DOI: https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.3.8
УДК 551.502.6

Дворецька І.В., Савенець М.В., Надточій Л.М., Баштаннік М.П., Жемера Н.С.
Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧОЇ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЯКІСТЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В М. КИЄВІ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ВИМОГ ЄС

Робота присвячена проблемам діючої мережі спостережень за забрудненням атмосферного повітря національної гідрометеорологічної служби України в місті Києві в контексті імплементації Директив Європейського Парламенту та Ради з охорони якості атмосферного повітря. Питання удосконалення діючої системи спостережень не тільки в місті Києві, але й на всій території України, підлягає негайного вирішення в зв'язку з невідповідністю сучасним вимогам. В роботі проаналізовано діючу мережу спостережень в м. Києві та її відповідність вимогам Директив ЄС та зроблено спробу визначення основних кроків для її удосконалення та оптимізації системи вимірювань забруднення атмосферного повітря.
Ключові слова: *мережа спостережень; забруднення атмосфери; директиви ЄС; пункт спостережень; викиди.*

Актуальність теми дослідження. Проблема якості атмосферного повітря стала однією з найвідоміших екологічних проблем як для країн Європи [1,2], так і для колишнього СРСР починаючи з ранніх 1980-х років [3,4]. В основу її вирішення було покладено не тільки всебічний аналіз особливостей забруднення атмосферного повітря, а й унітарні підходи до його вимірювання, оцінки, узагальнення, а також започаткування обміну інформацією тощо. В той період почали з'являтись перші Директиви [5-7], які лягли в основу законодавства ЄС у сфері охорони якості атмосферного повітря [8,9]. В СРСР також було розроблено відповідний документ під назвою «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» РД 52.04.189-91 (РД) [10]. Як Директиви ЄС, так і РД регламентують правила проведення спостережень, вимоги до розташування пунктів тощо.

Вихідні передумови. Ще донедавна оцінка якості атмосферного повітря на території України проводилось відповідно до РД та інших нормативно-правових актів, які було розроблено багато років тому, наприклад [11-14]. Підписавши Угоду про асоціацію Україна – ЄС [15] наша держава взяла на себе зобов'язання наблизити своє законодавство у сфері охорони якості атмосферного повітря до нормативних документів ЄС шляхом імплементації положень Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. В зв'язку з цим останніми роками відбулась розробка нових нормативно-правових актів, таких як Постанова № 827 Кабінету Міністрів України «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» від 14.08.2019 р. [16], Наказ №154 МВС України «Про затвердження порядку здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі» від 28.02.2018 р. [17], Наказ № 300 МВС України «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях» від 21.04.2021 р. [18], Наказ № 72 МВС України «Про затвердження Порядку інформування населення щодо концентрацій омиш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі» від 01.02.2021 р. [19]. Проте, це тільки початковий етап, адже положення Директив ЄС передбачають зміни всієї системи проведення спостережень, в тому числі і аналіз репрезентативності пунктів спостережень з врахуванням сучасних умов. Детальніше про нормативні документи ЄС, міжнародний досвід та початкові рекомендації представлено у [20].

У зв'язку з істотним інтересом до проблем забруднення атмосферного повітря на території України не тільки наукової спільноти, але й суспільства в цілому, що пов'язано з сучасними дослідженнями щодо впливу забруднення повітря на здоров'я населення, на даний момент бурхливого розвитку набув моніторинг якості повітря муніципалітетами, науковими установами, громадськими організаціями тощо. Це, в першу чергу, привернуло увагу до репрезентативності розміщення діючих пунктів спостережень державної мережі та рекомендацій щодо її вдосконалення, а також щодо розміщення інших джерел даних (в тому числі і low-cost датчиків). У багатьох сучасних роботах містяться різноманітні підходи до створення систем моніторингу в містах і областях України, наприклад в Кам'янському

та Жовтих Водах [21], в Донецькій області [22], тощо.. Багато робіт присвячено недосконалості діючої системи спостережень та можливості її оптимізації [23, 24]. Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем розроблено системи моніторингу довкілля для Київської, Харківської, Луганської та Донецької областей, м. Нікополь Дніпропетровської області [25].

Метою дослідження є визначення чітких рекомендацій щодо удосконалення діючої мережі спостережень в місті Києві враховуючи зміну кількості пунктів відбору проб та їх розташування з виділенням додаткових пунктів для проведення спостережень відповідно до вимог Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. Необхідно відзначити, що в даній роботі мова ведеться саме про державну систему спостережень, хоча на території України загалом, як і в м. Києві зокрема, діють недержавні системи спостережень (такі як IQAir, КНУ імені Тараса Шевченка, Kyiv Smart City, SaveDnipro, ЛУН Місто тощо), а також муніципальні пункти (в м. Києві було відкрито 2 пункти спостережень КМДА). Це пов'язано з тим, що саме держава відповідає за якість повітря та її поліпшення, заходи та плани щодо управління якістю атмосферного повітря, міжнародний обмін інформацією. Тому саме державна мережа спостережень має бути удосконалена відповідно до положень Угоди про Асоціацією Україна-ЄС.

Вихідні дані та методика досліджень. При проведенні досліджень використано результати спостережень за забрудненням атмосферного повітря на 16 пунктах спостережень державної мережі, що зберігаються в архівах Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО), за період 2000 – 2019 рр. Також використано дані про обсяги викидів, що містяться на сайті Головного управління статистики в м. Києві [26], дані аерологічних спостережень Університету Вайомінг [27], а також дані супутникових знімків Landsat, що представлені у Google Earth [28]. Як методи досліджень використано статистичні та об'єктивні методи, що включають використання інформації про розміщення підприємств-забруднювачів, переважаючий напрямок вітру, аналіз житлової забудови та положення автомагістральних шляхів відповідно до пунктів спостережень, а також аналіз типів підстильної поверхні. Відповідно до отриманих результатів зроблено висновки щодо репрезентативності розміщення пунктів спостережень та розроблено рекомендації щодо удосконалення системи спостережень в м. Києві.

Виклад основного матеріалу. Проаналізувавши директиви Європейського Союзу 2004/107/ЄС [8] та 2008/50/ЄС [9], можна зробити висновки, що діюча мережа спостережень державної гідрометеорологічної служби ДСНС України, яка до сьогодні керується РД [10], не повністю відповідає європейським стандартам. Це пов'язано в першу чергу з тим, що в зв'язку з відсутністю нових пунктів спостережень вона не охоплює нові житлові забудови та підприємства, а також істотне збільшення автошляхів та автотранспорту. Крім того, мережа не містить автоматизованих станцій, що призводить до значної часової дискретності вимірювань (лише 4 строки на добу). При цьому, в зв'язку з особливостями проведення спостережень діючою мережею (в першу чергу, часом забору проби), для більшості забруднюючих речовин неможливо провести класифікацію за порогами оцінювання і визначити відповідні перевищення. Також, тверді частки вимірюються в загальній масі пилу без розподілу за розміром, що унеможливлює визначення окремо твердих часток з розмірами 10 мкм (PM_{10}) та 2.5 мкм ($PM_{2.5}$), спостереження за приземним озоном (O_3 пр.) не ведуться взагалі. Проте, правила розташування пунктів спостережень є близькими до вимог ЄС. Перевагою вимог встановлених директивами 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС, на відміну від РД є те, що кількість пунктів, в залежності від чисельності населення у містах може бути зменшена. Це може бути досягнуто двома шляхами:

1. За рахунок загального зменшення кількості пунктів відповідно до стандартів ЄС, адже згідно Директив в містах достатнім є 1 – 2 пункти спостереження в розрахунку на 250 тисяч мешканців. Згідно РД необхідно розташовувати 1 пункт спостереження на 50 тисяч мешканців.
2. За рахунок застосування додаткових методів оцінки якості атмосферного повітря (таких як, моделювання, об'єктивна оцінка, індикативні вимірювання тощо). Так, для зон та агломерацій, в яких інформація пунктів відбору проб для фіксованих

вимірювань доповнена інформацією від моделювання та інших методів оцінки, загальна кількість пунктів відбору проб може бути зменшена до 50%, за умови, що інші методи є достатніми для оцінки рівнів забруднення в просторі і часі.

Загалом, вимоги Директив значно спрощують моніторинг атмосферного повітря на території України у порівнянні із діючим РД.

Систематичні спостереження за вмістом шкідливих речовин в атмосферному повітрі міста Києва здійснюються ЦГО на 16 стаціонарних пунктах спостережень, які розміщені у 9 районах міста, з періодичністю відбору проб 6 днів на тиждень, 3 – 4 рази на добу [29]. Мережа пунктів охоплює старі промислові зони, автошляхи та житлові райони, що пояснюється часом її формування. На даний момент територія м. Києва доповнилась новими промисловими об'єктами, великими житловими масивами, а інтенсивність руху на автошляхах істотно змінилась.

Аналіз території розташування діючих пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в умовах сучасної забудови показав, що більшість пунктів можна класифікувати як «автотранспортні»/«промислові» та ті, що розташовані в межах житлових масивів.

За індексом забруднення атмосфери (ІЗА), який враховує ступінь забруднення атмосферного повітря за п'ятьма пріоритетними забруднюючими , місто Київ входить до числа міст з високим рівнем забруднення [30]. У 2019 р за середньорічними концентраціями забруднювальних речовин на 10-ти пунктах міста рівень забруднення оцінювався, як високий [31]. Найбільш забрудненими були Бессарабська та Деміївська площі (пункти №7 та №20). Найменш забрудненим (низький рівень) – проспект Науки (пункт № 5).

Обсяги викидів від пересувних джерел істотно перевищують обсяги викидів від стаціонарних (рис. 1), і, наприклад, у 2015 р. становили 84,3% від загальних [26].

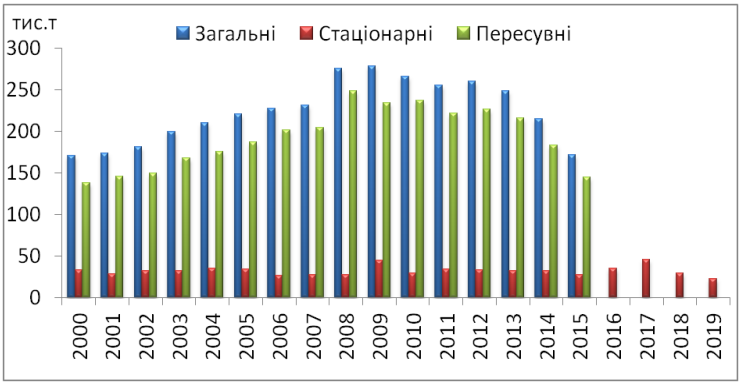

Рис.1. **Обсяги викидів забруднюючих речовин у м. Києві за 2000 – 2019 рр*.**

** з 2016 року розрахунки щодо обсягів викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел не проводились*

За структурою викидів пересувні джерела найбільше викидають оксид вуглецю (CO) та неметанові легкі органічні сполуки (NMVOCs), стаціонарні – сполуки сірки (SO_x) і азоту (NO_x) [26].

За період 2015 – 2019 рр. найбільші обсяги викидів від промислових джерел в м. Київ спостерігались в 2017 р., після чого для останніх двох років досліджуваного періоду характерне істотне падіння обсягів викидів (на 49% в 2019 р. у порівнянні з 2017 р.). В структурі викидів найбільшу частку мають NO_x та SO_x, а також суспендовані тверді частки. За останні 3 роки (2017 – 2019 рр.) найбільші обсяги викидів спостерігались у Печерському та Голосіївському районах, проте в 2019 р. найбільші обсяги викидів (45% від загальних обсягів) зафіксовано в Дніпровському районі столиці (рис. 2).

Необхідно відзначити, що аналіз забруднення Печерського району м. Києва потребує подальших досліджень, адже динаміка викидів за останні 10 років викликає великий інтерес в зв'язку з істотним збільшенням обсягів викидів в 2017 – 2018 рр., що повністю узгоджується з динамікою концентрацій на пункті № 8 (бульвар Л. Українки).

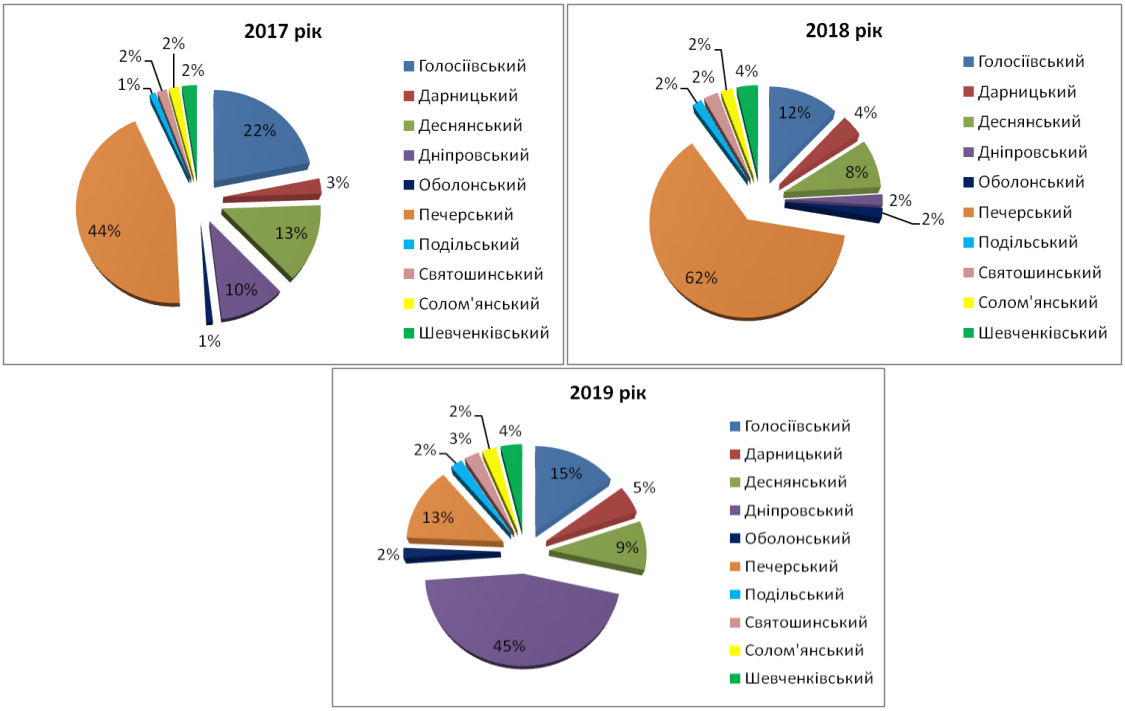

Рис. 2. **Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел емісії за районами м. Київ**

Згідно Директив ЄС мінімальна кількість пунктів відбору проб для фіксованих вимірювань концентрацій для визначення рівнів діоксиду сірки (SO_2), діоксиду азоту (NO_2) та оксидів азоту (NO_x), твердих часток (PM_{10} і $PM_{2.5}$), свинцю (Pb), бензолу (C_6H_6) і оксиду вуглецю (CO) від дифузних джерел для м. Києва становить 7 за винятком PM та 10 при вимірюванні PM при перевищенні верхнього порогу оцінювання. За відсутності перевищення верхнього порогу оцінювання, кількість пунктів спостережень становить 3 та 4 відповідно. Для важких металів за наявності перевищення верхнього порогу оцінювання кількість пунктів у м. Києві має становити 2 без вимірювань бенз(а)пірену ($C_{20}H_{12}$) та 3 з його вимірюванням. За відсутності перевищень необхідна наявність лише одного пункту спостережень. За відсутності перевищення нижнього порогу оцінювання фіксовані вимірювання можна не проводити, якщо інші методи оцінювання надають достатньо інформації для оцінки рівнів забруднення.

З усього наведеного вище зрозуміло, що для точного визначення кількості пунктів спостережень необхідним є проведення всебічних натурних вимірювань.

З метою отримання усієї необхідної інформації щодо рівнів забруднення атмосферного повітря м. Київ, необхідним є розуміння наскільки відрізняється вміст забруднюючих речовин у повітрі, що надходить зовні від того, що сформувалося в результаті викидів безпосередньо у м. Київ. Тому, для правильного розташування пунктів спостережень, обов'язковим є врахування багаторічної повторюваності напрямку вітру, що дозволить виокремити ті ділянки, які найчастіше зазнають адвекції повітряних мас без впливу викидів міста.

Аналіз повторюваності вітру проведено як за даними наземних спостережень, так і за даними радіозондування атмосфери, щоб врахувати рух повітряних мас на висотах. Необхідність врахування висотного розподілу вітру виникає через вплив підстильної поверхні, так як сила тертя повітря та перешкоди підстильної поверхні (форми рельєфу, будівлі, лісові масиви тощо) змінюють напрямок руху повітряних мас у граничному шарі атмосфери. Для того, щоб проаналізувати повторюваність напрямку вітру вище граничного шару атмосфери (зазвичай це висоти до 1.5 км (рівень стандартної ізобаричної поверхні 850 гПа), обрано ізобаричну поверхню 700 гПа, що розташована близько 3 км над підстильною поверхнею. Вже на цій висоті вплив підсильної поверхні відсутній, і напрямок вітру відображає реальний напрямок адвекції повітряних мас. Вітер у приземному шарі при цьому, буде слугувати додатковим орієнтиром щодо найчастішої

повторюваності напрямку вітру, зміненого під впливом поверхні (як в результаті повороту вітру, що описується спіраллю Екмана, так і в результаті впливу рельєфу та інших перешкод в районі м. Київ).

Найбільша повторюваність напрямку вітру на висотах належить західному напрямку, досягаючи 16% (рис.3а), що є типовим для циркуляції помірних широт. Більше 10% повторюваності вітру характерне для північно-західного та західного-північно-західного румбів. Тому, існує необхідність встановлення пунктів спостережень на заході м. Київ таким чином, щоб на захід та північний захід від них були відсутні джерела потужних викидів забруднюючих речовин. Саме такі пункти найчастіше зможуть уловлювати реальний стан забруднення повітряних мас, що надходять зовні до м. Київ. Різниця у концентраціях забруднюючих речовин таких пунктів та тих, що знаходяться в межах м. Київ дозволить визначити рівень міського забруднення та суттєво покращити якість інвентаризації викидів та порівняння модельних результатів у майбутньому.

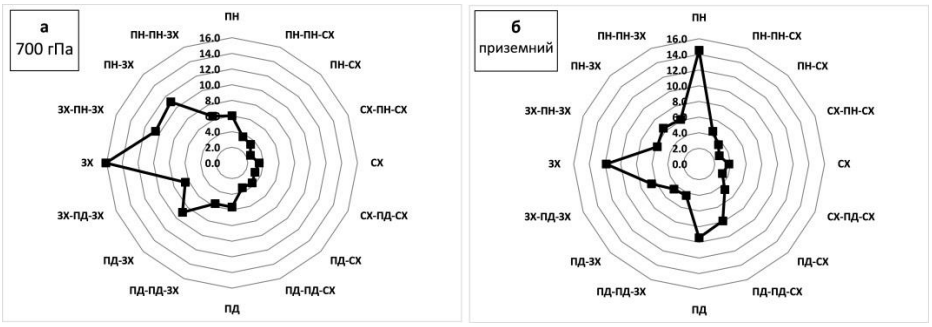

Рис. 3. **Багаторічна повторюваність (%) напрямку вітру на ізобаричному рівні 700 гПа (а) та у приземному шарі (б)**

За даними наземних спостережень, висока повторюваність характерна для північного напрямку вітру, що досягає 15% (рис. 3б). Загалом, роза вітрів для приземного шару досить сильно відрізняється від висотного розподілу вітру, що відображає значний вплив підстильної поверхні в районі м. Київ. Враховуючи подібну трансформацію поля вітру у граничному шарі атмосфери, необхідним є встановлення пунктів спостережень також і поблизу північної межі м. Київ.

Встановленню пунктів спостережень передує детальний аналіз типів підстильної поверхні та землекористування, щоб отримані дані концентрацій забруднюючих речовин були репрезентативні та не характеризувалися значним впливом мікрокліматичних особливостей місцевості. Неправильно обраний пункт відбору проб може мати абсолютне нехарактерне поле забруднення, адже такі об'єкти як парки, лісові масиви, річки, озера, житлова забудова суттєво видозмінюють розподіл мікрокліматичних характеристик та концентрацій забруднюючих речовин [32-39].

Використовуючи дані супутникових знімків Landsat,визначено основні типи підстильної поверхні м. Київ та околиць (рис. 4-5), а також проведено додатковий аналіз сучасних промислових зон та житлової забудови (рис. 4).

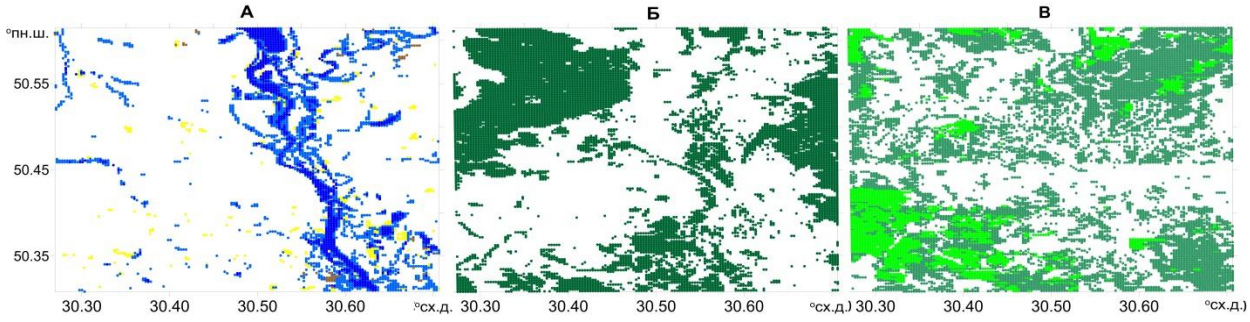

Рис. 4. **Типи підстильної поверхні та землекористування м. Києва: А – водні об'єкти болота та піщані території; Б – ліси, сквери; В – сільськогосподарські та не заліснені території**

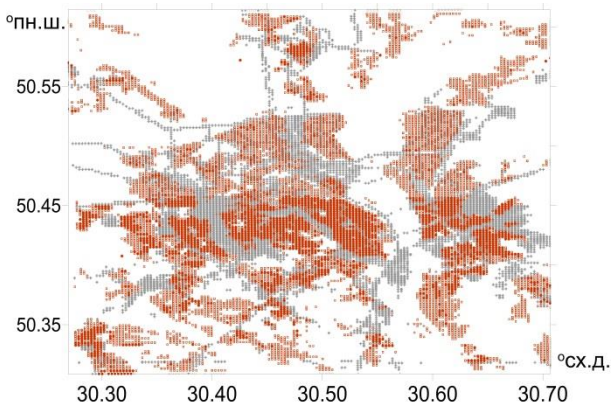

Рис. 5. **Картосхема промислових зон, мостів, шляхопроводів (сірий колір) та житлової забудови (коричневий колір)**

Пункти відбору проб для фіксованих вимірювань згідно Директив розташовуються:

- на території центральної (основної) частини міста;
- у приміських територіях – пункти спостережень розміщуються на околиці міста за межами центральної (основної) частини;
- сільських зонах – пункти розташовуються у маленьких поселеннях з природними екосистемами на відкритій місцевості на відстані не менш ніж 5 км від агломерацій або промислових ділянок.

При чому на території агломерації, згідно положень Директиви 2008/50/ЄС, 50% пунктів спостережень для вимірювання O_3 пр. повинні бути розташовані у приміських районах. Для NO_2, PM, C_6H_6 і CO обов'язково повинен бути принаймні один міський фоновий пункт в межах великих міст (фоновий рівень міста), або поза ним та один транспортний пункт, репрезентативний на ділянці вулиці довжиною не менше ніж 100м.

Керуючись зонним підходом та враховуючи вище наведені принципи і вимоги до формування мережі відбору проб на території м. Києва пропонується наступна мережа пунктів спостережень (рис. 6), що складається з 15 пунктів спостережень. Це більше ніж пропонується Директивами ЄС і пов'язано з тим, що усі дослідження проведено на основі теоретичних оцінок і не враховують натурних вимірювань. Основною ідеєю, покладеною в основу даної розробки є необхідність врахування особливостей сучасної території м. Києва: сучасні великі житлові масиви, нові промислові об'єкти, переважаючі напрямки вітрів для врахування забруднення повітря, що надходить до міста і виходить з нього.

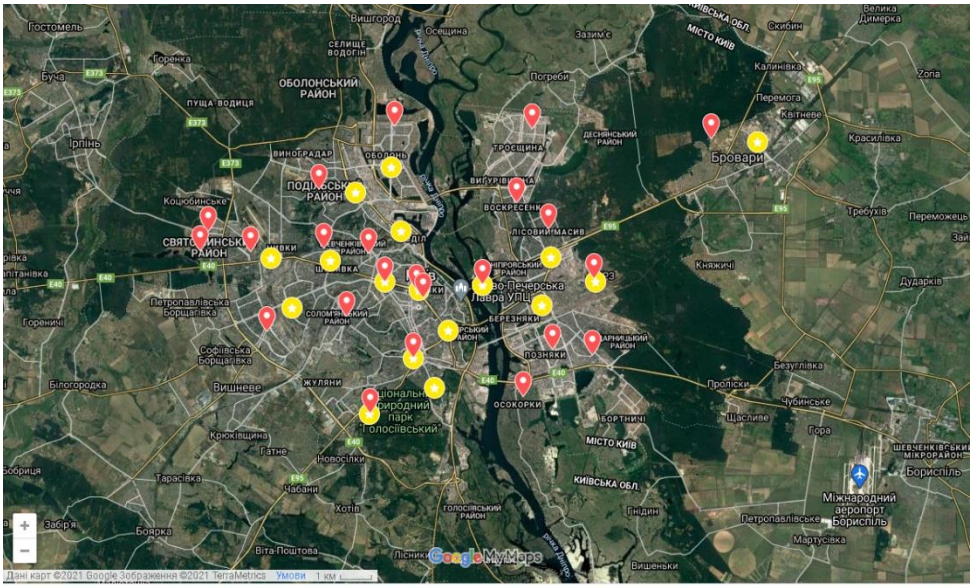

Рис. 6. **Діючі (пунсони жовтого кольору) та рекомендовані (пунсони червоного кольору) пункти спостережень**

Рекомендованих місць для розташування пункту спостережень в м. Києві достатньо багато, проте в деяких точках вони співпадають з діючими пунктами спостережень. Крім того, на один рекомендований пункт спостережень рекомендується 2–3 локації (напр. пропонується три локації для розміщення одного пункту спостереження на Лісовому масиві, Воскресенці та Троєщині) для проведення натурних досліджень і визначення конкретного місця розташування пункту. Також відмічено рекомендовану для проведення спостережень локацію за межами міста Києва в зв'язку з перенесенням забруднення від ТЕЦ-6 та ТЕЦ-5 в напрямку міста Бровари. Таким чином, рекомендованих пунктів спостережень 15, із них 5 на ділянках діючих, умови розташування яких відмічено як репрезентативні. Проте, Директивами ЄС рекомендується 7 пунктів спостережень для такого міста, як Київ, тому кількість рекомендованих пунктів може бути зменшена. Таким чином, у місті моніторинг забруднення атмосферного повітря пропонується проводити в межах адміністративних районів на 15 стаціонарних пунктах.

В центральній частині міста на Правобережжі, де відмічається найбільш забруднене повітря, і на його околицях (приміських територіях) стаціонарні вимірювання слід проводити:

- на території Печерського району в центрі міста, що відноситься до зони “кліматичних максимумів” приземних концентрацій (Бессарабська площа, бульвар Л. Українки), **пункт №1.** Діючі пункти №7 і №8, не забезпечують репрезентативність даних, зокрема пункт №7 знаходиться на тротуарі і часто фіксує максимальні концентрації у періоди заторів на прилеглій вулиці;
- на території Шевченківського району в центральній щільно заселеній частині (Лук’янівка, район м. Шулявка), південній (площа Перемоги), **пункт №2;** діючі пункти №2, №6 репрезентативні щодо автотранспорту;
- на території Подільського району в житловому кварталі південно-східної частині, або в центральній частині (Куренівка), **пункт №3.** Діючі пункти №10 №21;
- на території Голосіївського району в центральній пониженій частині в межах селітебної зони, що знаходиться під впливом промислових і автотранспортних викидів ЗР та в зоні відпочинку Національного комплексу «Експоцентр України» на ділянках діючих пунктів № 13, 20, **пункт №5, №6).** Діючий пост №5 на південно-східній околиці (Багринова Гора), відноситься до категорії не визначених пунктів і характеризує зону незначного забруднення;
- на території Дніпровського району лівобережної частини міста на території діючих пунктів, в зоні відпочинку Гідропарку, **пункт № 14** та в південній частині району (на території Старої Дарниці), **пункт № 15.** Діючі пункти №3, №4, №15. Пункт №3, що знаходиться на території інституту санепідемстанції не репрезентативний щодо місця його розташування (знаходиться в захищеному місці та в аеродинамічній тіні висотної будівлі).

Організувати спостереження за якістю атмосферного повітря на території районів, де моніторинг відсутній, які зазнають значного навантаження в основному від викидів пересувних джерел, а в районах Лівобережжя – від потужних промислових підприємств:

- на території Солом’янського району в центральній на території житлових масивів Першотравневий, Чоколівський, Солом’янка, **пункт №4.** Діючий пункт №1 знаходиться на межі Святошинського і Солом’янського районів;
- на території Святошинського району в центральній частині, що знаходиться під впливом значних викидів автотранспорту і багатьох промислових підприємств**, пункт №7** та в межах західної приміської зони (на території житлових масивів Борщагівки, Новобіличі, Біличі, **пункт № 8.** Діючий пункт №11 автотранспортний і характеризує рівень забруднення території,що максимально наближена до автомагістралі (проспект Перемоги);
- на території Оболонського району, яка відноситься до приміської зони, на північній окраїні житлового масиву Оболонь, **пункт № 9,** який одночасно буде визначати фоновий рівень забруднення, як навітряний по відношенню до переважаючого З-Пн переносу, з метою визначення динаміки загальноміського забруднення атмосферного повітря. За багаторічними даними і за останній період 2000-2015рр. ймовірність таких

напрямків вітру у місті найбільша і становить близько 50% за рік. Діючий пункт №17 втратив репрезентативність щодо його розташування у зв'язку з інтенсивною забудовою району;

- на території Деснянського району на Лівобережжі Дніпра у північно-східній приміській зоні в межах житлового масиву Троєщина, що знаходиться в зоні впливу потужної ТЕЦ-6, в південній частині району в межах житлового Лісового масиву, Воскресенки, що знаходяться в зоні впливу ТЕЦ-6 і підприємства енергетики ДАРтеплоцентраль, **пункт №10** та з врахування переважаючого З-ПнЗ напряму вітру у сільській околиці на сході району на відстані не ближче 5км від ТЕЦ-6, **пункт №11**;
- у Дарницькому районі – на території масивів Позняки, Харківський, Осокорки, які знаходяться під впливом потужного сміттєспалювального підприємств Енергія, ТЕЦ-5 та викидів автотранспорту, **пункт №12** та у південно-східній околиці Харківського масиву фоновий пункт при Пд, повторюваність якого в окремі місяці досягає 20-25%, і забрудненому при З-Пн переносу під впливом загальноміського факелу, **пункт №13.**

Необхідно відзначити, що при застосуванні інших (крім фіксованих) методів оцінювання, основним з яких має стати моделювання, кількість пунктів спостережень може бути зменшена.

Такий перелік рекомендованих пунктів спостережень є попереднім і заснованим лише на теоретичних даних. Для отримання остаточного переліку рекомендованих пунктів спостережень необхідним є проведення всебічного аналізу просторового розподілу забруднюючих речовин з використанням натурних вимірювань під методичним керівництвом ЦГО. Тільки після їх проведення є можливим уточнення даного переліку і прийняття остаточного рішення про розміщення приладів для вимірювання.

Висновки. В результаті досліджень визначено, що мережа спостережень за забрудненням атмосферного повітря в м. Київ не повністю відповідає вимогам нормативних документів ЄС, що пов'язано з більшою загальною кількістю пунктів спостережень та відсутністю репрезентативності розташування багатьох з них. Ці недоліки більшою мірою є результатом застарілості державної системи спостережень, що не враховує сучасних технологій та особливостей розвитку міста. Для визначення місць, які можуть бути рекомендовані для розташування пунктів спостережень проведено повний аналіз території м. Києва з врахуванням діючих пунктів спостережень, типів підстильної поверхні, метеорологічних та кліматичних умов, обсягів викидів, наявності або відсутності нової житлової забудови, промислових зон тощо. Визначено перелік з 15 локацій, що можуть бути рекомендовані для проведення спостережень.

Подяки. Дослідження частково виконано в межах виконання проекту: № держ.реєстрації 0118U001804 «Інформаційні технології супутникового моніторингу в задачах ERA-PLANET» за цільовою програмою НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт-2020 ERA-PLANET» (ERA-PLANET/UA) [40].

Список літератури

1. *Monks, P. S., Ravishankara, A. R., von Schneidemesser, E., Sommariva, R.* Papers that shaped tropospheric chemistry, *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2021. Vol. 21. P. 12909–12948, https://doi.org/10.5194/acp-21-12909-2021.

2. *Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A.* The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*. 2015. Vol. 525. P. 367–371, https://doi.org/10.1038/nature15371.

3. *Елекоева Л.И.* Прогноз загрязнения атмосферы с использованием преобразованных предикторов. *Труды ГГО*. 1987. Вып.511. С. 124–130.

4. *Маренко А. Н., Семенова А. П., Козленко Т. В.* О характеристике условий рассеяния примесей по данным о турбулентном обмене на территории Украины. *Труды УкрНИГМИ*. 1991. Вып. 241. С. 24–33.

5. Convention on long-range transboundary air pollution — Resolution on long-range transboundary air pollution. 1981. OJ L 171. P. 13-24

6. Council Directive 80/779/EEC of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates. 1980. OJ L 229. P. 30–48.

7. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. 1996. OJ L 296. P. 55–63.

8. ДИРЕКТИВА 2004/107/ЄС ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 15 грудня 2004 року щодо миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів у навколишньому повітрі. Офіційний переклад. Офіційний вісник Європейського Союзу. 2005.16 с.

9. ДИРЕКТИВА 2008/50/ЄС ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. Офіційний переклад. Офіційний вісник Європейського Союзу. 2008. 44 с.

10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.189-91. М. 1991. 605с.

11. Закон України від 18 лютого 1999 № 443-XIV. Про гідрометеорологічну діяльність. Дата оновлення: 16.10.2020. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14 (Дата звернення: 22.11.2020)

12. Постанова Кабінету Міністрів України від 16.05.2001 №528 «Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998р. № 391» URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/528-2001-%D0%BF (Дата звернення: 22.11.2021)

13. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля». Дата оновлення: 08.09.2021. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF (Дата звернення: 20.10.2021)

14. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.03.1999р. № 343 «Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» Дата оновлення: 05.09.2019. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF (Дата звернення: 22.11.2021)

15. УГОДА ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Документ 984_011, поточна редакція від 30.11.2015 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (Дата звернення: 12.01.2022).

16. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. №827. «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text (Дата звернення: 07.05.2022)

17. Наказ МВС України від 28.02.2018 р. № 154 Про затвердження порядку здійснення моніторингу за вмістом миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-18#Text (Дата звернення: 07.05.2022)

18. Наказ МВС України від 21.04.2021 р. № 300 «Про затвердження Порядку розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в зонах та агломераціях». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#Text (Дата звернення: 07.05.2022).

19. Наказ МВС України від 01.02.2021 р. № 72 «Про затвердження Порядку інформування населення щодо концентрацій миш'яку, кадмію, ртуті, нікелю та поліциклічних ароматичних вуглеводнів в атмосферному повітрі». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0381-21 (Дата звернення: 07.05.2022).

20. *Баштаннік М.П., Дворецька І.В., Онос Л.М., Савенець М.В.* Основні засади виділення зон якості атмосферного повітря на території України та їх класифікація згідно з вимогами Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 123–137

21. *Копач П.І., Данько Т.Т.* Обгрунтування вибору місць розташування постів міської системи спостереження за станом навколишнього середовища. *Екологія і природокористування*. 2013. Вип. 16. С.235-244

22. *Натрус С.П., Стригіна М.В.* Забруднення атмосферного повітря та розвиток системи моніторингу у Донецькій області. *Матеріали науково-практичної конференції III екологічного форуму «Екологія промислового регіону»*. Слов'янськ: ФОП Бутко В.І. 2018. С.5-8

23.*Федонюк М.А.* До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря [Електронний ресурс]//Державне управління: удосконалення та розвиток: електронне наукове фахове видання. 2013. № 2. Режим доступу: http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541

24. *Бахарєв В.С.* Недосконаліть існуючої системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на рівні урбосистеми:причини, наслідки, шляхи вдосконалення. *Вісник КрНУ ім.Михайла Остроградського*. Вип. 5/2016 (100). С.76-81

25. Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Офіційний сайт. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/

26. Головне управління статистики у м. Києві. URL: http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=255&lang=1 (Дата звернення: 07.05.2022)

27. Atmospheric Soundings. University of Wyoming. URL: https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html (Дата звернення: 15.06.2022)

28. Google Earth Pro, V 7.3.2.5776, Image Landsat/Copernicus, Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image IBCAO, March 5, 2019. URL: https://www.google.com/earth/ (Дата звернення: 15.06.2022).

29. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м.Києві. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. URL: http://cgo-

sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=lsza&f=lsza (Дата звернення: 07.05.2021)

30. Про стан забруднення атмосферного повітря у м. Києві і Київській області. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. URL: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv (Дата звернення: 07.05.2021).

31. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Атмосферне повітря. Звіти. URL: https://menr.gov.ua/timeline/?t=569&th=0&m=2&g=569&from=&till= (Дата звернення: 07.05.2022)

32. *Adair, D., Jaeger, M.* Evaluation of Model for Air Pollution in the Vicinity of Roadside Solid Barriers. *Energy and Environmental Engineering*. 2014. Vol. 2. No.7. P. 145-152 http://dx.doi.org/10.13189/eee.2014.020702

33. *Kang, G., Kim, J.-J., Choi, W.* Computational Fluid Dynamics Simulation of Tree Effects on Pedestrian Wind Comfort in an Urban Area. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 56, 102086. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102086

34. *Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D.* Water Bodies an Urban Microclimate: A Review. *Modern Applied Science*. 2015. Vol. 9, No. 6. P.1-12. http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n6p1

35. Moradpour, M., Hosseini, V. An investigation into the effects of green space on air quality of an urban area using CFD modeling. *Urban Climate*. 2020. Vol. 34, 100686. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100686

36. *Mostofa, T., Manteghi, G.* Influential Factors of Water Body to Enhance the Urban Cooling Islands (UCIs): A Review. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 11, No. 2. P.1-12. http://dx.doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.27

37. *Taleghani, M., Clark, A., Swan, W., Mohegh, A.* Air pollution in a microclimate; the impact of different green barriers on the dispersion. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 711, 134649. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134649

38. *Viippola, V., Yli-Pelkonen, V., Jarvi, L., Kulmala, M., Setala, H.* Effects of forests on particle number concentrations in near-road environments across three geographic regions. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 266. Part 2, 115294. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115294

39. *Yli-Pelkonen, V., Viippola, V., Kotze, J., Setala, H.* Impacts of urban roadside forest patches on NO_2 concentrations. *Atmospheric Environment*. 2020. Vol. 232, 117584. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117584

40. Звіт про НДР «Інформаційні технології супутникового моніторингу в задачах ERA-PLANET» цільової програми НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт-2020 ERA-PLANET» (ERA-PLANET/UA)/ Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України; керівн. Н.Куссуль. Київ.2018. 163 с.

References

1. *Monks, P. S., Ravishankara, A. R., von Schneidemesser, E., Sommariva, R.* Papers that shaped tropospheric chemistry, *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2021. Vol. 21. P. 12909–12948, https://doi.org/10.5194/acp-21-12909-2021.

2. *Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A.* The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*. 2015. Vol. 525. P. 367–371, https://doi.org/10.1038/nature15371.

3. *Elekoeva L.I.* Prognoz zahriaznenia atmosfery s ispolzovaniem preobrazovanyh predictorov. [The forecast of atmospheric air pollution using transformed predictors]. Trudy GGO. 1987. Vol. 511. P. 124–130.

4. *Marenko A.N., Semenova A.P., Kozlenko T.V.* O haracteristike usloviy rasseivania primesei po dannym o turbulentnom obmene na territorii Ukrainy [The characteristics of conditions for pollutants' dispersion based on the turbulence exchange data over Ukrainian territory]. Trydu UkrNIGMI. 1991. Vol. 241. P. 24–33.

5. Convention on long-range transboundary air pollution — Resolution on long-range transboundary air pollution. 1981. OJ L 171. P. 13-24

6. Council Directive 80/779/EEC of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates. 1980. OJ L 229. P. 30–48.

7. Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. 1996. OJ L 296. P. 55–63.

8. DYREKTYVA 2004/107/YeS YeVROPEISKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 15 hrudnia 2004 roku shchodo myshiaku, kadmiiu, rtuti, nikeliu ta politsyklichnykh aromatychnykh vuhlevodniv u navkolyshnomu povitri. [Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air] Ofitsiinyi pereklad. Ofitsiinyi visnyk Yevropeiskoho Soiuzu. 2005. 16 s.

9. DYREKTYVA 2008/50/YeS YeVROPEISKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 21 travnia 2008 roku pro yakist atmosfernoho povitria ta chystishe povitria dlia Yevropy [Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe]. Ofitsiinyi pereklad. Ofitsiinyi visnyk Yevropeiskoho Soiuzu. 2008. 44 s.

10. Rukovodstvo po kontrolju zagrjaznenija atmosfery [Guidelines for the Control of Atmospheric Pollution]. RD 52.04.189-91 M., 1991. 605s.

11. Zakon Ukrainy pro hidrometeorolohichnu diialnist [Law of Ukraine On Hydro-Meteorological Activity] vid 18 liutoho 1999 № 443-XIV. Data onovlennia: 16.10.2020. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/443-14

12. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 16.05.2001r. №528 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on May 16, 2001 № 528]. Pro vnesennia zmin do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 bereznia 1998r. № 391 URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/528-2001-%D0%BF

13. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30.03.1998r. № 391 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on March 30, 1998 № 391]. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkillia.. Data onovlennia: 08.09.2021. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF

14. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 09.03.1999r. № 343 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on March 9, 1999 № 343]. Pro zatverdzhennia Poriadku orhanizatsii ta provedennia monitorynhu v haluzi okhorony atmosfernoho povitria. Data onovlennia: 05.09.2019. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/343-99-%D0%BF

15. Ugoda pro associaciyu mizh Ukrainoyu, z odnieyi storony, ta Yevropeyskim Soyuzom, Yevropeyskim spivtovarystvom z atomnoyi energiyi i yihnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoyi storony. [ASSOCIATION AGREEMENT between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part] № 984_011 on 30.11.2015 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text

16. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14 serpnia 2019 r. №827. [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on August 14, 2019 № 827].Deiaki pytannia zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu v haluzi okhorony atmosfernoho povitria». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text

17. Nakaz MVS Ukrainy vid 28.02.2018 r. № 154 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine] Pro zatverdzhennia poriadku zdiisnennia monitorynhu za vmistom myshiaku, kadmiiu, rtuti, nikeliu ta politsyklichnykh aromatychnykh vuhlevodniv v atmosfernomu povitri. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0351-18#Text

18. Nakaz MVS Ukrainy vid 21.04.2021 r. № 300 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. Pro zatverdzhennia Poriadky rozmishchennia punktiv sposterezhen' za zabrudnenniam atmosfernogo povitrya v zonah ta aglomeraciyah. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0635-21#Text

19. Nakaz MVS Ukrainy vid 01.02.2021 r. № 72 300 [Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine]. Pro zatverdzhennia Poriadky informyvannia naselennia shchodo koncentraciy myshiaky, kadmiyu, rtuti, nicely ta policyclichnyh aromatychnyh vuglevodniv v atmosfernomy povitri. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0381-21 (Дата звернення: 07.05.2022).

20.*Bashtannik M.P., Dvoretska I.V., Onos L.M., Savenets M.V.* Osnovni zasady vydilennia zon iakosti atmosfernoho povitria na terytorii Ukrainy ta ikh klasyfikatsiia zghidno z vymohamy Dyrektyv 2004/107/YeS ta 2008/50/YeS. [Basic principles of air quality zone's establishment in Ukraine according to the Directive 2004/107/EC and 2008/50/EC]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 2016. Vyp. 269. S. 123–137

21. *Kopach P.I., Dan'ko T.T.* Obhruntuvannia vyboru mists roztashuvannia postiv miskoi systemy sposterezhennia za stanom navkolyshnoho seredovyshcha [Ground location city post surveillance system of the environment]. *Ekolohiia i pryrodokorystuvannia*. 2013. Vyp.16. S.235-244

22. *Natrus S.P., Stryhina M.V.* Zabrudnennia atmosfernoho povitria ta rozvytok systemy monitorynhu u Donetskii oblasti [Atmospheric air pollution and development of the monitoring system in the Donetsk region]. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii III ekolohichnoho forumu «Ekolohiia promyslovoho rehionu»*. Sloviansk: FOP Butko V.I. 2018. S.5-8

23. *Fedoniuk M.A.* Do pytannia udoskonalennia systemy derzhavnoho ekolohichnoho monitorynhu stanu atmosfernoho povitria [To the question of the improvement of the state environmental monitoring of air condition]. Elektronnyi resurs//*Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok: elektronne naukove fakhove vydannia*. 2013. № 2. URL: http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541

24. *Bakhariev V.S.* Nedoskonalist isnuiuchoi systemy ekolohichnoho monitorynhu atmosfernoho povitria na rivni urbosystemy:prychyny, naslidky, shliakhy vdoskonalennia [He imperfection of the existing system of atmospheric air ecological monitoring at the level of urbosystem: causes, consequences, ways of improving]. *Visnyk KrNU im. Mykhaila Ostrohradskoho*. Vyp. 5/2016 (100). S.76-81

25. Naukovo-doslidna ustanova «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut ekolohichnykh problem». [Scientific research institution Ukrainian scientific research institute of ecological problems] Ofitsiinyi sait. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/

26. Holovne upravlinnia statystyky u m. Kyiv [Main department of statistics in Kyiv]. URL: http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=255&lang=1

27. Atmospheric Soundings. University of Wyoming. URL: https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html (Дата звернення: 15.06.2022)

28. Google Earth Pro, V 7.3.2.5776, Image Landsat/Copernicus, Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image IBCAO, March 5, 2019. URL: https://www.google.com/earth/ (Дата звернення: 15.06.2022).

29. Sposterezhzhennia za zabrudnenniam atmosfernogo povitria. Tsentralna heofizychna observatoriia im. Borysa Sreznevskoho [Monitoring for atmospheric air pollution. CENTRAL GEOPHYSICAL OBSERVATORY named after Boris Sreznevsky]. URL: http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/

30. Pro stan zabrydnennia atmosfernogo povitria u m. Kyyevi ta Kyyevskiy oblasti. Tsentralna heofizychna observatoriia im. Borysa Sreznevskoho. [Towards the state of atmospheric air pollution in Kyiv and Kyiv region. Central Geophysical Observatory named after Boris Sreznevsky] URL: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=k_zabrud&f=kyiv.

31. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Atmosferne povitria. [Ministry of ecology and natural resources of Ukraine. Air pollution] Zvity. URL: https://menr.gov.ua/timeline/?t=569&th=0&m=2&g=569&from=&till=

32. Adair, D., Jaeger, M. Evaluation of Model for Air Pollution in the Vicinity of Roadside Solid Barriers. *Energy and Environmental Engineering*. 2014. Vol. 2. No.7. P. 145-152 http://dx.doi.org/10.13189/eee.2014.020702

33. *Kang, G., Kim, J.-J., Choi, W.* Computational Fluid Dynamics Simulation of Tree Effects on Pedestrian Wind Comfort in an Urban Area. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 56, 102086. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102086

34. *Manteghi, G., Lamit, H., Remaz, D.* Water Bodies an Urban Microclimate: A Review. *Modern Applied Science*. 2015. Vol. 9, No. 6. P.1-12. http://dx.doi.org/10.5539/mas.v9n6p1

35. *Moradpour, M., Hosseini, V.* An investigation into the effects of green space on air quality of an urban area using CFD modeling. *Urban Climate*. 2020. Vol. 34, 100686. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100686

36. *Mostofa, T., Manteghi, G.* Influential Factors of Water Body to Enhance the Urban Cooling Islands (UCIs): A Review. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 11, No. 2. P.1-12. http://dx.doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.27

37. *Taleghani, M., Clark, A., Swan, W., Mohegh, A.* Air pollution in a microclimate; the impact of different green barriers on the dispersion. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 711, 134649. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134649

38. *Viippola, V., Yli-Pelkonen, V., Jarvi, L., Kulmala, M., Setala, H.* Effects of forests on particle number concentrations in near-road environments across three geographic regions. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 266. Part 2, 115294. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115294

39. *Yli-Pelkonen, V., Viippola, V., Kotze, J., Setala, H.* Impacts of urban roadside forest patches on NO_2 concentrations. *Atmospheric Environment*. 2020. Vol. 232, 117584. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117584

40. Zvit pro NDR «Informatsiini tekhnolohii suputnykovoho monitorynhu v zadachakh ERA-PLANET» [Information technology of satellite monitoring for ERA-PLANET tasks] tsilovoi prohramy NAN Ukrainy «Aerokosmichni sposterezhennia dovkillia v interesakh staloho rozvytku ta bezpeky yak natsionalnyi sehment proektu Horyzont-2020 ERA PLANET» (ERA-PLANET/UA)/ Instytut kosmichnykh doslidzhen NAN Ukrainy ta DKA Ukrainy; kerivn. N. Kussul. Kyiv.2018. 163 s.

Improvement of the current system for atmospheric air quality monitoring in Kyiv according to the EU requirements

Dvoretska I.V., Savenets M.V., Nadtochii L.M., Bashtannik M.P., Zhemera N.S.

The paper is dedicated to the problems of the current system for atmospheric air quality monitoring which is operated by the national hydrometeorological service of Ukraine in Kyiv. The problems are discussed in the context of implementing the Directives of the European Parliament and the Council on ambient air quality. The improvement of the current monitoring system needs immediate solutions due to the nonconformity to modern requirements not only in Kyiv, but also on the entire Ukrainian territory. The study makes an attempt to define the main steps of network improvement and the optimization of air pollution measurement network using air pollution data from the archives of the Central Geophysical Observatory, pollutants' emission, land-use/land cover and meteorological data for 2000-2019. We discuss main EU requirements for monitoring sites' location, atmospheric air pollution and emission data. The analysis showed the necessity for preliminary urban field measurements before the establishment of monitoring sites. Depending on the wind regime, the new measurement network must take into account the prevailing synoptic processes for future understanding how air pollution is transported towards and outwards the urban area. Land-use/ land cover data derived from the Landsat allowed distinguishing residential areas, industrial zones, main roads, water bodies and green areas which is crucial for the selection of suitable places for monitoring sites. Using mentioned principles and requirements, we propose 15 monitoring sites for the improved air quality network in Kyiv. This number of sites are greater than EU Directives claimed because conclusions were made on theoretical estimations without field measurements. The presented list of the monitoring sites needs additional analysis of spatio-temporal pollutants' distribution in combination with atmospheric modelling. However, the analysis considers actual residential areas and emission sources in the background of the modern wind regime in Kyiv.

Keywords: monitoring network; air pollution; EU Directives; monitoring site; emissions

Надійшла до редколегії 04.08.2022