

УДК 502.3: 504.5

Petro Kyriienko¹, PhD (Tech.sc), docent of Ecology Technogenic Safety
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8116-7448> **e-mail:** p.kirienko@khai.edu

Yevhenii Varlamov², PhD (Tech.sc), Senior Researcher
e-mail: y.varlamov@khai.edu

Volodymyr Kvasov², PhD (Tech.sc), Senior Researcher
e-mail: kvasovva34@gmail.com

Serhii Lobov¹, PhD (Tech.sc), docent of Ecology Technogenic Safety
ORCID ID: 0000-0002-5849-749X **e-mail:** s.lobov@khai.edu

¹National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine

²Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems (USRIEP), Kharkiv, Ukraine

ORGANIZATION OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING IN KHARKIV

Abstract. *The retrospective and current state of atmospheric air quality in the Kharkiv agglomeration was considered. The results of monitoring of atmospheric air quality in recent years have been studied. The research of the existing system state of observation and monitoring of atmospheric air in the city of Kharkiv was conducted. The procedure for organizing atmospheric air quality observations abroad is given. The measures are proposed to bring the current monitoring system into compliance with European standards and the requirements of legislative and regulatory documents of Ukraine.*

It is necessary to determine a refined list of enterprises that exert the greatest man-made load on the agglomeration of the city of Kharkiv as a whole, to adjust the locations of stationary monitoring posts for atmospheric air pollution in the city of Kharkiv in order to ensure better quality monitoring, in particular in residential areas.

It is necessary to update the existing monitoring system, namely the arrangement of new indicative observation posts on the state of the atmospheric air, which will make it possible to conduct observations at these posts online for: CO, SO₂, NO_x, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀.

In order to observe the state of the atmospheric air in places where there are no stationary posts, but there is an influence of industrial facilities, it is necessary to use route observation posts (fixed observation points), which must be monitored by a mobile analytical laboratory.

Information on the state of atmospheric air pollution should be available to executive authorities and all sections of the population, therefore, it is necessary to design and create an information and analytical system for monitoring the quality of atmospheric air.

Keywords: *atmospheric air; pollutants; air monitoring; maximum permissible concentration; air pollution monitoring post.*

П.Г. Кирієнко¹, Є.М. Варламов², В.А. Квасов², С.О. Лобов¹

¹Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна

²Український науково-дослідний інститут екологічних проблем (УКРНДІЕП), м. Харків, Україна

ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ЗА СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. ХАРКІВ

***Анотація.** Розглянуто ретроспективний та сучасний стан якості атмосферного повітря в агломерації м. Харків. Досліджено результати спостережень за якістю атмосферного повітря за останні роки. Проведено дослідження стану існуючої системи спостереження та моніторингу атмосферного повітря в м. Харків. Наведено порядок організації спостережень якості атмосферного повітря за кордоном. Запропоновано заходи щодо приведення діючої системи моніторингу у відповідність до європейських стандартів та вимог законодавчо-нормативних документів України. Необхідно визначити уточнений Перелік підприємств, які здійснюють найбільше техногенне навантаження на агломерацію м. Харків у цілому, відкоригувати місця розташування стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Харків з метою забезпечення більш якісного моніторингу, зокрема в селітебних зонах.*

Необхідне оновлення наявної системи моніторингу, а саме облаштування нових індикативних постів спостережень за станом атмосферного повітря, що дасть змогу вести спостереження на цих постах в режимі он-лайн за: CO, SO₂, NO_x, O₃, TCH_{2,5}, TCH₁₀.

Для проведення спостережень за станом атмосферного повітря у місцях, де відсутні стаціонарні пости, але є вплив промислових об'єктів, необхідно використовувати маршрутні пости спостережень (фіксовані точки) спостереження, на яких мають проводитись спостереження за допомогою мобільної аналітичної лабораторії.

Інформація про стан забруднення атмосферного повітря має бути доступною для органів виконавчої влади та для всіх верств населення, тому необхідно проектування та створення інформаційно-аналітичної системи з моніторингу якості атмосферного повітря.

***Ключові слова:** атмосферне повітря; забруднювальні речовини; моніторинг стану атмосферного повітря; гранично допустима концентрація; пост спостереження забруднення атмосфери.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.81-90>

Постановка проблеми

Україна здійснює на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного для існування живої і неживої природи навколишнього середовища, захисту життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів [1, 2].

Моніторинг якості атмосферного повітря в Україні має здійснюватися відповідно до вимог Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, затвердженого постановою Кабінету Міністрів

України від 14 серпня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря» [3] (далі – Порядок), зокрема за переліком показників, які визначені у списку А пункту 1 Додатка 2 Порядку.

Для України це важливо, оскільки в умовах повномасштабної війни росії проти України необхідно швидко не лише фіксувати, а й аналізувати реальні обсяги завданої шкоди довкіллю, аби на їх основі планувати заходи з відновлення довкілля.

Актуальність

Наразі українська система моніторингу довкілля забезпечує лише констатацію факту перевищення показника забруднення. Вона не дозволяє отримати повну картину стану довкілля. Відповідно на основі цих даних складно ухвалювати важливі управлінські рішення.

Комплексний та систематичний збір екологічних даних дозволить здійснювати їх відповідний аналіз. Адже ми прагнемо не просто збирати екологічні дані і відкривати їх, як це передбачено Орхуською конвенцією, а й належним чином систематизувати їх [4].

Суб'єктами моніторингу атмосферного повітря в зонах та агломераціях України є регіональні представництва Міндовкілля, МОЗ, ДСНС, органи виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища [4].

Однак організація та методологія моніторингу забруднення атмосферного повітря натепер ще не зовсім відповідають стандартам ЄС.

Моніторинг якості повітря в ЄС. На відміну від України, де є дані про забруднення повітря лише на постах спостережень, підхід ЄС передбачає безперервність спостережень у просторі. Для цього території держав-членів ЄС поділяються на зони та агломерації. Агломераціями вважають міста і передмістя з населенням понад 250 тисяч осіб або інші території відповідно до вимог законодавства [5].

Покривати всю територію пунктами відбору проб нераціонально. Тому в ЄС для оцінки якості повітря використовують різні методи: фіксовані вимірювання з відбором проб, індикативні вимірювання і моделювання. Фіксовані вимірювання дають найточніше уявлення про вміст забруднювальних речовин в атмосферному повітрі, оскільки передбачають безпосередній аналіз проб повітря. При індикативному вимірюванні та моделюванні визначення концентрацій відбувається опосередковано. Такі вимірювання є недостатньо точними. Однак, основною перевагою цього методу є низька вартість і можливість отримати результати для більшої території, а не тільки в окремих точках.

Вибір методу вимірювання визначають за концентрацією речовини. Високі концентрації вимагають точної фіксації результатів вимірювань, у той час як для низьких концентрацій достатньо приблизної оцінки. Існує три режими вимірювання, що поєднують різні методи; для кожної зони та агломерації визначається свій специфічний режим оцінки (рис. 1).

Основними забруднювальними речовинами, за якими ведуть спостереження в ЄС, є діоксид сірки, діоксид азоту, тверді частки (ТЧ₁₀, ТЧ_{2,5}), озон і оксид вуглецю.

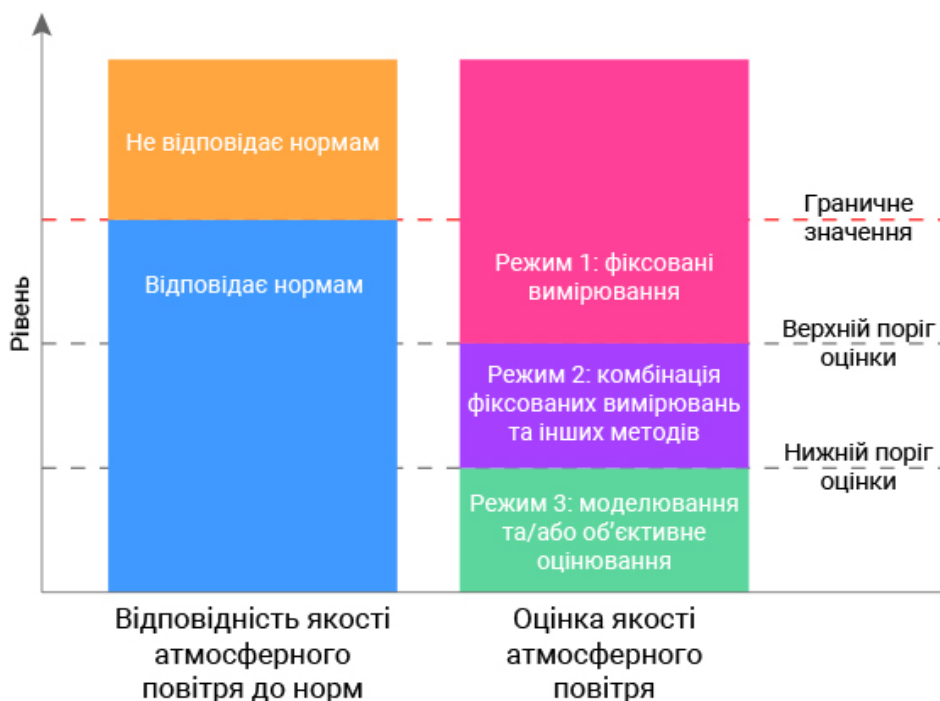


Рис. 1. Режими вимірювання показників верхнього та нижнього порогів оцінки і граничного значення

Європейські директиви встановлюють нормативи безпеки як для здоров'я людини (порог безпеки), так і для екосистем (критичний рівень).

Держави ЄС мають гарантувати дотримання граничних величин – рівнів вмісту речовин в повітрі, встановлених з метою уникнення, попередження чи зменшення шкідливих впливів на здоров'я людини та/або стан довкілля в цілому. Кожна держава визначає мету щодо зменшення впливу ТЧ_{2,5} – відсоткове скорочення концентрації цих частинок у повітрі протягом визначеного періоду.

Якщо в певній зоні чи агломерації рівні забруднювачів перевищують будь-яку з граничних величин або будь-який цільовий показник, держава зобов'язана розробити план заходів для приведення показника до норми.

Директиви ЄС визначають, що інформація про якість повітря має бути безкоштовною і доступною для споживача.

Враховуючи наведене, з урахуванням наслідків військової агресії, проблеми щодо поліпшення стану атмосферного повітря, а особливо організації спостережень за якістю атмосферного повітря на європейському рівні в агломерації м. Харків є дуже актуальними.

Виклад основного матеріалу

Авторами проведено дослідження ретроспективної і поточної інформації щодо якості атмосферного повітря та досліджено сучасний стан атмосферного повітря в агломерації м. Харків, а також у травні 2023 р. проведені одноразові

скринінгові дослідження за участю фахівців та сучасного обладнання – аналізатора атмосферного повітря ENVEA організації «Хімлаборреактив» м. Київ.

Екологічний стан м. Харків відзначається як стабільно напружений, хоча спад виробництва частково стримує наростання негативних процесів деградації навколишнього природного середовища. За обсягами забруднення навколишнього природного середовища, зокрема атмосферного повітря, Харків перебуває на 15-17-му місцях в Україні.

Антропогенне забруднення атмосферного повітря в м. Харків можна розділити на: викиди в навколишнє середовище від промислових підприємств (зокрема, від паливно-енергетичного комплексу); викиди від автомобільного транспорту; забруднення від інших джерел (спалювання листя, органічних відходів та ін.).

Серед причин забруднення атмосферного повітря в м. Харків можна вказати наступні: неякісне очищення викидів забруднювальних речовин на промислових підприємствах; використання застарілих систем очищення викидів; невикористання безвідходних і маловідходних технологій на промислових підприємствах; викиди забруднювальних речовин без очищення на побутовому рівні тощо.

Викиди від автомобільного транспорту в основному концентруються на шляхах з інтенсивним рухом, перехрестях і місцях скупчення транспорту.

Восени спалюють опале листя, відходи рослинництва, особливо на приміських територіях. В цей час відбувається збільшення викидів забруднювальних речовин в навколишнє середовище периферійних частин м. Харків.

Аналіз даних спостережень за станом атмосферного повітря агломерації м. Харків за 5 років відзначає тенденцію до погіршення якості атмосферного повітря по діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду, кадмію, залізу, мангану, свинцю, хрому та цинку. Є незначна тенденція покращення якості атмосферного повітря по оксиду вуглецю, сажі та нікелю. Не змінився рівень забруднення по пилу, діоксиду сірки, сірководню, аміаку, оксиду азоту та міді.

Результати дослідження наявної інформації дозволяють зробити висновок щодо необхідності при проведенні спостережень застосування на даний період режиму фіксованих вимірювань або об'єктивного оцінювання для таких речовин, як діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, тверді частки (ТЧ₁₀, ТЧ_{2,5}).

Попередня оцінка якості атмосферного повітря у агломерації м. Харків показує, що спостереження проводяться суб'єктами моніторингу не в повній мірі.

Наразі основним джерелом визначення концентрацій забруднювальних речовин у м. Харків є відбір проб повітря на 10 стаціонарних постах спостереження мережі Харківського регіонального центру з гідрометеорології (Харківський РЦГМ) та їх дослідження в умовах стаціонарної аналітичної лабораторії, а також результати спостережень, що проводяться Харківським обласним центром контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України на 26 маршрутних точках.

Кількість стаціонарних постів або точок спостережень в населеному пункті має визначатись з урахуванням його розмірів, кількості населення і особливостей структури промисловості відповідно до вимог Порядку

розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України від 21.04.2021 № 300, що зареєстрований у Міністерстві юстиції України 13.05.2021 за № 635/36257 [6]. Для вирішення питання розташування стаціонарних постів контролю за станом атмосферного повітря з урахуванням фізико-географічних та метео-кліматичних умов вплив на вибір місця розташування має «роза вітрів» для м. Харків, рис. 2. Показник швидкості вітру є вихідною інформацією при аналізі переміщення атмосферних фронтів та інших видів динаміки в атмосфері, а також для оцінки вітроенергетичного потенціалу території.

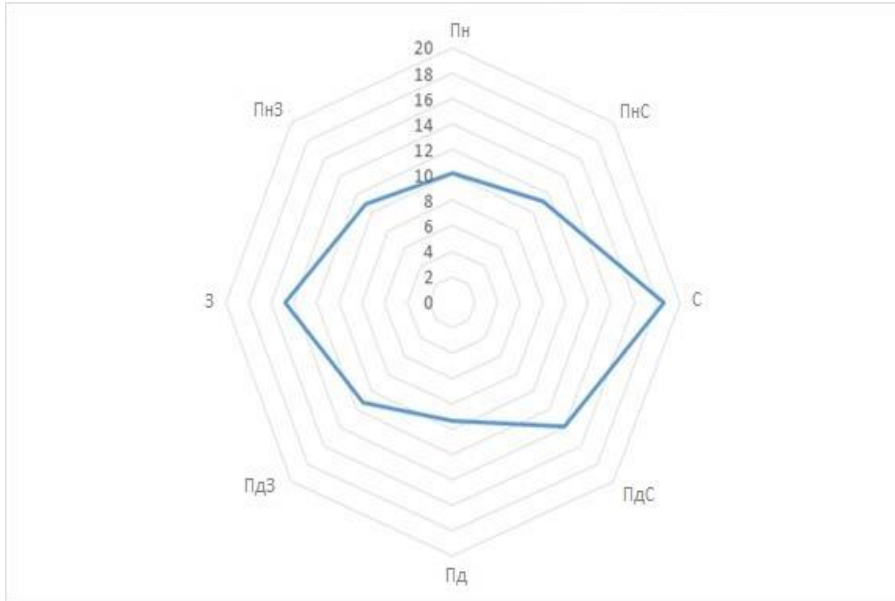


Рис. 2. Повторюваність (%) напрямку вітру (румби) у 2017–2022 роках

До 2022 року у Харківському регіональному центрі Гідрометслужби ДСНС функціонувало 10 постів спостереження. Розташування постів спостереження за забрудненням атмосфери в м. Харків було визначено ще за радянських часів і наразі потребує суттєвого коригування, з урахуванням сучасних потреб. Пости спостереження в Харкові являють собою стаціонарні пости типу ПОСТ-1 та ПОСТ-2, вигляд одного з постів наведено на рис. 3.

Станом на сьогодні два пости пошкоджено в результаті військової агресії і потребують повного відновлення.

Спостереження проводяться щоденно, крім святкових днів, по повній програмі і передбачають чотири виміри протягом доби. Відбір проб проводять у визначені часові проміжки відповідно до однієї з чотирьох програм спостережень: повної, неповної, скороченої або добової. Повна програма передбачає чотири виміри протягом доби: о 1-й, 7-й, 13-й і 19-й годині за місцевим часом. Неповна програма передбачає 3 виміри: о 7-й, 13-й, 19-й годині. Скорочена – два виміри – о 7-й і 13-й годині. Добова програма передбачає безперервні спостереження протягом доби.



Рис. 3. Пост спостереження за забрудненнями атмосферного повітря в м. Харків на перехресті вулиць для контролю впливу автотранспорту

Спостереження за концентраціями пилу (т.ч. – TЧ_{25} та TЧ_{10}), діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, свинцю, бензолу, арсену є обов'язковими. Інші речовини можуть бути включені до програми спостережень за рішенням органів місцевого самоврядування відповідно до специфіки екологічної ситуації [7].

Досліджуючи дані вимірювань на постах спостереження, наприклад, за 2017 рік, можна констатувати наступне.

Пил. З відібраних проб повітря 26% мають концентрації, що перевищують гранично допустимі. Індекс забруднення атмосферного повітря (ІЗА) пилом становить 0,65.

Оксид вуглецю. Середньорічна концентрація оксиду вуглецю в місті становить $3,1 \text{ мг/м}^3$ ($\text{ГДК}_{\text{CO}} = 3,0 \text{ мг/м}^3$). Індекс забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю в м. Харків становить 1,03.

Фенол. Спостереження за вмістом фенолу проводили на трьох постах спостереження. Середньорічна концентрація фенолу в місті дорівнює $0,002 \text{ мг/м}^3$ ($\text{ГДК}_{\text{ф}} = 0,003 \text{ мг/м}^3$), індекс забруднення атмосфери (ІЗА) фенолом – 0,5.

Важкі метали. Спостереження проводили на трьох постах. Відзначено зниження середньомісячних концентрацій заліза, міді, нікелю, цинку порівняно з даними 2016 року. Вміст в повітрі м. Харків кадмію, марганцю, свинцю та хрому залишився на рівні 2016 року.

Попередня оцінка якості атмосферного повітря у агломерації м. Харків визначила необхідність проведення вдосконалення існуючої системи моніторингу атмосферного повітря.

За результатами проведених досліджень можливо запропонувати, зокрема, створення автоматизованих постів спостереження, які мають функціонувати у режимі поточного часу (on-line), інформаційно-аналітичної системи даних, використання мобільної аналітичної лабораторії в проблемних місцях, проведення спостереження за усіма показниками згідно з вимогами Порядку. Встановлення на постах спостереження автоматизованого обладнання (індикативного) дасть можливість проводити спостереження у режимі поточного часу та отримати фактичні дані. Індикативні пости виконують вимірювання параметрів атмосферного повітря, які відповідають вимогам Порядку щодо точності даних, але є менш суворими, ніж вимоги до фіксованих вимірювань. Приклад такого поста наведено на рис. 4.

Необхідно розробити Програму державного моніторингу атмосферного повітря агломерації м. Харків з визначенням режимів оцінювання. Згідно з п. 9 Порядку режим оцінювання, крім режиму фіксованих вимірювань, може бути переглянутий раніше за рішенням органу управління якістю атмосферного повітря за таких умов: 1) режим оцінювання із застосуванням методів моделювання та об'єктивного оцінювання замінюється на режим

комбінованого оцінювання; 2) режим комбінованого оцінювання замінюється на режим фіксованих вимірювань. Згідно з п. 10 Порядку у разі наявності даних менш як за п'ять років для визначення перевищення нижнього та верхнього порогів оцінювання можна комбінувати результати короткострокових вимірювальних заходів протягом одного року на ділянках, рівень забруднення яких зазвичай є найвищим, що мають визначитися додатковими дослідженнями. У Програмі мають бути заплановані заходи щодо встановлення додаткових пунктів спостережень та/або вдосконалення наявних мереж спостереження за якістю атмосферного повітря, створення та/або вдосконалення лабораторій спостереження за станом атмосферного повітря.



Рис. 4. Індикативний пост спостереження типу ENVEA

В подальшому при удосконаленні мережі спостережень за станом атмосферного повітря на території агломерації м. Харків має бути розглянуто питання про розширення переліку забруднювальних речовин зі списку А пункту 1 Додатка 2 Порядку [2], які підлягають спостереженню, а станом на сьогодні для цих забруднювальних речовин можливе застосування режимів моделювання або об'єктивного оцінювання.

Висновки і пропозиції:

1. Організація та методологія моніторингу якості атмосферного повітря на території агломерації м. Харків не в повній мірі відповідають стандартам ЄС.
2. Необхідно визначити уточнений Перелік підприємств, які здійснюють найбільше техногенне навантаження на агломерацію м. Харків у цілому.
3. Необхідно відкоригувати місця розташування стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Харків з метою забезпечення більш якісного моніторингу, зокрема в селітебних зонах.
4. Необхідне оновлення наявної системи моніторингу, а саме облаштування нових індикативних постів спостережень за станом атмосферного повітря, що дасть змогу вести спостереження на цих постах в режимі он-лайн за: CO, SO₂, NO_x, O₃, ТЧ_{2,5}, ТЧ₁₀.

5. Для проведення спостережень за станом атмосферного повітря у місцях, де відсутні стаціонарні пости, але є вплив промислових об'єктів, необхідно використовувати маршрутні пости спостережень (фіксовані точки) спостереження, на яких мають проводитись спостереження за допомогою мобільної аналітичної лабораторії, також ця лабораторія має проводити спостереження в місцях за запитом громадянськості.
6. Інформація про стан забруднення атмосферного повітря має бути доступною для органів виконавчої влади та для всіх верств населення, тому необхідно проектування та створення інформаційно-аналітичної системи з моніторингу якості атмосферного повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конституція України от 28.06.1996 № 254к/96-ВР – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.91 №1264-XI. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 року № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря». – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.
4. Сайт Мінприроди <http://www.menr.gov.ua/>.
5. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 р. «Про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи» – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.
6. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 21.04.2021 № 300, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 13.05.2021 за № 635/36257. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/>.
7. Варламов Є.М., Квасов В.А., Брук В.В., Берешко І.М. Моніторинг навколишнього природного середовища. Концептуальні положення й шляхи реалізації: Монографія / Є.М. Варламов, В.А. Квасов, В.В. Брук, І.М. Берешко; під ред. Є.М. Варламова – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2016. – 188 с.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2023 і прийнята до друку після рецензування 06.12.2023

REFERENCES

1. Constitution of Ukraine dated 28.06.1996 No. 254k/96-ВР. (1996). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Law of Ukraine "On Environmental Protection" dated 06/25/91 No. 1264-XI. (1991). Retrieved from <http://www.rada.gov.ua>
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 827. (August 14, 2019). "Some issues of state monitoring in the field of atmospheric air protection". Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/>
4. Ministry of Natural Resources. Retrieved from <http://www.menr.gov.ua/>
5. Directive 2008/50/EU of the European Parliament and the Council. (May 21, 2008). "On atmospheric air quality and cleaner air for Europe". Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/>
6. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 04/21/2021 No. 300, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on 05/13/2021 under No. 635/36257. (2021). Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/>

7. Varlamov, Ye.M., Kvasov, V.A., Bruk, V.V., & Bereshko, I.M. (2016). Monitoring of the natural environment. Conceptual provisions and ways of implementation: Monograph. E.M. Varlamov (Ed.). Kh.: National. Aerospace University named after M. E. Zhukovsky "Khark. Aviation Institute" [in Ukrainian].

The article was received 15.09.2023 and was accepted after revision 06.12.2023

Кирієнко Петро Григорович

кандидат технічних наук, доцент Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Адреса робоча: 61070 Україна, м. Харків, вул. Чкалова, 17

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8116-7448> **e-mail:** p.kirienko@khai.edu

Варламов Євгеній Миколайович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, зав. сектором НДУ «УКРНДІЕП»

Адреса робоча: 61166 Україна, м. Харків, вул. Бакуліна, 6

e-mail: y.varlamov@khai.edu

Квасов Володимир

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, зав. сектором НДУ «УКРНДІЕП»

Адреса робоча: 61166 Україна, м. Харків, вул. Бакуліна, 6

e-mail: kvasovva34@gmail.com

Лобов Сергій Олександрович

кандидат технічних наук, доцент Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Адреса робоча: 61070 Україна, м. Харків, вул. Чкалова, 17

ORCID ID: 0000-0002-5849-749X **e-mail:** s.lobov@khai.edu