

СТВОРЕННЯ МЕРЕЖІ ГРОМАДСЬКОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ

Голік Ю. С., Максюта Н. С.

Об'єктом дослідження є моніторинг стану забруднення атмосферного повітря агломерацій з подальшим інформуванням населення. Моніторинг стану атмосферного повітря міста має вагоме значення як на державному рівні, так і для громадськості. В даній роботі громадський моніторинг атмосферного повітря створено на прикладі міста Полтава (Україна). Створення мережі громадського моніторингу стану забруднення атмосферного повітря міста передбачає проведення незалежного спостереження за забрудненням повітря, беручи за основу постанови та інші керівні документи щодо якості атмосферного повітря. Відповідно до існуючих вимог, державний моніторинг атмосферного повітря має ряд недоліків, а саме:

– відсутність проведення моніторингу завислих речовин, в тому числі $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;

– проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря на стаціонарних постах спостереження здійснюється максимум 4 рази на добу;

– відсутність системи інформування населення щодо стану повітря в місті, в особливості забруднення $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;

– відсутність автоматизованих систем аналізу якості повітря, тобто моніторинг проводиться методом відбору проб. На відміну від проведення державного спостереження, громадський моніторинг забезпечить не лише інформування населення, його залучення до моніторингу, а і підвищить екологічну свідомість, відповідальність, та створить додатковий інструмент контролю за забрудненням повітряного середовища. Для ефективного функціонування мережі громадського моніторингу розроблено правила щодо проведення громадського контролю стану забруднення атмосферного повітря міста з описом розташування датчиків забруднень, їх роботи та основних вимог. Також розроблено сайт на основі бази даних щодо проведеного моніторингу, що відображає результати громадського моніторингу. Беручи до уваги, що якщо база даних містить дані показників встановлених датчиків (точкові виміри), то сайт для інформування населення є візуалізацією результатів контролю по всій території міста, тобто виступить моделлю розподілу забруднень в атмосферному повітрі міста.

Ключові слова: атмосферне повітря, забруднення $PM_{2,5}$ та PM_{10} , датчики виміру, сітка міста, інформування населення, мережа спостережень.

1. Вступ

Питання моніторингу та якості атмосферного повітря регламентується низкою нормативних документів та продовжує удосконалюватися. У зв'язку з

цим виникають проблеми невідповідності існуючих систем моніторингу до регламентуючих документів. Прикладом можуть виступити останні зміни в сфері моніторингу атмосферного повітря в Україні, зазначені в постанові Кабінету міністрів України від 14 серпня 2019 року №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря». Відповідно до даної постанови виявляється ряд недоліків діючої системи моніторингу, а саме:

- відсутність проведення моніторингу завислих речовин, в тому числі $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;

- відсутність даних щодо забруднення, що охоплюють всю територію міста (агломерації, відповідно до постанови), тобто наявна інформація є актуальною лише точково;

- проведення моніторингу забруднення атмосферного повітря на – стаціонарних постах спостереження здійснюється максимум 4 рази на добу;

- відсутність системи інформування населення щодо стану повітря в місті, в особливості забруднення $PM_{2,5}$ та PM_{10} ;

- відсутність автоматизованих систем аналізу якості повітря, моніторинг проводиться методом відбору проб.

Моніторинг атмосферного повітря є невід’ємною частиною політичних стратегій розвитку як окремих міст, так і країн в цілому [1, 2]. Значна частина досліджень, проведена науковцями у всьому світі, сприяє розвиткові захисту атмосферного басейну міст, визначенню впливу забруднення та підвищенню якості оточуючого середовища [3, 4]. Проте, неможливо досягнути якісного результату в екологічній сфері, якщо мова йде про урбанізоване середовище проживання, якщо не залучати громадськість. Проведення моніторингових досліджень, та інформування населення про їх результати є важливим з точки зору як науковців, так і громадськості [5].

Найбільш розповсюдженим в питанні моніторингу атмосферного повітря є використання геоінформаційних технологій та систем. Ці системи складаються з апаратного комплексу, програмного комплексу та інформаційного блоку. Проте, цілком виправданим є включення до складу компонентів геоінформаційних технологій та людей – розробників і користувачів, без яких неможливе існування останніх компонентів як системи. У цьому випадку утворюється система, що складається з п’яти компонент [6]. Більшість програмних продуктів [7–9], розроблених для моніторингу атмосферного повітря, що надають можливість візуалізації результатів спостережень, потребують велику кількість вхідних даних. Окрім точних параметрів джерел викидів, необхідно використовувати великий масив метеорологічних даних, отримати які не завжди є можливим. Також є необхідність у створенні системи інформування населення, що є легкою та швидкою у адмініструванні, та зручною та зрозумілою користувачеві. Так, наявні програмні продукти [10] направлені на вимірювання забруднень від певних джерел, або є непридатними для швидкого оперування даними.

Тому актуальним є створення системи моніторингу атмосферного повітря міста з можливістю забезпечення доступу громадськості до результатів

спостереження. Таким чином, *об'єктом дослідження* обрано моніторинг стану забруднення атмосферного повітря агломерацій з подальшим інформуванням населення (на прикладі м. Полтава, Україна). *Мета роботи* полягає в створенні мережі громадського моніторингу стану забруднення атмосферного повітря міста, та створенні сайту інформування населення, що забезпечить доступ громадськості до простих та зрозумілих карт стану забруднення атмосферного повітря міста.

2. Методика проведення досліджень

Громадський контроль за станом забруднення атмосферного повітря являє собою мережу датчиків для визначення концентрації забруднюючих речовин в повітряному басейні міст. Розташування точок вимірювання забруднень повинно бути фіксованим, але разом з тим, може оперативнo змінюватись у відповідності до поставленої задачі певного дослідження чи аналізу. Метою створення та реалізації мережі громадського контролю є проведення незалежного оцінювання якості атмосферного повітря міста з подальшим інформуванням населення щодо його результатів. Проведення даного типу моніторингу спрямоване не лише на залучення громадськості та підвищення їх екологічної свідомості, але виступає і в якості первинного аналізу стану забруднення повітря. Отримані дані можуть бути використані для надання рекомендацій щодо встановлення додаткових постів державного спостереження за якістю атмосферного повітря, а також в якості оперативного контролю для тих чи інших задач.

Враховуючи, що громадський моніторинг, як зазначено вище, є універсальним, та може бути використаний для різних задач, вимоги до встановлення датчиків спостереження є гнучкими. Для отримання загальних значень забруднення атмосферного повітря по місту, враховуючи, промислові, житлові, паркові зони міста, а також приміські території, головними рекомендаціями до встановлення датчиків є:

- встановлення на ділянках, що забезпечує відсутність застою повітряних потоків;
- встановлення на відстані 1,5, 4 чи 6 м від землі;
- встановлення на відстані 10 м від дороги з інтенсивним транспортним рухом (чи ближче, якщо необхідно визначити вплив транспорту на даній ділянці);
- на приміських територіях для визначення антропогенного впливу міського середовища.

На початку експерименту створення мережі громадського контролю для м. Полтава (Україна) була створена сітка для подальшого відображення даних розміром 7x7 комірок.

Враховуючи, що кожна комірка вміщувала значну площу територій міста, а нові датчики, потрапляючи, до комірки, де вже проводились дослідження, були б незручними для відображення та незрозумілими цільовому користувачу, було змінено розміри сітки 12x12 комірок (рис. 1).

Таке рішення дозволяє зберегти сітку на приміських територіях, для подальшого розширення мережі громадського моніторингу, а також розбиває центральну територію міста на менші комірки, що попереджує накладання

показників різних датчиків. Отже, сітка складається зі 144 комірок. Кожна комірка охоплює територію площею 1,65 км². Загальна площа міста становить 103 км², отже, 64 центральні комірки повністю покривають територію міста.

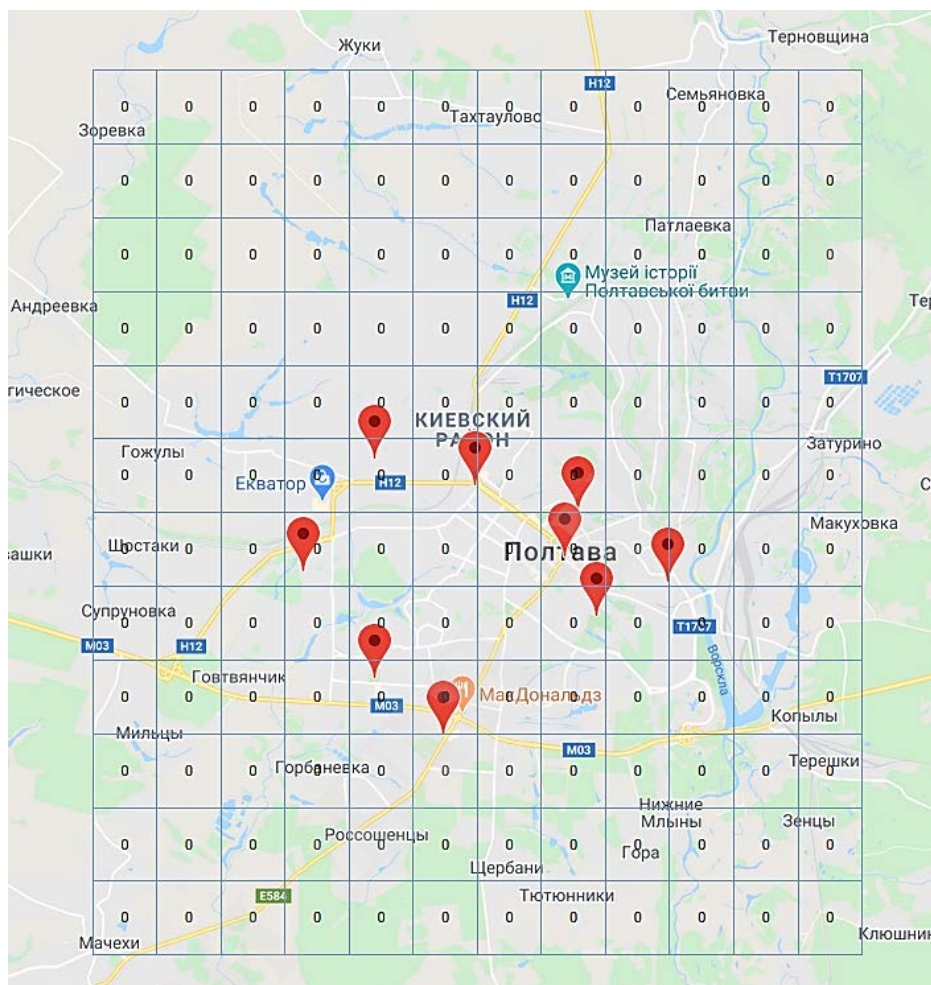


Рис. 1. Вигляд сітки громадського моніторингу

Встановлені датчики вимірюють забрудненість атмосферного повітря міста зваженими частинками PM_{2.5} та PM₁₀. Основними технічними характеристиками датчиків вимірювання зазначених забруднень є:

- принцип вимірювання – оптичний, що працює за принципом розсіяного світла;
- діапазон вимірювань (PM_{2.5}) – 0–500 мкг/м³;
- робочий температурний діапазон – (–10)…+60 °С;
- точність вимірювань – (±10) мкг/м³ в діапазоні 0–100 мкг/м³, ±10 % в діапазоні 100–500 мкг/м³;
- робочий діапазон вологості – 0–99 %.

На час експерименту встановлено 9 датчиків, що охоплюють більшу частину міста. Датчики працюють в автономному безперервному режимі, але для створення мережі інформування населення використані показники забруднення за наступні години: 00:00, 06:00, 12:00, 18:00. Також задачею візуалізації результатів громадського моніторингу на сайті інформування населення є створення моделі площинного забруднення атмосферного повітря по місту, а не відображення точкових показників датчиків.

3. Результати досліджень та обговорення

Було проведено аналіз завдання створення сайту інформування населення щодо результатів громадського моніторингу та вибір методу його рішення. У результаті аналізу предметної області було виявлено, що існує необхідність створення системи візуалізації даних, отриманих за допомогою розгорнутої мережі громадського моніторингу стану атмосферного повітря (на прикладі м. Полтава). Визначено ряд недоліків існуючих інформаційно-технічних можливостей, що не дозволяють відображати дані зазначеного вище моніторингу. Головною вимогою до візуалізації даних громадського моніторингу є зрозумілість результатів спостереження, з точки зору розбиття території міста на визначені ділянки та зазначення концентрації пилу в цих ділянках. Тобто, є необхідність створення системи візуалізації отриманих даних громадського моніторингу з точки зору їх площинного поширення, а не відображення точкового вимірювання, якими є наявні на сьогодні сайти інформування населення, що також є неінформативними, чи незручними у використанні.

Для реалізації системи сповіщення щодо моніторингу атмосферного повітря, було обрано інструмент CMS Wordpress, що є одною з найпопулярніших CMS (систем управління контентом). Система управління контентом є набором різного роду скриптів для створення, редагування та управління сайтом, на професійному жаргоні такі системи називають рушіями. Дані системи дозволяють створювати публікації, відповідають за відображення медіа елементів та розміщення віджетів.

Для розробки сайту використана тема Joints WP – пуста тема Wordpress з базовим набором функцій, яка включає в себе CSS фреймворк Foundation.

Для відображення моделі розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста використана JavaScript бібліотека GMapsTable, що ґрунтується в накладанні html об'єкту на Google карти за заданими координатами, зазвичай подібним методом накладають SVG об'єкти на Google карту. В даній бібліотеці даний метод адаптовано під накладання html таблиці для візуалізації даних. За допомогою цієї бібліотеки реалізовано вивід згрупованих даних по сітці міста, а не точкових даних.

Сам сайт представляє собою одну сторінку з даними стану рівня забруднення атмосферного повітря за день. Карта відображається на всю висоту та ширину екрану. Зліва знаходиться плаваючий сайдбар, який є основним елементом для навігації. Він має наступні елементи: таби для переключення між датчиками PM2.5 та PM10, в яких знаходяться перемикачі за кожні 6 годин даних та календар для навігації по дням. При переключенні табу та внутрішнього перемикача змінюється візуалізація даних на карті та зображення шкали забруднення для цього типу датчика.

Елементи інтерфейсу реалізовано за допомогою метабоксів. Метабокси – специфічні властивості поста, що вносяться до структури сайту, зазвичай, плагінами. Це – панелі, що містять всі необхідні елементи, які необхідні для редагування даних поста. Знаходяться вони на екранах редагування адмінпанелі, де реалізовані такі можливості, як керування сіткою, (створено 2 сітки: 7x7 та 12x12 комірок), також за

допомогою табу користувач зможе швидко перемикати між датчиками та додавати інформацію за кожні 6 годин для кожного з них. За замовчуванням ці поля будуть обов'язковими для заповнення.

Саме остання публікація буде відображатись на головній сторінці.

Для керування сайту необхідно залогінитись за адресою домена з додаванням до url /dashboard або /wp-admin чи /wp-login.php. Наприклад: <http://city-air-dust.ho.ua/dashboard>. Після авторизації відбувається перехід в CMS. Для створення публікації створюємо пост типу Maps Data. Є багато способів для створення, найбільш швидкий через топ бар адмін панелі.

На рис. 2 зображено приклад наповнення поста.

The screenshot shows the WordPress admin interface for editing a 'Maps Data' post. The post title is '19-04-2020'. The CPT is 'Maps Data'. The data size is '12x12'. The data is organized into a grid with columns for different times of day (00:00, 06:00, 12:00, 18:00) and rows for different sensors (PM2.5, PM10). The 'Publish' status is 'Published'.

00:00 Map Data					06:00 Map Data					12:00 Map Data					18:00 Map Data				
20	21	22	22		7	7	7	7		64	65	67	67		4	4	4	4	
29	36	36	28		10	12	12	9		74	80	80	73		6	7	7	6	
20	20	21	22		7	7	7	7		64	64	66	67		4	4	4	4	
23	36	24	24		7	12	8	8		69	80	70	70		5	7	5	5	
20	20	21	22		7	7	7	7		64	64	66	67		4	4	4	4	
23	12	24	24		7	3	8	8		69	60	70	70		5	3	5	5	
20	19	19	18		7	6	6	6		64	63	63	61		4	3	3	3	
12	18	18	24		3	5	5	8		60	65	65	70		3	4	4	5	
19	18	18	18		6	6	6	6		62	61	61	61		3	3	3	3	

Рис. 2. Наповнення поста змістом

В першу чергу необхідно назвати пост в форматі (d-m-y) для генерації лінку сторінки у вигляді <http://city-air-dust.ho.ua/map/07-06-2020/>. В лівому сайдабарі публікації посту змінюється дата публікації за потрібний день, таким чином визначається день, за який буде опублікований пост, що необхідно для правильного визначення рушієм самого останнього поста, на який буде здійснюватись переадресація з головної сторінки сайту. У віджеті ACF групи CPT: Maps Data обирається потрібний розмір сітки для заповнення даних. В нижній частині віджету доступні таби PM2.5 та PM10, які містять поля для заповнення інформації стосовно датчиків за кожні 6 годин. Заповнення обох табів налаштоване обов'язковим за замовчуванням. Якщо ці поля не будуть заповнені при натисканні кнопки публікації, пост не буде опубліковано, та будуть підсвічені поля, які необхідно обов'язково заповнити.

Після публікації поста, перейшовши на головну сторінку сайту, відбувається переадресація на останній пост з візуалізацією стану забруднення атмосферного повітря у зручній візуальній формі на карті. На рис. 3 зображено кінцевий результат.

Для переходу на сторінку необхідно обрати в календарі потрібну дату, та натиснути лінк «Go to», після вибору дати link поста генерується автоматично. В верхній частині календаря відображено поточну дату посту, щоб користувач розумів, за яку дату відображені дані.

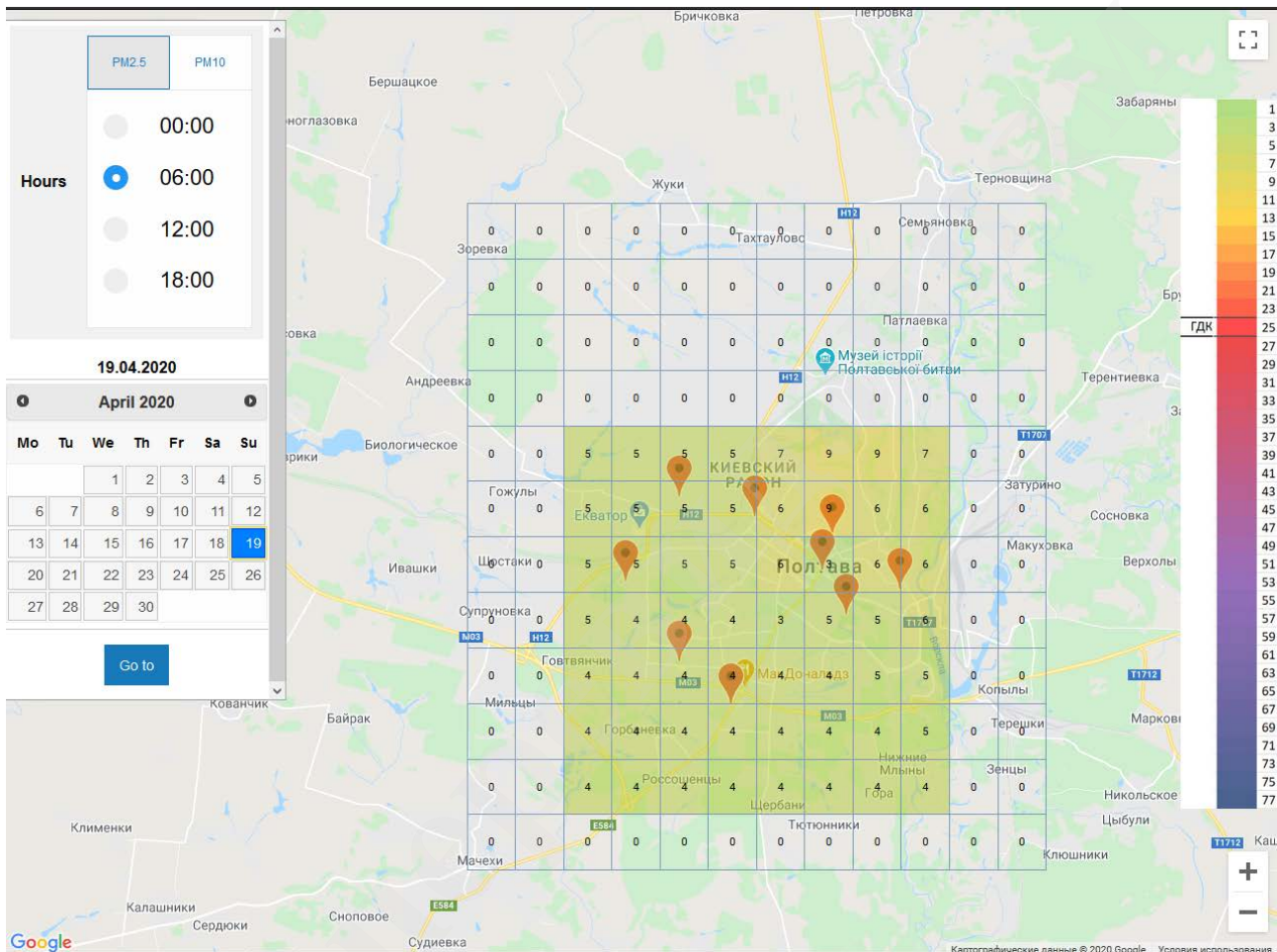


Рис. 3. Вигляд поста після публікації

Після натискання лінка Go to буде завантажено пост за інший день. Для зручності користувачів, якщо за певний день публікація спостережень відсутня, цю дату неможливо обрати в календарі.

При перемиканні між табами датчиків PM2.5 та PM10 дані на карті змінюються, та змінюється зображення шкали для цього датчика. Також при перемиканні табу дані відображаються саме за ту годину, яку було обрано останньою.

4. Висновки

В результаті дослідження встановлено, що за допомогою створення мережі громадського моніторингу атмосферного повітря можливо вирішити наступні проблематики:

– на рівні держави – допомога в імплементації програми державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря відповідно до Постанови Кабінету Міністрів про порядок здійснення моніторингу;

– на рівні підприємств – допомога в виявленні впливу викидів «сусідніх» підприємств міста;

– на рівні громадськості – допомога в наявності доступного та незалежного контролю за якістю повітря в місті, а також безпосереднє підвищення екологічної свідомості громадян міста;

– на рівні науки – допомога науковцям та іншим зацікавленим структурам в отриманні актуальної інформації щодо забрудненості атмосфери з метою подальшого аналізування, дослідження та звітності.

Задля інформування населення щодо отриманих даних реалізовано веб-сайт для публікацій результатів вимірювання рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою громадського контролю. В результаті розрахунки та аналітичні дослідження перетворюються у зрозумілі користувачеві тематичні карти забруднення атмосферного повітря міста PM_{2.5} та PM₁₀.

Література

1. Wan, K., Shackley, S., Doherty, R. M., Shi, Z., Zhang, P., Golding, N. (2020). Science-policy interplay on air pollution governance in China. *Environmental Science & Policy*, 107, 150–157. doi: <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.003>
2. Golik, Y., Illiash, O., Chuhlib, Y., Maksyuta, N. (2020). Environmental Areas of Poltava Planning Development. *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations*, 375–383. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_38
3. Payne-Sturges, D. C., Schwab, M., Buckley, T. J. (2004). Closing the research loop: a risk-based approach for communicating results of air pollution exposure studies. *Environmental Health Perspectives*, 112 (1), 28–34. doi: <http://doi.org/10.1289/ehp.6354>
4. Maksyuta, N., Golik, Y. (2019). Comparative Analysis of Pollution of Atmospheric Air in Cities (an Example of Leipzig and Poltava). *Lecture Notes in Civil Engineering*, 260–267. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_33
5. Morello-Frosch, R., Brody, J. G., Brown, P., Altman, R. G., Rudel, R. A., Pérez, C. (2009). Toxic ignorance and right-to-know in biomonitoring results communication: a survey of scientists and study participants. *Environmental Health*, 8 (1). doi: <http://doi.org/10.1186/1476-069x-8-6>
6. Pebesma, E. J. (2001). *Gstat user's manual*. Utrecht, 103.
7. Mendes, J. F. G., Silva, L. T., Ribeiro, P., Magalhães, A. (2009). An urban environmental monitoring and information system. *Air Pollution XVII*. doi: <http://doi.org/10.2495/air090101>
8. Hurley, P. J. (1999). *The air pollution model (TAPM) version 1: Technical description and examples*. Aspendale, 57.
9. Sofiev, M., Vira, J., Prank, M., Soares, J., Kouznetsov, R. (2013). An outlook of System for Integrated modeling of Atmospheric composition SILAM v.5. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*, 397–400. doi: http://doi.org/10.1007/978-94-007-5577-2_67
10. *Perelik prohramnykh produktiv v haluzi okhorony atmosfernoho povitria*. Available at: <https://menr.gov.ua/content/perelik-programnih-produktiv-v-galuzi-okhoroni-atmosfernogo-povitrya.html>