

Analysis of the technological air pollution of Poltava city

A. Taranenko✉ | V. Lypivska | G. Matykhno

Article info

Correspondence Author

A. Taranenko

E-mail:

anna.taranenko@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Taranenko, A., Lypivska, V., & Matykhno, G. (2023). Analysis of the technological air pollution of Poltava city. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 85–90. doi: 10.31210/spi2023.26.04.15

Anthropogenic air pollution is one of the biggest problems of our time. The state of the atmosphere is closely linked to climate change and human activities. Climate change and the effects of global warming are seriously affecting natural ecosystems, and air pollution can have negative effects on human health. Air pollution has the greatest impact on people in large cities, making urban air quality the leading environmental cause of morbidity and mortality worldwide. Therefore, air quality, especially in cities, is one of the most important prerequisites for a full life of the population and the preservation of a healthy environment for future generations. The purpose of the study was to carry out an analysis of man-made pollution of the atmospheric air and an analysis of the concentration of pollutants in the atmospheric air of the city of Poltava. The results of the analysis of the volume of pollutant emissions into the atmosphere in the Poltava agglomeration showed a positive trend towards a decrease in emissions into the atmosphere from 2016 to 2020. The statistical data on the volume of pollutant emissions from stationary sources show a general trend towards a decrease in the volume of pollutant emissions from 1.208823 thousand tonnes to 0.855055 thousand tonnes, and thus a decrease in the anthropogenic burden on the atmospheric air. This is due to the fact that the number of stationary emission sources in the Poltava region has decreased to 494 enterprises. The largest polluter of the atmosphere is the Poltava GZK, which accounts for 21 % of the regional emissions into the atmosphere. The increase in the number of motor vehicles from 2016 to 2020 also indicates an increase in the load of polluting substances into the atmospheric air. The analysis of atmospheric emissions showed that the main pollutants in the city are: solid particles, carbon monoxide, nitrogen compounds, dioxide and other sulphur compounds, metals and their compounds. The study of the concentrations of the main pollutants shows that the concentration of carbon dioxide was the highest among the concentrations of all the pollutants. Therefore, from 2019 to 2022, a negative trend was observed in the increase of carbon dioxide concentration in the city of Poltava, which indicates the presence of risks related to climate change.

Keywords: atmospheric air pollution, technogenic load, city, emissions of pollutants.

Аналіз техногенного навантаження на атмосферне повітря м. Полтави

А. О. Тараненко | В. О. Липівська | Г. І. Матухно

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Антропогенне забруднення повітря є однією з найбільших проблем сьогодення. Стан атмосфери тісно пов'язаний зі зміною клімату та життєдіяльністю людини. Зміни клімату та наслідки глобального потепління суттєво впливають на природні екосистеми, а забруднення повітря може мати негативні наслідки для здоров'я людини. Найбільший вплив забруднене повітря здійснює на людину у великих містах, тому стан атмосферного повітря у містах є основною екологічною причиною захворюваності та смертності в усьому світі. Отже, якість атмосферного повітря, особливо у містах, є однією з найважливіших умов повноцінної життєдіяльності населення та збереження здорового довкілля для майбутніх поколінь. Метою дослідження стало проаналізувати техногенне навантаження на атмосферне повітря та дослідити концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Полтави. Результати аналізу обсягу викидів таких речовин до атмосферного повітря в агломерації «Полтава» показали позитивну тенденцію до зменшення викидів з 2016 року по 2020 рік. Статистичні дані обсягу викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел відображають загальну тенденцію до скорочення обсягів викидів таких речовин з 1,208823 тис. т до 0,855055 тис. т, а отже, і зменшення антропогенного навантаження на атмосферне повітря, що пов'язано зі зменшенням кількості стаціонарних джерел викидів у межах Полтавської області до 494 підприємств. Найбільшим забруднювачем атмосфери є Полтавський ГЗК, що має частку у 21 % від обласних викидів до атмосферного повітря. Збільшення кількості автотранспортних засобів 2016 по 2020 рр. свідчить і про збільшення навантаження забруднювальних речовин на атмосферне повітря. Аналіз викидів до атмосферного повітря показав, що основними забруднювальними речовинами в межах міста є: тверді частинки, оксид вуглецю, сполуки азоту, діоксид та інші сполуки сірки, метали та їх сполуки. Дослідження концентрацій основних забруднюючих речовин свідчить, що концентрація діоксиду вуглецю була найвищою серед концентрацій усіх забруднюючих речовин. Отже, з 2019 по 2022 рік спостерігалася негативна тенденція щодо збільшення концентрації діоксиду вуглецю в межах міста Полтави, що свідчить про наявність ризиків пов'язаних зі зміною клімату.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, техногенне навантаження, місто, викиди забруднювальних речовин

Бібліографічний опис для цитування: Тараненко А. О., Липівська В. О., Матухно Г. І. Аналіз техногенного навантаження на атмосферне повітря м. Полтави. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 85–90.

Вступ

Діяльність людини негативно впливає на довкілля, забруднюючи воду, яку ми п'ємо, повітря, яким ми дихаємо, і ґрунт, у якому ростуть рослини [1,2]. Хоча промислова революція мала великий успіх з точки зору технологій, суспільства та забезпечення численних послуг, вона також вплинула на виробництво величезної кількості шкідливих речовин, що викидаються в повітря [3]. Без сумніву, глобальна екологія забруднення вважається міжнародною проблемою охорони здоров'я [4-7]. Соціальні, економічні та законодавчі питання і звички способу життя пов'язані з цією важливою проблемою. Очевидно, що сьогодні урбанізація та індустріалізація сягають вражаючих масштабів у всьому світі. Антропогенне забруднення повітря є однією з найбільш небезпек для здоров'я населення, зважаючи, що з ним пов'язано близько 9 мільйонів смертей на рік [8].

Безсумнівно, все вищезазначене тісно пов'язане зі зміною клімату [9,10], і в разі небезпеки наслідки можуть бути тяжкими для людства. Зміни клімату та наслідки глобального планетарного потепління серйозно впливають на численні екосистеми [10]. Забруднення повітря має різні наслідки для здоров'я. Вразливі та чутливі люди можуть постраждати навіть у разі найменшого забруднення повітря. Короткочасний вплив забруднювачів повітря тісно пов'язаний із захворюваннями органів дихання, респіраторними хворобами. Постійне дихання забрудненим повітрям може спричинити негативні довготривалі наслідки для людини, а саме такі як: хронічна астма, легенева недостатність, серцево-судинні захворювання. Дрібні та наддрібні тверді частинки пов'язані з більш серйозними захворюваннями, оскільки вони можуть проникати в найглибші частини дихальних шляхів і легше досягати кровотоку [11, 12]. А зміни клімату та глобальне потепління, пов'язані із забрудненням повітря парниковими газами, ще більше підсилюють негативний вплив на екосистеми та здоров'я людини.

Найбільший негативно забруднене повітря впливає на людей, які живуть у великих містах, що також пов'язане і з викидами автотранспорту [13, 14]. Саме стан атмосферного повітря у містах є основною екологічною причиною захворюваності та смертності в усьому світі. За оцінками [8], тривалий вплив твердих часток (PM) з діаметром менше або рівним 2,5 мкм (PM_{2,5}) спричинив від 4 до 9 мільйонів передчасних смертей у світі. Тверді частинки PM_{2,5} стоять на п'ятому місці за рейтингом факторів ризику глобальної смертності. Рівень забруднення повітря у європейських містах є нижчим від вимог ВООЗ щодо якості повітря. А втім, дослідження показали зв'язок між забрудненням повітря та смертністю при концентраціях, які є нижчими за ці рекомендації, без доказів безпечного порогу впливу [11]. Більшість оцінок впливу забруднення повітря на здоров'я розраховано на глобальному рівні. Відповідно до досліджень [8,11,15], понад 400 000 смертей (що дорівнює 7 % річної смертності) в Європі були пов'язані з впливом PM_{2,5}, а понад 70 000 смертей (що дорівнює 1 % річної смертності) були пов'язані з впливом NO₂. Крім того,

міста часто є 'гарячими' точками забруднення повітря внаслідок значного внеску автотранспорту до загального обсягу викидів в атмосферне повітря. В Європі внесок транспорту в міські концентрації PM_{2,5} оцінюється в середньому в 14 % від загальної міської концентрації PM_{2,5}, досягаючи 39 % для окремих міст, і в концентрації NO₂ 47 %, досягаючи 70 % для окремих міст. Отже, існує потреба у місцевих оцінках та термінових діях щодо зменшення несприятливих наслідків для здоров'я, пов'язаних із забрудненням повітря, а міста можуть представляти відповідну одиницю для аналізу. У містах проживає близько 72 % населення, і вони пропонують гарну можливість для зміни політики управління викидами завдяки прямій місцевій підзвітності, кращій оперативності порівняно із державним та національним рівнями [16, 17]. Тому якість атмосферного повітря особливо у містах є однією з найважливіших умов повноцінної життєдіяльності населення та збереження здорового довкілля для майбутніх поколінь.

Мета дослідження

Метою дослідження було здійснити аналіз техногенного навантаження на атмосферне повітря та аналіз концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Полтави.

Завданнями дослідження: охарактеризувати структуру викидів забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Полтави; проаналізувати динаміку викидів таких речовин основними джерелами забруднення: промисловістю та автомобільним транспортом; стан забруднення повітря в м. Полтаві та оцінити ризики, пов'язані з цим наслідки для здоров'я людини.

Матеріали і методи

Під час виконання дослідження були використані методи оцінювання інвентаризації викидів, прогнозів, наукових досліджень. Для проведення оцінювання стану забруднення атмосферного повітря агломерації Полтава було використано статистичні дані з таких джерел інформації:

- статистичні дані Головного управління статистики в Полтавській області щодо кількості суб'єктів господарювання, що здійснюють викиди забруднювальних речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами та валових обсягів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами [18];

- звіти щодо інвентаризації викидів забруднювальних речовин до атмосферного повітря стаціонарними джерелами суб'єктів господарювання щодо характеристик стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин та валових обсягів викидів таких речовин суб'єктами господарювання;

- статистичні дані Департаменту екології та природних ресурсів Полтавської обласної державної адміністрації [19];

- статистичні дані лабораторії спостережень за забрудненням атмосферного повітря м. Полтави

Полтавського обласного центру з гідрометеорології Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо концентрацій забруднювальних речовин у атмосферному повітрі в постах спостережень.

Результати та їх обговорення

Результати аналізу обсягу викидів забруднювальних речовин до атмосферного повітря в агломерації «Полтава» показують тенденцію до зменшення викидів в атмосферне повітря з 2016 року по 2020 рік (рис. 1).

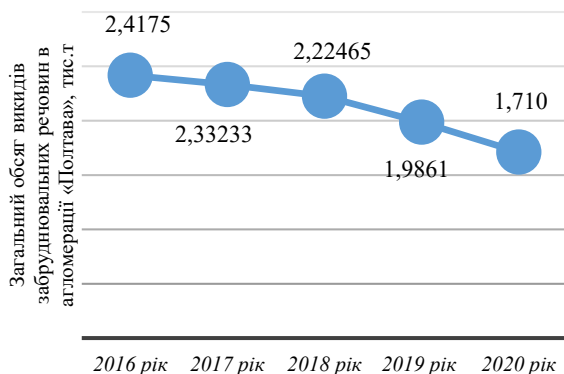


Рис. 1. Динаміка загального обсягу викидів забруднювальних речовин в агломерації «Полтава» (тис. т), 2016–2020 рр.

Так, найвищий рівень викидів був 2016 року – 2,4175 тис. т; 2017 року рівень знизився до 2,33233 тис. т; 2018 року кількість викидів також знизилася до 2,22465 тис. т, але все ж таки залишається у зоні ризику; 2019 року кількість викидів становила 1,9861 тис. т; 2020 – обсяг викидів був найменшим та становив 1,710 тис. т.

Аналіз статистичних даних обсягу викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел (рис. 2) свідчить про загальну тенденцію до скорочення викидів. 2016 року спостерігали найвищу кількість викидів – 1,208823 тис. т; 2017 року обсяг викидів знизився до 1,166217 тис. т; 2018 – до 1,112332 тис. т, але все ж вважається переважно високим; 2019 року динаміка викидів знизилась до 0,992979 тис. т; у 2020 кількість викидів була найнижчою та становила 0,855055 тис. т, що вказує на спад та відхід від групи ризику.

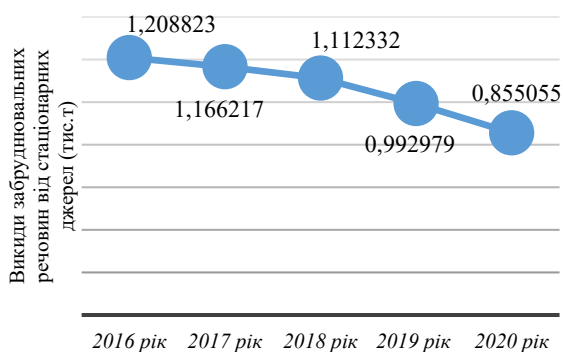


Рис. 2. Динаміка викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел (тис. т), 2016–2020 рр.

Кількість стаціонарних джерел викидів у межах Полтавської області була не постійною та в межах 494–623 підприємства. З 2016 року спостерігалась тенденція до зменшення кількості підприємств, що здійснюють викиди до атмосферного повітря.

Так, 2016 року їх нараховували 540; 2017 року – 641; 2018 року – 614; 2019 року – 623, 2020 року – 576, 2021 року – 525. Станом на 2022 рік налічували 497 підприємств, що здійснюють викиди забруднювальних речовин до атмосферного повітря. Аналіз обсягу викидів таких речовин за видами економічної діяльності Полтавської області свідчить, що найбільше навантаження на атмосферне повітря має добувна промисловість і розроблення кар'єрів – 13,7 тис. т забруднювальних речовин; переробна промисловість – 2,8 тис. т таких речовин; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря – 0,4 тис. т забруднювальних речовин; водопостачання – 0,1 тис. т забруднювальних речовин. Найбільшим забруднювачем атмосфери є Полтавський ГЗК – 21 % обласних викидів (рис. 3).

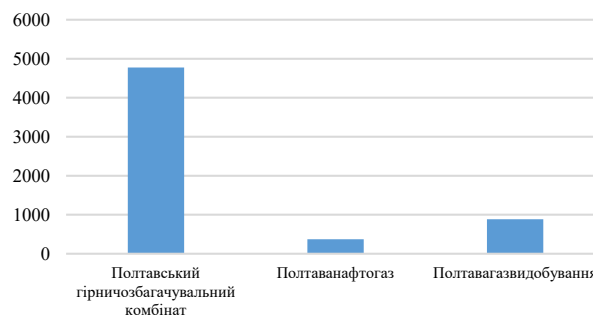


Рис. 3. Забруднення атмосферного повітря агломерації «Полтава» за підприємствами (тис. т)

Значний внесок до забруднення атмосферного повітря (особливо в містах) мають транспортні засоби. Кількість зареєстрованих транспортних засобів з 2016 року по 2020 рік становила 18 154 одиниць (рис. 4).

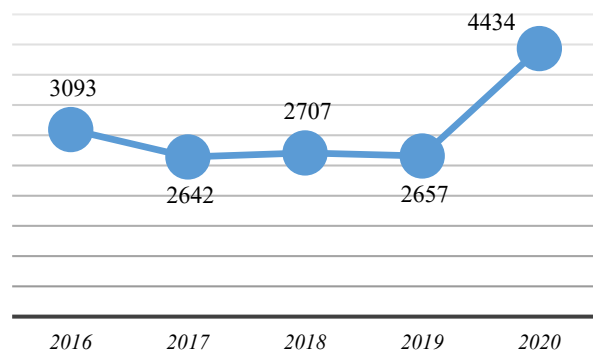


Рис. 4. Кількість зареєстрованих транспортних засобів, од.

Кількість зареєстрованих транспортних засобів, які належать юридичним особам мала тенденцію до збільшення з 2016 по 2020 рік. 2016 року вона склала 351 одиницю; 2017 – 502 одиниці; 2018 – 550 одиниць; 2019 – 572 одиниці; 2020 – 646 одиниць. Кількість зареєстрованих транспортних засобів, яка належить

фізичним особам також збільшилася з 2016 року по 2020 рік. 2016 року їх кількість була 3093 одиниці; 2017 – 2642 одиниці, на 2018 рік вона трохи підвищилася – 2707 одиниць, 2019 року вона знову знизилася до 2657 одиниць, а 2020 року кількість становила 4434 одиниці. Збільшення кількості автотранспортних засобів з 2016 по 2020 рр. свідчить про збільшення навантаження забруднювальними речовинами до атмосферного повітря.

Аналіз викидів до атмосферного повітря забруднювальними речовинами свідчить про те, що основними такими речовинами в межах міста є: тверді частинки, оксид вуглецю, сполуки азоту, діоксид та інші сполуки сірки, метали та їх сполуки (рис. 5).

За досліджуваний період з поміж зазначених забруднювальних речовин найбільшу кількість було викинуто сполук азоту. Але спостерігали позитивну динаміку до зменшення кількості викидів сполук азоту з 2016 по 2020 рік. 2016 року загальні викиди суспендованих твердих частинок та оксиду вуглецю були майже однакові 0,237543 тис. т та 0,23593 тис. т відповідно, але починаючи з 2018 року кількість викидів твердих речовин має тенденцію до зменшення. Обсяг викидів оксиду вуглецю залишався стабільним впродовж 2016–2020 років. Зниження викидів діоксиду та інших сполук сірки спостерігали з 2018 по 2020 рр. (з 0,15049 тис. т до 0,02661 тис. т відповідно).

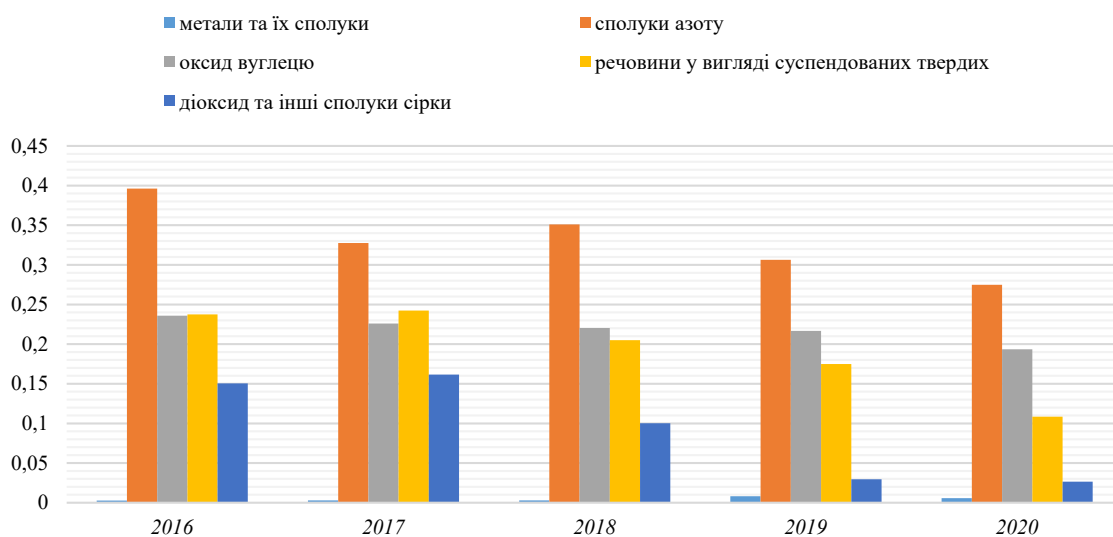


Рис. 5. Динаміка викидів основних забруднювальних речовин від стаціонарних джерел за забруднювальними речовинами, (тис. т), 2016–2020 рр.

Збільшення кількості металів та їхніх сполук спостерігали з 2018 року, що має негативну тенденцію до забруднення атмосферного повітря.

Серед специфічних забруднюючих речовин

в атмосферу міста стаціонарними джерелами викидаються: фреони, ціаніди, фтор та його сполуки, хлор та його сполуки, бром та його сполуки, стійкі органічні забруднювачі, озон, фосфін (рис. 6).

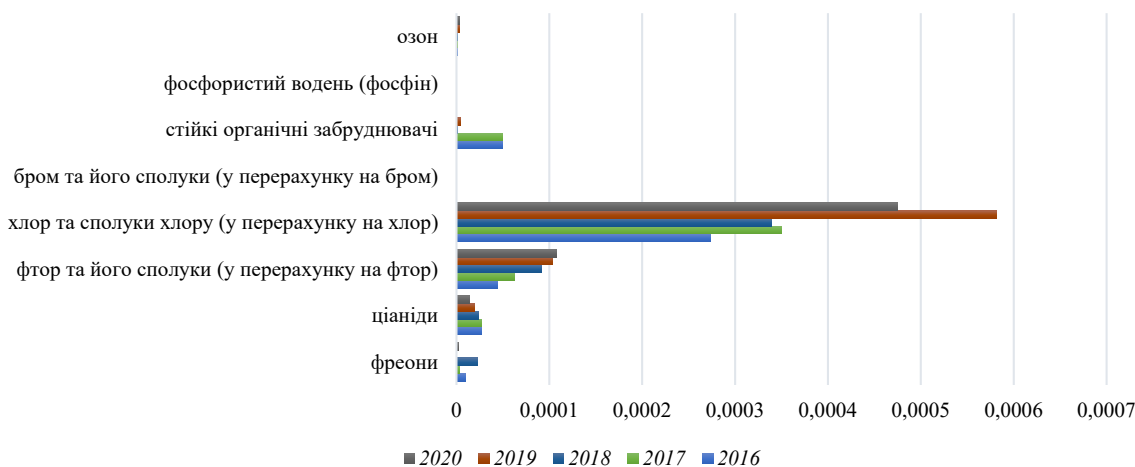


Рис. 6. Динаміка викидів специфічних забруднювальних речовин від стаціонарних джерел (тис. т), 2016–2020 рр.

У загальному обсязі викидів специфічних забруднювальних речовин найбільшу частку мали

хлор і його сполуки та фтор і його сполуки. Динаміка їх викидів у розрізі років мала позитивну тенденцію

до зменшення кількості викидів. Аналіз даних свідчить, що 2019 року спостерігали найбільшу кількість викидів хлору (0,000581 тис. т), але на 2020 рік його кількість зменшується до 0,000475 тис. т. Однак кількість фтору і 2020 року залишається високою – 0,000108 тис. т порівняно із 2016 роком (0,000044 тис. т). Кількість викидів фреонів та ціанідів мають майже однакові показники у 2018 році. Однак кількість викидів фреонів має тенденцію до зменшення, тоді як викиди ціанідів залишалися стабільними з 2016 по 2019 рр. Кількість викидів стійких органічних речовин були стабільними та досить високими 2016 та 2017 рр.

Аналіз концентрацій основних забруднювальних речовин свідчить, що концентрація діоксиду вуглецю була найвищою серед концентрацій усіх забруднювальних речовин. Оксид вуглецю є основною такою речовиною, яка надходить до атмосферного повітря та є небезпечним парниковим газом, що призводить до зміни клімату [20], тому аналіз зміни концентрації CO₂ є дуже важливим у межах міста. За досліджуваний період концентрація діоксиду вуглецю мала негативну тенденцію до збільшення (рис. 7).

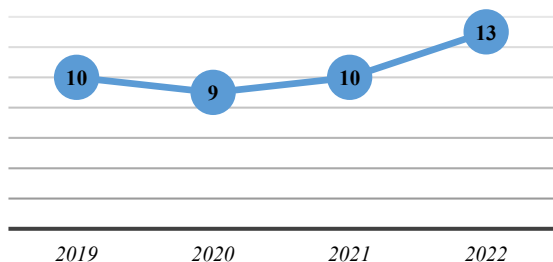


Рис. 7. Динаміка зміни концентрації діоксиду вуглецю (мг/м³) за період з 2019 по 2022 рр.

2019 року концентрація CO₂ становила 10 мг/м³, а 2022 року її значення виросло до 13 мг/м³. Отже, з 2019 по 2022 рік спостерігали негативну тенденцію щодо збільшення концентрації діоксиду вуглецю в межах міста Полтави, що свідчить про наявність ризиків пов'язаних зі зміною клімату.

Значення концентрації пилу 2019, 2021 та 2022 років становило 0,8 мг/м³ (рис. 8). Лише 2020 року концентрація пилу була дещо меншою та становила 0,7 мг/м³.

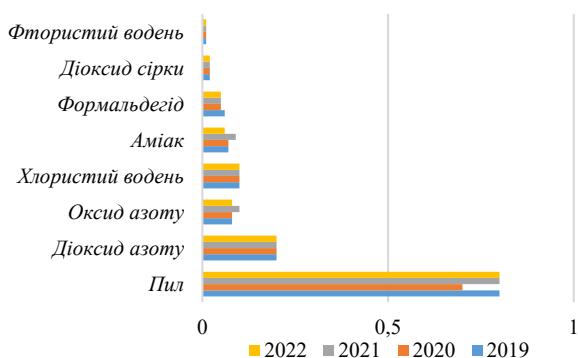


Рис. 8. Динаміка зміни концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Полтава (мг/м³), 2019 по 2022 рр.

Концентрація діоксиду азоту була однаковою в усі роки дослідження та становила 0,2 мг/м³. Концентрація оксиду азоту була однаковою з 2019 по 2022 рік та становила 0,08 мг/м³, лише 2021 року її значення було вищим та дорівнювало 0,1 мг/м³. Хлористий водень мав стабільні значення концентрацій, що дорівнювали 0,1 мг/м³ з 2019 по 2022 роки. Концентрації аміаку відрізнялися за роками дослідження: спостерігали позитивну тенденцію до незначного зменшення концентрації забруднювальної речовини з 2019 по 2022 роки (з 0,07 мг/м³ до 0,06 мг/м³ відповідно). Концентрація формальдегіду мала стабільні значення 0,05 мг/м³, за винятком 2019 року, коли вона становила 0,06 мг/м³. Концентрації діоксиду сірки та фтористого водню були постійними упродовж років дослідження та становили 0,2 мг/м³ та 0,1 мг/м³ відповідно.

Висновки

Результати аналізу обсягу викидів забруднювальних речовин до атмосферного повітря в агломерації «Полтава» показали позитивну тенденцію до зменшення викидів до атмосферного повітря з 2016 року по 2020 рік. Статистичні дані обсягу викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел відображають загальну тенденцію до скорочення обсягів викидів забруднюючих речовин з 1,208823 тис. до 0,855055 тис. т, а отже, і зменшення антропогенного навантаження на атмосферне повітря, що пов'язано зі зменшенням кількості стаціонарних джерел викидів у межах Полтавської області до 494 підприємств. Аналіз обсягу викидів забруднювальних речовин за видами економічної діяльності області показав, що найбільше навантаження на атмосферне повітря має добувна промисловість і розроблення кар'єрів – 13,7 тис. т забруднювальних речовин; переробна промисловість – 2,8 тис. т таких речовин; постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря – 0,4 тис. т таких речовин; водопостачання – 0,1 тис. т речовин. Найбільшим забруднювачем атмосфери є Полтавський ГЗК, що має частку у 21 % від обласних викидів до атмосферного повітря. Збільшення кількості автотранспортних засобів 2016 по 2020 рр. свідчить і про збільшення навантаження забруднювальними речовинами на атмосферне повітря.

Аналіз викидів до атмосферного повітря за забруднювальними речовинами показав, що основними такими речовинами в межах міста є: тверді частинки, оксид вуглецю, сполуки азоту, діоксид та інші сполуки сірки, метали та їхні сполуки. Серед специфічних забруднювальних речовин в атмосферу стаціонарні джерела викидають: фреони, ціаніди, фтор та його сполуки, хлор та його сполуки, бром та його сполуки, стійкі органічні забруднювачі, озон, фосфін.

Дослідження концентрацій основних забруднювальних речовин показало, що концентрація діоксиду вуглецю була найвищою серед концентрацій усіх забруднювальних речовин. Отже, з 2019 по 2022 рік спостерігали негативну тенденцію щодо збільшення концентрації діоксиду вуглецю в межах міста

Полтави, що свідчить про наявність ризиків пов'язаних зі зміною клімату.

Отримані результати досліджень свідчать про необхідність створення інформаційно-аналітичної системи моніторингу для ефективного зберігання, обробки та аналізу даних на засадах комплексного моніторингу довкілля для збору, зберігання та обробки даних про забруднення. Матеріали дослідження можуть бути використані для екологічного планування території м. Полтави. Екологічні аспекти архітектурно-планувальних рішень сучасних міст мають бути інтегровані в місцеві стратегії та програми розвитку, генеральні плани міст, планування транспортної системи, стратегії охорони навколишнього середовища та потребують підтримки місцевого самоврядування та держави.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Air Pollution. *World Health Organization*. Retrieved from: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
2. Havrylenko, O. P. (2008). *Екологічна Україна. Сучасний стан та основні проблеми ресурсів атмосферного повітря в Україні: навчальний посібник*. Kyiv: Znannia [in Ukrainian]
3. Moore, F. (2009). Climate Change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. *Sustainability*, 1 (1), 43–54. <https://doi.org/10.3390/su1010043>
4. Eze, I. C., Schaffner, E., Fischer, E., Schikowski, T., Adam, M., Imboden, M., Tsai, M., Carballo, D., von Eckardstein, A., Künzli, N., Schindler, C., & Probst-Hensch, N. (2014). Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environment International*, 70, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.05.014>
5. Desonie, D. (2007) *Atmosphere: Air Pollution and Its Effects*. New York, USA: Infobase Publishing.
6. Bai, L., Wang, J., Ma, X., & Lu, H. (2018). Air pollution forecasts: an overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (4), 780. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040780>
7. Nazar, W., & Niedoszytko, M. (2022). Air Pollution in Poland: a 2022 narrative review with focus on respiratory diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (2), 895. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020895>
8. Ernyasih, E., Mallongi, A., Daud, A., Palutturi, S., Stang, S., Thaha, A. R., Al Madhoun, W. (2023). Health risk assessment through probabilistic sensitivity analysis of carbon monoxide and fine particulate transportation exposure. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 9 (4), 933–950. <https://doi.org/10.22035/gjesm.2023.04.18>
9. Taranenko, A., & Hlazunova, V. (2022). Climate policy of Poltava and analysis of innovative methods of adaptation to climate changes in cities. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 59–65. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.07>
10. MacCracken, M. C. (2008). Prospects for future climate change and the reasons for early action. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58 (6), 735–786. <https://doi.org/10.3155/1047-3289.58.6.735>
11. Kheirouri, S., Alizadeh, M., Abad, R. M. S., Barkabi-Zanjani, S., & Mesgari-Abbasi, M. (2020). Effects of sulfur dioxide, ozone, and ambient air pollution on bone metabolism related biochemical parameters in a rat model. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, 35 (4), e2020023. <https://doi.org/10.5620/eaht.2020023>
12. Ambient (outdoor) air pollution. (2022). World Health Organization. Retrieved from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
13. Maksyuta, N., & Golik, Yu. (2019). Comparative Analysis of Pollution of Atmospheric Air in Cities (an Example of Leipzig and Poltava). *Lecture Notes in Civil Engineering*, 47 (1), 260–267. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_33
14. Fomenko, H. R. (2020). Transport flows and their impact on the level pollution of urban highways. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 2 (3), 119–123. <https://doi.org/10.32838/tnu-2663-5941/2020.3-2/20>
15. Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in Public Health*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
16. Dovgal, V., Gura, D., Stepanenko, V., & Dyachenko, R. (2023). An approach to the development of an atmospheric air monitoring system. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 821–831. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36960-5_93
17. Bondarenko, E., Kyrlyuk, M., & Yatsenko, O. (2021). Cartographic monitoring of atmospheric air quality on the territory of Poltava region (monthly trend). *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215k2059>
18. Holovne upravlinnia statystyky v Poltavskii oblasti. Retrieved from: <https://www.pl.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian]
19. Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv Poltavskoi oblasnoi viiskovoi administratsii. Retrieved from: <https://eko.adm-pl.gov.ua/> [in Ukrainian]
20. Dryden, R., Morgan, M. G., Bostrom, A., & Bruine de Bruin, W. (2017). Public perceptions of how long air pollution and carbon dioxide remain in the atmosphere. *Risk Analysis*, 38 (3), 525–534. <https://doi.org/10.1111/risa.12856>

ORCID

A. Taranenko  <https://orcid.org/0000-0002-1305-939X>



© 2023 Taranenko A. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.