

УДК 502:504

ГРОМАДСЬКИЙ МОНІТОРИНГ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

А. В. Чугай, Т. В. Лавров

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, avchugai@ukr.net

В останні роки з метою отримання більш повної інформації щодо якісних характеристик повітряного басейну в Україні впроваджуються автоматизовані системи спостережень, які працюють у безперервному режимі і дозволяють отримати інформацію у будь-який момент часу. До таких систем в тому числі відносяться системи громадського моніторингу. Прикладами організацій громадського моніторингу є SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro.

Інформація, яка представлена на сайтах системи громадського моніторингу, містить значні масиви інформації, які є складними для обробки і аналізу. З метою оптимізації обробки даних розроблено програму PublicMonitoringParser, яка трансформує великі об'єми даних, представлені на інтернет-ресурсі SaveEcoBot.com, у компактні зручні файли малого обсягу із середньомісячними концентраціями забруднюючих речовин і показниками метеопараметрів. Програма написана за допомогою мови програмування C# та платформи .NET. Структуру програми і принципи її дії наведено у роботі.

Із застосуванням розробленої програми за даними сайту SavEcoBot.com виконано оцінку стану повітряного басейну Львівської області за 2021 р. В цілому за більшістю речовин були наявні дані моніторингу лише на пункті у м. Львів за адресою вул. Пластова, 13. За вмістом $PM_{2.5}$ і PM_{10} спостереження проводились по області в цілому.

Перевищення $ГДК_{сд}$ відзначалось за вмістом NO_2 , SO_2 , NH_3 . Суттєві перевищення відзначені за вмістом NH_3 (до 9 – 16 $ГДК_{сд}$). Виявлено, що на місці розташування пункту спостережень громадського моніторингу переважає промислова забудова, присутні значна кількість підприємств транспортної галузі, нафтобаза автозаправних комплексів «ОККО», міські очисні споруди. Проведене порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих пунктах, для окремих забруднюючих речовин показало, що лише за вмістом NO_2 результати є порівняними.

Дані автоматизованих пунктів спостережень доповнюють мережу стаціонарних пунктів. На даний час існуюча стаціонарна мережа спостережень за забрудненням атмосфери у більшості регіонів України є застарілою і потребує переобладнання. В цілому необхідно подальше впровадження автоматизованих систем, які більш повно і детально характеризують стан повітряного басейну в окремих населених пунктах.

Ключові слова: автоматизовані спостереження; громадський моніторинг; повітряний басейн; забруднення.

1. ВСТУП

Стан і якість атмосферного повітря є в окремих регіонах України характеризується незадовільними показниками, що негативно впливає на здоров'я населення. Для більш повної інформації щодо якісних характеристик повітряного басейну на протязі останніх років впроваджуються автоматизовані системи спостережень, які працюють у безперервному режимі і дозволяють отримати інформацію у будь-який момент часу. До таких систем відносяться і системи громадського моніторингу.

Громадський екологічний моніторинг – це долучення окремих громадян або громадських

організацій до спостережень за станом навколишнього природного середовища. В Україні громадський моніторинг розвивається дуже стрімко останні декілька років. Яскравими прикладами є такі організації:

1. SaveEcoBot – телеграм бот, який допомагає активній громадськості впливати на забруднювачів, стежити за якістю повітря, контролювати екоподатки, дозвільні документи та перевірки, створювати скарги на забруднення, а також сайт, що об'єднує майже всі станції громадського моніторингу країни і надає актуальну інформацію в режимі реального часу щодо стану довкілля майже у всіх областях України.

2. EcoCity – розповідає українцям про стан забруднення повітря у містах та дозволяє аналізувати ці дані [1].
3. SaveDnipro – громадська організація, засновники SaveEcoBot, яка співпрацює з РНБО, Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, Держекоінспекцією та Управлінням екології та природних ресурсів КМДА; розвиває максимально автоматизоване виробництво станцій моніторингу якості повітря SaveEcoSensor [2].

Системи громадського моніторингу для оцінки стану повітря сьогодні застосовуються у багатьох регіонах. Так, у роботі [3] проведено аналіз забруднення м. Полтава і запропоновано використання системи громадського моніторингу як удосконалення загальної системі спостережень у місті.

Також цікавим є запропонована авторами роботи [4] технологія використання мобільних пристроїв моніторингу як складової системи громадського моніторингу.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінка стану повітряного басейну в регіонах із застосуванням системи громадського моніторингу є додатковим ефективним інструментом отримання щоденної фактичної інформації про концентрації певних забруднюючих речовин (ЗР). Але наявна інформація містить дуже об'ємні масиви інформації, які є складними для обробки і аналізу.

З цією метою було розроблено програму PublicMonitoringParser, яка трансформує великі об'єми даних, представлені на інтернет-ресурсі SaveEcoBot.com, у компактні зручні файли малого обсягу із середньомісячними концентраціями ЗР і показниками метеопараметрів. Програма працює з усіма доступними пунктами спостережень за забрудненням (ПСЗ), які представлені на сайті SaveEcoBot.com, перетворюючи мільйони строк щохвилинних спостережень, які проводилися по декілька років, у файли формату .csv з декількома десятками строк корисної інформації, з якою у подальшому можна працювати у таких програмах як Microsoft Excel і Google Sheets.

Програма була написана за допомогою мови програмування C# та платформи .NET. Вона представлена у виді консольного застосунка і має консольний інтерфейс для взаємодії з

користувачем. Архітектура програми – Model-View-Presenter. Середовище розробки – Visual Studio Code.

Платформа .NET – це програмне забезпечення, яке може виконувати низку завдань. Її перевагами є такі: простота розробки; високопродуктивні додатки; підтримка спільноти. За допомогою .NET можна створювати різні додатки, а саме: *інтернет-додатки*; *мобільні додатки*; *додатки для настільних ПК*; інші додатки [5].

Програма PublicMonitoringParser складається з двох основних частин:

1. *Консольний інтерфейс* – дає можливість користувачу вказати шлях до скачаного первісного файлу з великим об'ємом даних з сайту SaveEcoBot.com, а також обрати, скільки знаків після коми у десяткових чисел залишати після розрахунків середньомісячних значень. Також інтерфейс інформує користувача щодо поточного етапу виконання програми або помилок, які можуть виникнути при виконанні.
2. *Логічна частина програми* – частина, яка виконує перетворення даних з одного формату до іншого.

Структура програми представлена на рис 1.

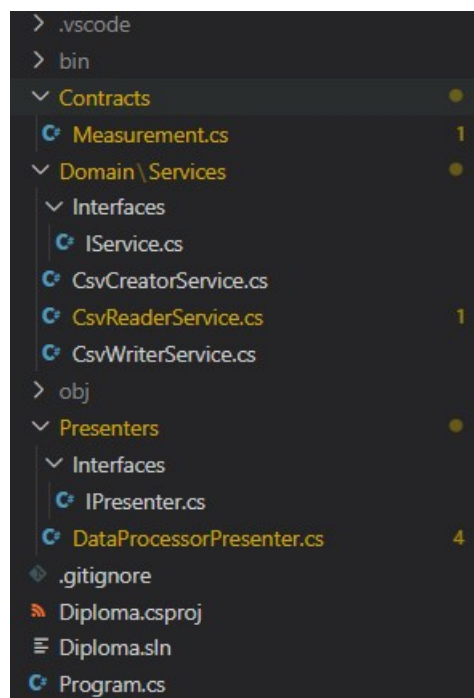


Рис. 1 – Структура програми PublicMonitoringParser у середовищі розробки Visual Studio Code

Fig. 1 – Structure of the PublicMonitoringParser program in Visual Studio Code

Повний цикл роботи програми PublicMonitoringParser включає набір певних

процедур. Результатом є отримання даних із середньомісячними значеннями в файлі в Microsoft Excel для подальшої роботи. Приклад наведено на рис. 2.

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
year	month	pm1	pm25	pm10	temperature	humidity
2022	8	5.025332	7.544705	16.621283	24.527785	55.722313
2022	9	5.084806	6.914277	11.370732	14.219109	73.082716
2022	10	4.497492	6.284408	10.835604	12.056883	70.409353
2022	11	8.046957	10.423060	14.668882	8.209385	80.719274

Рис. 2 – Результати розрахунків середньомісячних концентрацій і значень метеопараметрів у таблиці Microsoft Excel

Fig. 2 – Results of calculations of average monthly concentrations and values of meteorological parameters in a Microsoft Excel table

За даними сайту SavEcoBot.com із застосуванням розробленої програми виконано оцінку якості повітряного басейну для Львівської області за 2021 р. [6].

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Спостереження на мережі громадського моніторингу у Львівській області проводились за вмістом 6 ЗР, а саме: CO , NO_2 , SO_2 , O_3 , NH_3 , $PM_{2,5}$ і PM_{10} . Зазначимо, що лише за вмістом $PM_{2,5}$ і PM_{10} спостереження проводились по області в цілому. За більшістю речовин були наявні дані моніторингу лише на 1 ПСЗ у м. Львів за адресою вул. Пластова, 13.

На рис. 3 – 8 наведено динаміку річного ходу концентрацій окремих ЗР.

Вміст NO_2 за наявними даними (рис. 3) характеризувався мінімальними значеннями у січні, березні – червні 2021 р. Максимальні значення в цілому відзначались в період з липня по грудень. Також відзначено у більшості випадків перевищення $ГДК_{сд}$.

Вміст SO_2 (рис. 4) характеризувався вираженою сезонною динамікою на протязі року. Максимальні концентрації відзначались у травні – серпні. У цей період, а також восени вміст даної ЗР перевищував нормативи якості у м. Львів з максимумом до 2,5 $ГДК_{сд}$. Зазначимо, що у більшості регіонів України концентрації SO_2 зазвичай не перевищують нормативів якості.

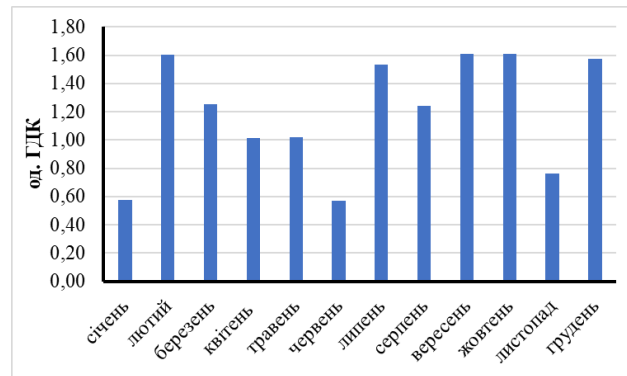


Рис. 3 – Вміст NO_2 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.
Fig. 3 – The content of NO_2 in the air pool of Lviv in 2021

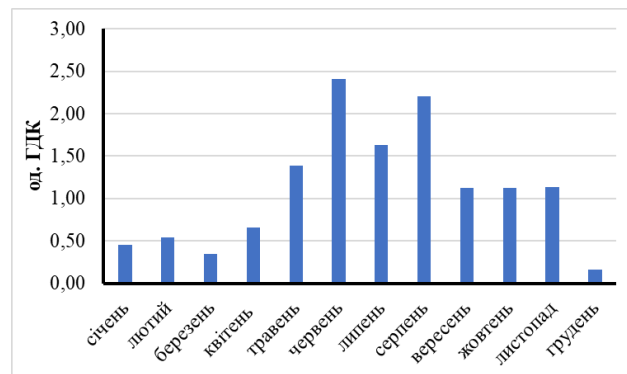


Рис. 4 – Вміст SO_2 у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.
Fig. 4 – The content of SO_2 in the air pool of Lviv in 2021

Протилежна картина відзначена для вмістом CO (рис. 5) з максимумом у лютому і мінімальними концентраціями у весняно-літній період. При цьому вміст CO на протязі всього року значно нижче нормативів якості.

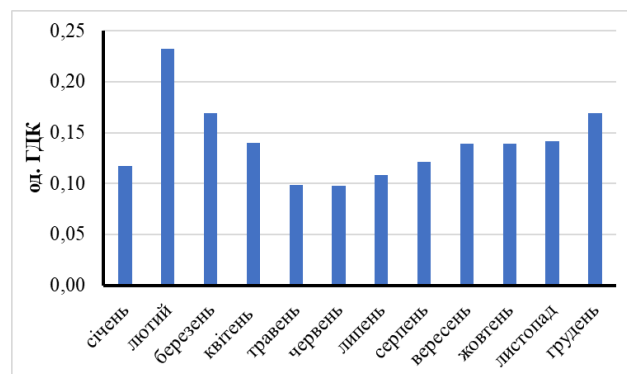


Рис. 5 – Вміст CO у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.
Fig. 5 – The content of CO in the air pool of Lviv in 2021

Загальних тенденцій розподілу концентрацій O_3 (рис. 6) на протязі року виявлено не було. Вміст даної речовини не перевищував $ГДК_{сд}$.

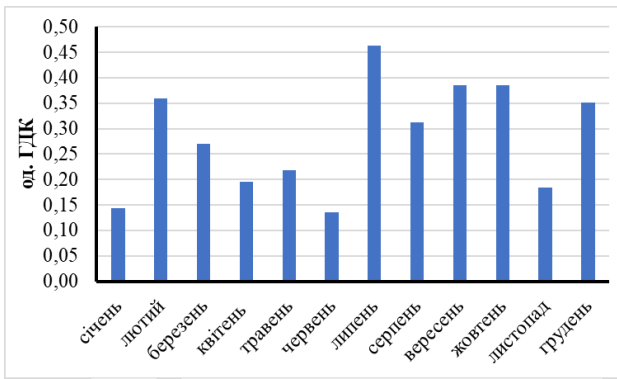


Рис. 6 – Вміст O₃ у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.
Fig. 6 – The content of O₃ in the air pool of Lviv in 2021

Значний інтерес виявив розподіл NH₃ (рис. 7). Максимальні концентрації відзначались у травні – серпні з перевищенням до 9 – 16 ГДК_{ср.} В цілому на протязі року за виключенням січня і лютого концентрації NH₃ перевищували нормативи якості. Отримані результати є цікавими, оскільки свідчать про існуюче джерело надходження даної домішки в районі розташування ПСЗ.

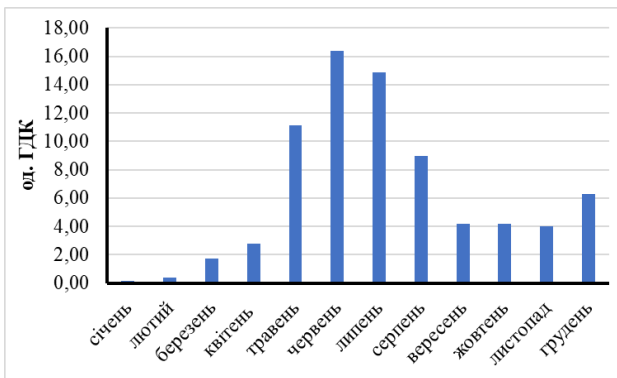


Рис. 7 – Вміст NH₃ у повітряному басейні м. Львів у 2021 р.
Fig. 7 – The content of NH₃ in the air pool of Lviv in 2021

Згідно з літературними даними, на вул. Пластовій переважає промислова забудова зі значною кількістю підприємств, в першу чергу, транспортної галузі. Також на початку вулиці розташована нафтобаза автозаправних комплексів «ОККО». Вулиця перетинає залізничну колію. На північ від вул. Пластової розташовані міські очисні споруди. За окремими даними, у даному районі планувалась будова сміттєзаводу у найближчі 2 роки [7]. Наявність такої інфраструктури частково пояснює високі концентрації окремих ЗР у повітряному басейні.

Вміст PM_{2,5} (рис. 8) у повітряному басейні Львівської області в цілому характеризувався зменшенням концентрацій у весняно-літній період. Перевищень нормативів ВООЗ не відзначалось. Аналогічний розподіл характерний і для вмісту PM₁₀. Максимальні концентрації

PM_{2,5} і PM₁₀ відзначались на окремих ПСЗ у м. Львів (вул. Пасічна. 171, Малоголосківська 8д), а також у м. Жовква.

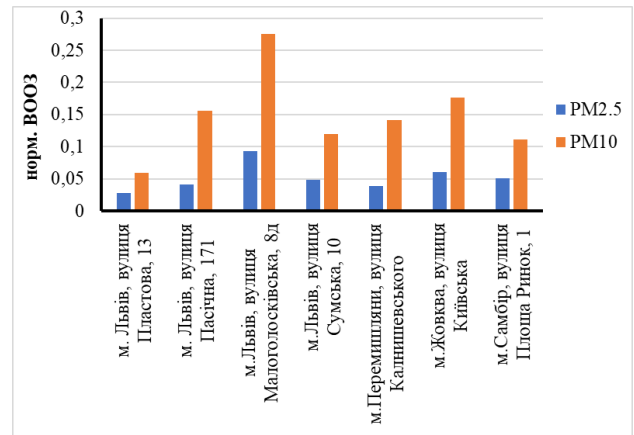


Рис. 8 – Вміст PM_{2,5} та PM₁₀ у повітряному басейні Львівської області у 2021 р.

Fig. 8 – The content of PM_{2,5} and PM₁₀ in the air basin of the Lviv region in 2021

Було проведено порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ, для окремих ЗР по м. Львів (рис. 9) з урахуванням матеріалів [8]. Як видно, загальної залежності не виявлено. Лише за вмістом NO₂ результати є порівняними. Проте таке порівняння не є цілком правомірним, оскільки стаціонарні (4 ПСЗ) розташовані по всій території міста.

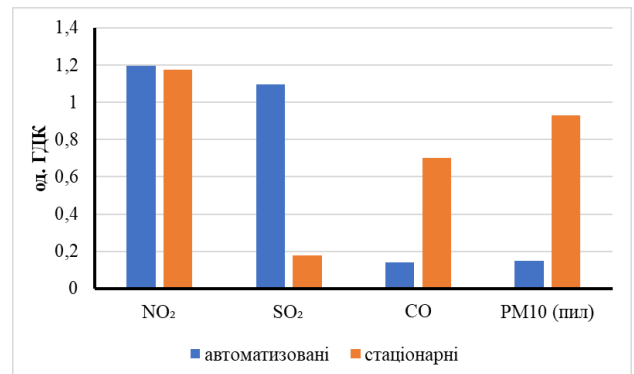


Рис. 9 – Порівняння результатів спостережень на стаціонарних і автоматизованих пунктах

Fig. 9 – Comparison of observation results at stationary and automated points

4. ВИСНОВКИ

В результаті виконаного дослідження можна зробити такі висновки:

1. Системи автоматизованого моніторингу в останні роки все більше застосовуються для оцінки стану атмосферного повітря в регіонах України. Одним з прикладів

застосування таких систем є система громадського моніторингу.

2. З метою оцінки стану повітряного басейну в Україні в системі громадського моніторингу застосовуються такі додатки як SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro.
3. Розробка програми PublicMonitoringParser дозволяє перетворювати численні дані з сайту громадського моніторингу SaveEcoBot.com на середньомісячні концентрації ЗР, які є більш зручними для подальшої обробки.
4. За даними сайту SavEcoBot.com із застосуванням розробленої програми виконано оцінку для Львівської області за вмістом 6 ЗР. За більшістю речовин були наявні дані моніторингу лише на ПСЗ у м. Львів за адресою вул. Пластова, 13. Перевищення $ГДК_{ср}$ відзначалось за вмістом NO_2 , SO_2 , NH_3 .
5. Порівняння даних, отриманих на стаціонарних і автоматизованих ПСЗ, для окремих ЗР показало, що лише за вмістом NO_2 результати є порівняними. Проте таке порівняння не є цілком правомірним, оскільки стаціонарні (4 ПСЗ) розташовані по всій території міста.

Отримані результати свідчать, що дані автоматизованих ПСЗ доповнюють мережу стаціонарних пунктів (як приклад ПСЗ на вул. Пластова у м. Львів). На жаль, на даний час існуюча стаціонарна мережа спостережень за забрудненням атмосфери у більшості регіонів України є застарілою і потребує переобладнання. Невідповідність отриманих результатів також може бути пов'язана з відмінністю принципів відбору проб і аналізу проб повітря.

В цілому необхідно подальше впровадження автоматизованих систем, які більш повно і детально характеризують стан повітряного басейну в окремих населених пунктах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Повітря може бути якісним. URL: <https://shotam.info/ecocity-iak-shkoliari-stvoryly-pershu-v-ukraini-merezhu-monitorynhu-iakosti-povitria/> (дата звернення: 13.10.2022).
2. SaveDnipro. URL: <https://www.savednipro.org/about/> (дата звернення: 3.11.2022).
3. Максютя Н. С. Удосконалення моніторингу атмосферного повітря агломерацій (на прикладі

- м. Полтава): дис. д-ра філософії: 183 / Нац. ун-т «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка». Полтава. 2020. 240 с.
4. Мокін В. Б., Дзюняк Д. Ю., Бондалетов К. О., Олійник В. В. Метод і технологія моніторингу стану атмосферного повітря за допомогою універсальної інформаційно-виміральної системи з використанням мобільних пристроїв. *Наукові праці ВНТУ*. 2015. № 4.
5. AWS. URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/net/> (дата звернення: 15.10.2022).
6. SaveEcoBot. Рівень забруднення атмосферного повітря у Львівській області. URL: <https://www.saveecobot.com/maps/lvivska-oblast> (дата звернення: 20.10.2022).
7. Держінспекція дозволила будувати сміттєпереробний завод у Львові. URL: https://zaxid.net/derzhinspektsiya_arhitekturi_dozvolila_buduvati_smittyeperegerobniy_zavod_u_lvovi_n1526782 (дата звернення: 25.10.2022).
8. Звіт про результати моніторингу природного довкілля Львівщини за 2021 рік. Львів, 2022. 85 с.

REFERENCES

1. *Povitria mozhe buty yakisnym [Air can be quality]*. Available at: <https://shotam.info/ecocity-iak-shkoliaristvoryly-pershu-v-ukraini-merezhu-monitorynhu-iakosti-povitria/> (Accessed: 13 October 2022).
2. *SaveDnipro*. Available at: <https://www.savednipro.org/about/> (Accessed: 3 November 2022).
3. Maksyuta, N.S. (2020). *Udoskonalennia monitorynhu atmosfernoho povitria ahlomeratsii (na prykladi m. Poltava) [Improvement of atmospheric air monitoring of agglomerations (on the example of the Poltava city)]*: Ph.D. Thesis 183 / The Yu. Kondratyuk Nat. Poltava Polytechnic University]. Poltava. (in Ukr.)
4. Mokin, V.B., Dzyunyak, D.Yu., Bondaletov, K.O. & Oliynyk V.V. (2015). *Metod i tekhnoloiiia monitorynhu stanu atmosferno-ho povitria za dopomohoiu universalnoi informatsiino-vymiriualnoi systemy z vykorystanniam mobilnykh prystroiv [The method and technology of monitoring the state of atmospheric air with the help of a universal information and measurement system using mobile devices]*. *Naukovi pratsi VNTU [Scientific works of VNTU]*, 4. (in Ukr.)
5. *AWS*. Available at: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/net/> (Accessed: 15 October 2022).
6. *SaveEcoBot. Riven zabrudnennia atmosfernoho povitria u Lvivskii oblasti [SaveEcoBot. Level of atmospheric air pollution in the Lviv region]*. Available at: <https://www.saveecobot.com/maps/lvivska-oblast> (Accessed: 20 October 2022).
7. *Derzhinspektsiia dozvolila buduvati smittyeperegerobniy zavod u Lvovi [The State Inspectorate allowed to build a waste processing plant in Lviv]*. Available at: https://zaxid.net/derzhinspektsiya_arhitekturi_dozvolila_buduvati_smittyeperegerobniy_zavod_u_lvovi_n1526782 (Accessed: 25 October 2022).
8. *Zvit pro rezultaty monitorynhu pryrodnoho dovkillia Lvivshchyny za 2021 rik (2022) [Report on the results of monitoring the natural environment of the Lviv region for 2021]*. Lviv. (in Ukr.)

PUBLIC MONITORING AS A TOOL FOR ASSESSING THE STATE OF THE AIR BASIN IN THE UKRAINIAN REGIONS

A. V. Chugai, T. V. Lavrov

Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odesa, Ukraine, avchugai@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-8091-8430>

Over the recent years automated observation systems that work continuously and allow obtaining information at any time have been widely implemented. Such systems include public monitoring systems in order to receive more complete information about the quality characteristics of the air basin over Ukraine. Examples of public monitoring organizations include SaveEcoBot, EcoCity, SaveDnipro.

The information presented on the websites of the public monitoring system contains large amount of data that are difficult to process and analyze. In order to optimize data processing, a program called PublicMonitoringParser was developed. It transforms large volumes of data presented on the Internet resource SaveEcoBot.com into compact, convenient, small files containing average monthly concentrations of pollutants and indicators of meteorological parameters. The program is written using the C# programming language and the .NET platform. The structure of the program and the principles of its operation are presented in this research.

According to the data of the website SavEcoBot.com the developed program was applied for assessment of the air basin state of Lviv Region in 2021. In general, for most substances, monitoring data were available only at the station in the city of Lviv at the following address: 13 Plastova Str. Monitoring of $PM_{2.5}$ and PM_{10} content was carried out across the whole region.

It was detected that the content of NO_2 , SO_2 , NH_3 exceeded the limit value. Significant excesses were also noted for the NH_3 content (up to 9 – 16 MPC). It was established that the location of the public monitoring station was surrounded by industrial buildings, numerous transport industry enterprises, an oil depot for OKKO gas stations and city sewage treatment facilities. A comparison of the data obtained at stationary and automated points that monitor individual pollutants showed that the results are comparable only for the NO_2 content.

Data from automated observation points complement the network of stationary points. Currently, the existing stationary network of atmospheric pollution monitoring across most regions of Ukraine is outdated and needs to be re-equipped. In general, it is necessary to further implement automated systems that are able to characterize the state of the air basin across individual populated places in a more complete and detailed manner.

Key words: automated surveillance; public monitoring; air basin, pollution.

Подання до редакції : 06. 12. 2022
Надходження остаточної версії : 17. 12. 2022
Публікація статті : 27. 12. 2022