (дата звернення 6.11.2024).