

## ДО ПИТАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИМОГ ДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПОСТІВ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ УРБОСИСТЕМ

О. Л. Корцова, І. О. Солошич, В. С. Бахарєв

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ORCID: 0000-0002-8101-322X; 0000-0002-8842-5120; 0000-0001-9312-654X

Подано результати теоретичних та аналітично-розрахункових досліджень щодо обґрунтування місця розташування автоматичного стаціонарного посту постійного контролю (ППК) в зоні ймовірного впливу промислового підприємства ПрАТ «Кривий Ріг Цемент», м. Кривий Ріг з визначенням очікуваного внеску даного об'єкта у загальний рівень забруднення атмосферного повітря. Визначено комплекс показників та характеристик, що впливають на процеси формування забруднення атмосферного повітря в зоні ймовірного негативного впливу промислового об'єкту. Деталізовано умови розташування ППК саме для умов техногенно навантажених урбосистем. На цій основі встановлено пріоритетне місце встановлення стаціонарного автоматизованого посту постійного контролю і спостереження за забрудненням атмосферного повітря в зоні впливу промислового підприємства ПрАТ «Кривий Ріг Цемент», м. Кривий Ріг. Виконано розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в приземному прошарку атмосфери з використанням програмного комплексу «ЕОЛ+» з метою визначення очікуваного рівня концентрацій поллютантів, що присутні у викидах об'єкту саме у визначеній точці розташування ППК, а також – на межі СЗЗ для визначення очікуваного ймовірного максимального внеску даного об'єкта у загальний рівень забруднення атмосферного повітря. Максимальні очікувані розрахункові значення приземних концентрацій в точці розташування ППК складають: від 0,01 для діоксиду сірки до 0,21 ГДКм.р. для групи сумарії № 31. Результати роботи практично впроваджено, ППК встановлено та успішно працює, про це свідчать дані міського web-порталу «Екомоніторинг» м. Кривий Ріг – <https://www.krmisto.gov.ua/ua/rc/ecomon.html>. Соціальне значення проведених досліджень полягає як в участі промислового об'єкту в системі автоматизованих спостережень та оцінювання якості атмосферного повітря, так і в інформуванні мешканців техногенно навантажених урбосистем з питань стану довкілля.

**Ключові слова:** атмосферне повітря, забруднення, моніторинг, оцінювання впливу, урбосистема, техногенне навантаження, пост, контроль.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Питання організації, технічного забезпечення та підвищення ефективності систем екологічного моніторингу атмосферного повітря є актуальними протягом останніх років [1–3]. На сьогодні в Україні діє державна система моніторингу атмосферного повітря, суб'єкти якої сумлінно виконують поставлені перед ними завдання та знаходяться в стадії реформування. Між тим питання недосконалостей в організації даної системи, технічному забезпеченні процесу спостережень, її імплементації до вимог європейських директивних документів останнім стають усе більш актуальними [4]. Особливого занепокоєння викликає стан системи оцінювання якості атмосферного повітря в техногенно навантажених урбанізованих регіонах. Це обумовлено рядом чинників: відсутністю концептуального підходу до організації спостережень та розробки завдань системи моніторингу, техноцентричною діючих керівних документів в сфері контролю за якістю атмосферного повітря, неузгодженістю дій між суб'єктами системи спостережень, недостатньою інституціональною підтримкою прийняття управлінських рішень за результатами роботи системи спостережень [5–7]. Частково це зумовлено тим, що в процесах реформування структури державної влади в Україні шляхом децентралізації все більшої ролі набувають аспекти забезпеченості оперативною інформацією про стан компонентів довкілля, саме на рівні техногенно навантажених урбосистем (муніципальному рівні). Адже у переважній більшості країн ЄС питання довкілля є сферою зобов'язань муніципальної влади. При цьому існування систем окремо державного і муніципального

моніторингу довкілля закріплено в цих країнах на законодавчому рівні. Фактично, в Україні процеси децентралізації вже запущені, і муніципальна влада, місцеві ради народних депутатів беруть на себе відповідальність перед громадою за стан компонентів довкілля в межах муніципалітету, територіально-об'єднання. За таких умов створення дієвих муніципальних систем моніторингу, у тому числі атмосферного повітря, максимально інтегрованих із завданнями діючих суб'єктів державної системи є питанням найближчого майбутнього для нашої країни [8].

В таких умовах особливого значення набуває участь приватних потужних промислових об'єктів у формуванні муніципальних автоматизованих сучасних систем екологічного моніторингу. Ініціативність та економічні витрати підприємств при цьому частково компенсуються підвищенням рівня довіри громади техногенно навантаженого міста щодо їх поінформованості з питань стану компонентів довкілля, у тому числі атмосферного повітря. Однак достовірність інформації моніторингових систем якості атмосферного повітря в першу чергу залежить від об'єктивності вибору місця розташування посту контролю (спостережень), а по друге – від встановлення очікуваного ймовірного внеску кожного з об'єктів негативного впливу в загальний рівень забруднення атмосферного повітря урбосистеми.

Отже метою даної роботи є проведення теоретичних та аналітично-розрахункових досліджень щодо обґрунтування місця розташування автоматичного стаціонарного посту постійного контролю (ППК) в

зоні ймовірного впливу промислового підприємства ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» (надалі «об'єкт»), м. Кривий Ріг (до 2020 року – ПрАТ «Хайдельберг-Цемент Україна») з визначенням очікуваного внеску даного об'єкта у загальний рівень техногенного забруднення атмосферного повітря.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати такі завдання:

- обґрунтувати пріоритетне місце встановлення стаціонарного автоматизованого посту постійного контролю і спостереження за забрудненням атмосферного повітря в зоні впливу об'єкта;

- провести розрахунок розсіювання забруднюючих речовин з визначенням максимальних концентрацій в пріоритетній точці встановлення стаціонарного автоматизованого посту для визначення очікуваного ймовірного максимального внеску даного об'єкта у загальний рівень забруднення атмосферного повітря.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Для обґрунтування внеску певного об'єкта негативного впливу в загальний рівень екологічного небезпеки, що пов'язана із забрудненням атмосферного повітря має бути розв'язано задачу вибору місця розташування стаціонарного автоматизованого посту постійного контролю (ППК) в зоні можливого негативного впливу промислового підприємства Криворізький цементний завод (ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»). На сьогодні вимоги в Україні, щодо організації спостережень за станом атмосферного повітря та конкретного вибору стаціонарних точок відбору проб регламентовані рядом нормативних документів. Здійснено стислий аналіз зазначених вимог:

1. Керівний документ РД 52.04.186-89 [9] визначає принципи організації системи спостережень, які були реалізовані в існуючій державній системі моніторингу атмосферного повітря. Зокрема п. 2.2 цього документу регламентує організацію розташування та визначення кількості постів відбору проб.

2. Директива 2008/50/ЄС Європейського парламенту. Зазначений документ є обов'язковим до імплементації, є досвідом європейської системи контролю якості атмосферного повітря населених пунктів. Документом встановлено достатньо чіткі вимоги до розміщення стаціонарних постів відбору проб у макромасштабі [10].

3. «Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [11]. Документ по суті є частиною плану імплементації вимог Директиви 2008/50/ЄС у вітчизняному законодавстві.

Зважаючи на той факт, що Директива 2008/50/ЄС більш детально встановлює вимоги (умови) до вибору місця розташування постів спостережень, вони прийняті нами за основу в процесі вибору місця розташування ППК. Також, у процесі визначення місць розташування використано результати наукових досліджень [12].

1. Умови розташування пунктів для відбору проб у макромасштабі:

а) Пункти відбору проб, призначені для захисту людського здоров'я, розташовуються таким чином, щоб надавати дані про:

- райони в межах зон та агломерацій, де виникають найвищі концентрації, які імовірно будуть прямо чи опосередковано впливати на населення протягом періоду, що є істотним у порівнянні з періодом усереднення граничної величини (величин);

- рівні в інших районах у межах зон і агломерацій, які є репрезентативними щодо відображення впливу на загальне населення.

б) Пункти відбору проб в цілому розташовуються таким чином, щоб уникати вимірювання у безпосередній близькості до мікросередовищ дуже малого розміру, що означає, що пункт відбору проб повинен розташовуватись таким чином, щоб проба повітря була репрезентативною щодо якості повітря сегменту вулиці довжиною не менше ніж 100 м на ділянках, орієнтованих на транспортний рух, та мати розмір принаймні 250 м на 250 м на промислових ділянках, де це можливо.

в) Якщо мають бути оцінені викиди забруднювачів із промислових джерел, принаймні один пункт відбору проб встановлюється по вітру відносно джерела у найближчому житловому районі. Якщо фонові концентрації забруднення не відома, додатковий пункт відбору проб має бути розташований в межах головного напрямку вітру.

д) Місця відбору проб також, де можливо, є репрезентативними щодо подібних місць розташування, які не знаходяться у безпосередній близькості до них.

2. Умови розташування пунктів відбору проб у мікромасштабі [10]:

- потік навколо вхідного отвору зонду для відбору проб є необмежений (вільний у дузі принаймні 270°) без будь-яких перешкод, що впливають на потік повітря у безпосередній близькості біля пристрою (зазвичай розташований на відстані декількох метрів від будинків, балконів, дерев та інших перешкод і на відстані принаймні 0,5 м від найближчої будівлі у випадку пунктів відбору проб, що репрезентують якість повітря у лінії забудови);

- вхідний отвір зонду для відбору проб повинен знаходитися на відстані від 1,5 м (зона дихання) до 4 м від землі. Більш високе положення (до 8 м) може бути необхідним за деяких обставин. Більш високе розташування також може бути доцільним, якщо станція є репрезентативною для більш великого району;

- вхідний отвір зонду для відбору проб не повинен знаходитися у безпосередній близькості до джерел, щоб уникнути прямого всмоктування викидів, незмішаних з атмосферним повітрям;

- відвід зонду для відбору проб розташовується таким чином, щоб уникнути рециркуляції відпрацьованого повітря до вхідного отвору пристрою.

До уваги також можуть братись такі фактори: джерела перешкод, безпека, доступ, доступність електроенергії і телефонних комунікацій, видимість ділянки по відношенню до оточуючих територій, безпека громадськості та обслуговуючого персоналу, бажаність спільного розташування пунктів відбору проб для різних забруднювачів, вимоги, пов'язані з територіальним плануванням.

Також стаціонарні пости розміщуються в місцях, обраних на основі обов'язкового попереднього дослідження забруднення повітряного середовища міста промисловими викидами, викидами автотранспорту, побутовими та іншими джерелами і вивчення метеорологічних умов розсіювання домішок шляхом епізодичних спостережень, розрахунків полів максимальних концентрацій домішок. При цьому варто враховувати повторюваність напрямку вітру над територією міста. За певних напрямків викиди від численних підприємств можуть створювати загальний факел, співставний з факелом великого джерела. Якщо повторюваність таких напрямків вітру значна, то зона найбільшого середнього рівня забруднення буде формуватися в 2-4 км від основної групи підприємств, причому іноді вона може розташовуватися і на околиці міста. Для характеристики розподілу концентрації домішки територією міста пости необхідно встановлювати в першу чергу в тих житлових районах, де можливі найбільші середні рівні забруднення, потім в адміністративному центрі населеного пункту та в житлових районах з різними типами забудови, а також в парках, зонах відпочинку. До числа найбільш забруднених районів відносяться зони найбільших максимальних разових і середньодобових концентрацій, що створюються викидами промислових підприємств (такі зони знаходяться в 0,5-2 км від низьких джерел викидів і в 2-3 км від високих), а також магістралі інтенсивного руху транспорту, оскільки вплив автомагістралей виявляється лише в безпосередній близькості від них (на 50-100 м).

Узагальнимо умови вибору місця розташування стаціонарних ППК:

- уникнення впливу мікросередовищ утворення шкідливих речовин;
- розміщення в зоні ймовірного негативного впливу даного об'єкта;
- розташування в межах зон житлової забудови для контролю впливу на стан здоров'я населення;
- урахування «рози вітрів» району розташування;
- добре провітрювана територія (уникнення розташування в зонах щільної багатопверхової забудови та щільних посадок зелених насаджень);
- достатня відстань від оточуючих будівель;
- достатня відстань від транспортних магістралей.

Аналіз даних умов, на нашу думку, має також накладатись на виконання системою моніторингу якості атмосферного повітря соціальних функцій окрім інформаційно-контролюючих. Для урахування цього варто, в процесі вибору місця розташування, надавати пріоритет місцям зосередження найбільш вразливої частини населення міської агломерації – дітей. При цьому рекреаційні території не є дуже вдалим вибором унаслідок наявності (як правило) щільної маси зелених насаджень, адже це може вплинути на достовірність результатів вимірювань. Отже, такими місцями можуть бути території закла-

дів освіти: дитячих садків, загальноосвітніх шкіл, закладів вищої освіти тощо.

Таким чином, умови та пріоритети для вибору місця розташування ППК визначені. Однак, необхідним є врахування особливостей забудови території в місці розташування об'єкта впливу.

Загальна характеристика району розміщення об'єкта впливу на стан атмосферного повітря. Криворізький цементний завод (ПрАТ «Кривий Ріг Цемент») розташований в м. Кривий Ріг, вул. Акціонерна, 1. Карту-схему району розташування об'єкту з нанесенням межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) наведено на рис. 1.

У північному та північно-східному напрямку від виробничого майданчика об'єкту знаходяться промисловий майданчик ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та Суриковий завод.

В східному та південно-східному напрямку від виробничого майданчика об'єкту знаходяться промисловий майданчик ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та Нафтобаза.

В південному та південно-західному напрямку від виробничого майданчика знаходиться виробничий майданчик ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

В західному та північно-західному напрямку виробничого майданчика знаходиться коксохімічне виробництво ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Житлова забудова в межах СЗЗ підприємства відсутня.

Відстань від межі виробничого майданчика до найближчої житлової забудови становить понад 1600 м.

Варто зазначити, що вибір точки розміщення ППК значно ускладнюється тим фактом, що промисловий майданчик підприємства з усіх боків оточений промисловими потужностями інших об'єктів. У викидах даних об'єктів також представлена аналогічна номенклатура шкідливих речовин.

ППК має розміщуватися в зоні ймовірного негативного впливу даного об'єкту (ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»). Розглянемо поняття зони ймовірного впливу як зони можливого розсіювання забруднювачів із значимою концентрацією від даного об'єкта:

– згідно п. 3.4.3 [9] особливо найбільша ймовірність появи максимуму концентрацій спостерігається на відстанях від 10 до 40 середніх висот джерел викидів підприємства;

– згідно п. 5.20 [9] для сукупності джерел викидів розраховуються зони впливу, що включають в себе ділянки місцевості, де розрахована сумарна концентрація від всієї сукупності джерел викиду даного підприємства, в тому числі низьких і неорганізованих викидів, перевищує 0,05 ГДК;

– згідно п. 1.3 і 2.19 [13] для розрахунку розсіювання забруднюючих речовин в приземному прошарку атмосфери розмір розрахункової сітки доцільно встановлювати в межах 50 висот найвищого джерела викидів.

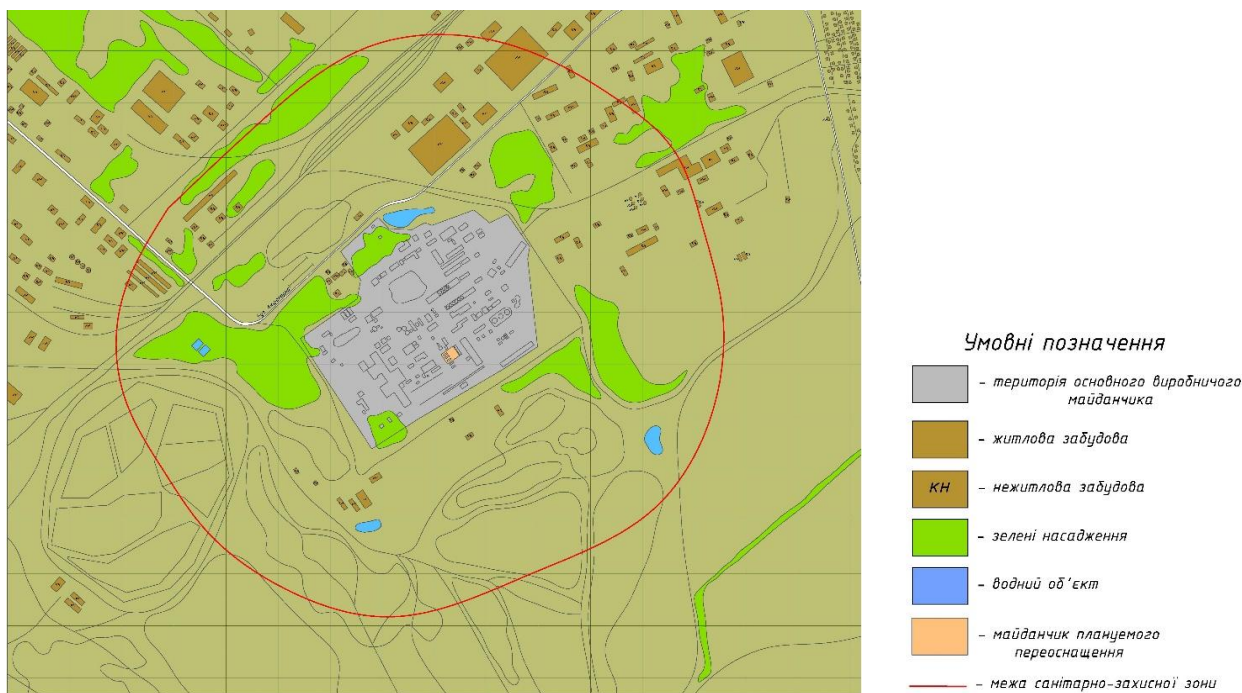


Рисунок 1 – Ситуаційна карта-схема району розташування ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»

Беручи дане до уваги розрахуємо розмір зони ймовірного негативного впливу. Висота найвищого джерела викидів об'єкта становить 120 м. Таким чином, лінійний розмір зони впливу складатиме:  $120 \cdot 50 = 6000$  м. Отже ППК варто розміщувати в зоні з вищезначеним радіусом, в межах зони житлової забудови. Однак, варто відзначити той факт, що розрахунок розміру зони виконаний виходячи з максимальної висоти джерел викидів об'єкта впливу. Враховуючи, що об'єкт має у своєму складі значну кількість джерел меншої висоти пріоритет вибору місця розташування ППК має припадати на першу, максимум другу, третину ймовірної зони впливу. Це необхідно для урахування внеску в рівень очікуваного забруднення атмосферного повітря переважного об'єму викидів з усіх джерел.

За результатами аналізу метеокліматичних умов, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в приземному прошарку атмосфери в місці розташування об'єкта впливу встановлено, що переважними напрямками розповсюдження забруднювачів є – південний, південно-західний, західний.

З огляду на переважачі напрямки розповсюдження забруднювачів варто було б розмістити точку ППК саме у напрямках південь, південний-захід. Проте, у визначених напрямках майже відсутня житлова забудова та прирівняні до неї об'єкти. Також наявність кар'єрних полів у напрямку на південний-захід, захід створюватиме умови для спотворення результатів вимірювань на ППК, адже над кар'єрами формуються непрогнозовані потоки повітря в приземному прошарку атмосфери.

Другий пріоритет надамо напрямкам на захід, північний-захід та північ. Однак за даними веб-порталу «Екомоніторинг», що доступний за адресою [<https://krmisto.gov.ua/ua/rc/ecomon/default/index.htm>] саме у даних напрямках розташовано переважну більшість стаціонарних постів спостережень за ста-

ном атмосферного повітря в місті Кривий Ріг від різних суб'єктів муніципальної системи моніторингу. Розташування нового посту в даних напрямках станом на сьогодні призведе лише до дублювання даних системи спостережень.

Таким чином, пріоритетними напрямками для розміщення ППК об'єкта лишаються північний-схід, схід. З огляду на кількість населення міста, що мешкає у даних напрямках, обираємо напрямком на північний-схід.

Розглянемо особливості розташування житлової забудови для виконання вищевизначених умов розташування ППК, у тому числі, з урахування того, що точку контролю бажано розташувати у першій, максимум другій третині ймовірної зони негативного впливу.

Проведений аналіз картографічного матеріалу дозволив визначити наступні місця пріоритетні встановлення ППК (див. рис. 2 та 3), а саме:

- загальноосвітня школа (ЗОШ) №90, вул. Кокчетавська, 1;
- ЗОШ №89, вул. Мальовнича, 1;
- комунальний дитячий навчальний заклад №128, вул. Мухіної, 5;
- ЗОШ № 94, вул. Промислова, 1 А.
- будинок по вул. Мухіної, 15.

Перейдемо до вибору пріоритету. З огляду на розташування в першій третині ймовірної зони впливу об'єкта на стан атмосферного повітря найбільш прийнятними є КНДЗ № 128, ЗОШ № 90 та будинок по вул. Мухіної, 15. Між тим за даними Гугл-карт видно, що КНДЗ № 128 та ЗОШ № 90 розташовані в зоні щільної багатоповерхової забудови та оточені значними масивами зелених насаджень. З огляду на останнє пріоритет з цих об'єктів варто відкинути. З точки зору відкритості території перевагу можна надати ЗОШ № 89 та ЗОШ № 94. При цьому територія ЗОШ № 89 більш відкрита, а також розташована

в зоні присадибної одно-двохповерхової забудови, що дозволить одержати більш точні дані вимірювань. Однак, варто зауважити, що таке розташування ППК не буде відображати ступінь негативного впливу на більшість населення міста Кривий Ріг у порівнянні з основними багатоповерховими житловими масивами міста.

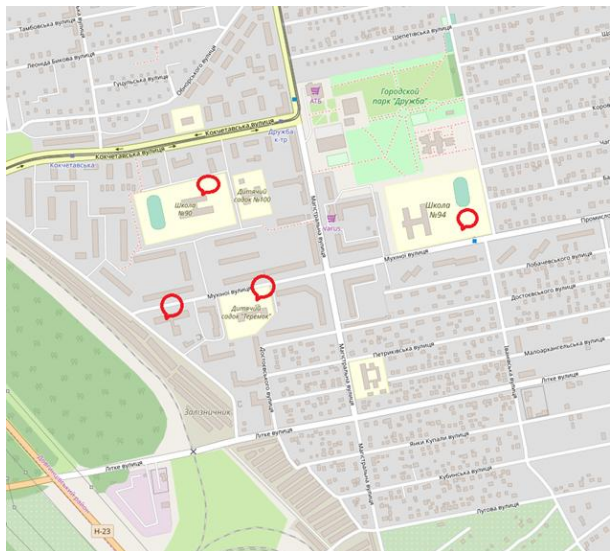


Рисунок 2 – Місця розташування КДНЗ № 128, ЗОШ № 94 та ЗОШ № 90, будинок по вул. Мухіної, 15

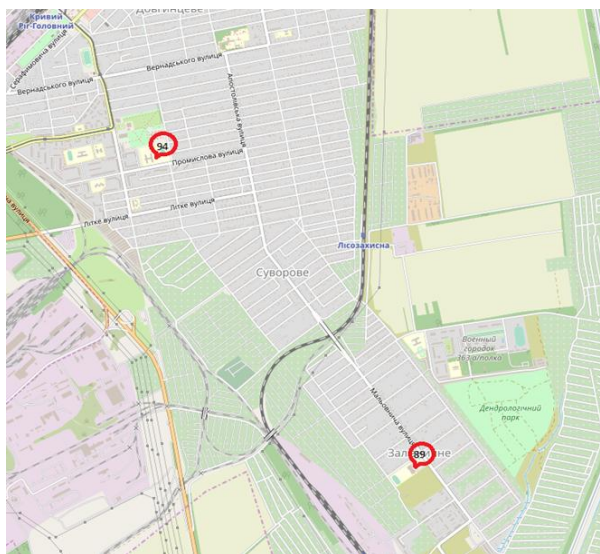


Рисунок 3 – Місце розташування ЗОШ № 89 та ЗОШ № 94

Отже, пріоритетними місцями дислокації ППК є території ЗОШ № 94 та житлового будинку по вул. Мухіної, 15. Територія ЗОШ № 94 має вдаль розташування з огляду на той факт, що вона знаходиться на межі багатоповерхової та присадибної житлової забудови. Між тим на умовному шляху розповсюдження забруднюючих речовин, які присутні у викидах об'єкту розташована зона щільної багатоповерхової забудови (орієнтовна відстань між початком зони багатоповерхової забудови в цьому напрямку та територією ЗОШ № 94 складає 600 м). Це, на нашу думку, буде сприяти виникненню фактів пере-

творення даних вимірювань і впливати на точність визначення внеску саме об'єкту у формування рівня забруднення атмосферного повітря. На противагу цьому територія будинку по вул. Мухіної, 15 розташована як раз на початку зони багатоповерхової житлової забудови, що дозволить більш точно аналізувати стан атмосферного повітря.

Отже, як пріоритетну для місця розташування ППК об'єкту варто обрати територію по вул. Мухіної, 15, м. Кривий Ріг. При цьому під час практичної реалізації проекту варто дотримуватись вищенаведених вимог до розташування ППК у мікророзташуванні.

Таким чином нами розв'язано першу задачу, а саме теоретично обґрунтовано місце встановлення стаціонарного автоматизованого посту постійного контролю і спостереження за забрудненням атмосферного повітря для контролю за станом забруднення атмосферного повітря міста Кривий Ріг, у тому числі в зоні ймовірного впливу ПрАТ «Кривий Ріг Цемент».

Перейдемо до розв'язання другої задачі – визначення максимальних можливих концентрацій забруднюючих речовин, які присутні у викидах об'єкту, в точці встановлення стаціонарного автоматизованого посту.

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері проводився в міській координатній системі по програмі автоматизованого розрахунку концентрацій і розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері «ЕОЛ+» версія 5.3.8. Програма входить у перелік програм рекомендованих Мінприроди України до використання. Автоматизована система розрахунку забруднення атмосфери «ЕОЛ» призначена для оцінки впливу забруднюючих викидів проєктованих і чинних підприємств на забруднення приземного шару атмосфери. Розрахункові модулі системи реалізують [ОНД-86]. Розрахунок приземних концентрацій проводився для найбільш несприятливих метеорологічних умов при найбільшій кількості викидів забруднюючих речовин, тому максимальна приземна концентрація в розрахунковій точці спостерігається рідко. Методика розрахунку приземних концентрацій показує, що для утворення приземних концентрацій необхідно сполучення декількох умов. Розмір розрахункового прямокутника приймається 6500 x 6500 м із кроком 250 м на обох координатних осях. Мета розрахунку – визначення в розрахунковій точці найбільшої концентрації забруднюючих речовин, які присутні у викидах об'єкту впливу. Методика розрахунку приземних концентрацій встановлює, що для утворення приземних концентрацій необхідно сполучення декількох умов. Значення швидкості вітру повинно відповідати середньозваженій швидкості для цієї точки, температура зовнішнього повітря повинна відповідати розрахунковій, а кількість забруднюючих речовин – максимальному одночасному завантаженню устаткування, при якому має місце найбільше виділення забруднюючих речовин.

Для характеристики стану атмосферного повітря виконано розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери від обладнання, яке буде працювати на об'єкті постійно.

Розрахунок розсіювання виконаний з урахуванням найгірших умов при максимально можливому завантаженні устаткування, що буде працювати на об'єкті. Розрахунок розсіювання на ЕОМ виконано для наступного переліку забруднюючих речовин, що викидаються промайданчиком ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»\* (табл. 1):

Таблиця 1 – Перелік забруднюючих речовин, узятих до розрахунку

№ з/п	Код	Найменування забруднюючої речовини
1	0301	Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту NO+NO <sub>2</sub> )
2	0330	Сірки діоксид
3	0337	Оксид вуглецю
4	02902	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом

Примітка. \* – вибір саме цих речовин з номенклатури викидів ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» зумовлений: по перше тим фактом, що дані речовини входять до переліку «А» загальнопоширених речовин відповідно до [11]; по друге – тим, що вміст саме цих речовин систематично контролюються суб'єктами моніторингу атмосферного повітря в м. Кривий Ріг.

Проведення розрахунку розсіювання за вказаним переліком забруднюючих речовин дозволить також розв'язати два важливих завдання:

1. Встановити абсолютне значення концентрацій поллютантів, що присутні у викидах підприємства у чітко визначеній точці на місцевості (місце розташування майбутнього ППК). Це дозволить визначити максимальний рівень екологічної небезпеки, що формується об'єктом впливу. Умова –

розрахунок розсіювання без урахування фонових концентрацій.

2. Встановити відносне значення внеску даного об'єкту в загальний рівень екологічної небезпеки забруднення атмосферного повітря, що формується усіма можливими джерелами впливу на даній ділянці місцевості. Це дозволить з певною достовірністю визначити максимальну частку, що формується саме даним підприємством в загальному значенні концентрацій забруднюючих речовин. Умова – розрахунок розсіювання з урахуванням фону.

Розрахунок виконаний в квадраті 6500x6500 м у вузлах сітки 250x250 м з центром розрахункового квадрата X = 0, Y = 0.

Розрахункові величини приземних концентрацій у розглянутій точці являють собою сумарні концентрації шкідливих речовин, відповідні найбільш несприятливим метеорологічним умовам (небезпечні напрямку і швидкості вітру).

Розрахунки розсіювання проводились без урахування фонових концентрацій та враховувалась:

– неодноразовість роботи обладнання на джерелах: №№ 6, 7, 8, 9; №№ 14, 15; №№ 21, 22; №№ 17, 18, 19;

– неодноразовість виконання технологічного процесу на джерелах, був обраний найгірший варіант (пересипка чи зберігання сировини): № 26 (пересипка клінкеру), № 31 (пересипка вапняку), № 32 (пересипка рудного пилу), № 61 (зберігання вугілля), № 67 (зберігання клінкеру), № 103 (зберігання клінкеру), № 133 (зберігання клінкеру), № 134 (зберігання клінкеру), № 136 (пересипка рудного пилу), № 137 (зберігання вапняку), № 138 (пересипка вапняку), № 167 (пересипка вугілля).

Аналіз результатів розрахунку розсіювання зведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення максимальних приземних концентрацій без урахування фону від джерел викидів

Найменування речовини або групи речовин	Внесок джерел викидів, долі ГДК			
	На межі СЗЗ		У точці встановлення посту	
	Концентрація	Номер джерела викиду	Концентрація	Номер джерела викиду
Оксиди азоту	0,58	65 (30,72%)	0,20	65 (35,58%)
Діоксид сірки	0,06	8 (28,68%)	0,01	8 (26,5%)
Оксид вуглецю	0,04	65 (50,17%)	0,02	65 (44,49%)
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,71	103 (23,92%)	0,15	103 (21,68%)
Група сумарії №31	0,64	65 (15,61%)	0,21	65 (17,99%)

Аналіз розрахунків, проведених без урахуванням фонових забруднень атмосферного повітря, показав, що за всіма інгредієнтами, приземні концентрації на межі санітарно-захисної зони об'єкта (1000 м) та в контрольній точці (м. Кривий Ріг, вул. Мухоморова, 15) не перевищують нормативних значень.

Розрахунок проводився також з урахуванням фонових концентрацій, які визначені в цілому по населеному пункту (довідка про фонові концентрації додається) та враховуючи неодноразовість роботи обладнання і неодноразовість виконання технологічного процесу.

Аналіз результатів розрахунку розсіювання зведений в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення внеску джерел викидів ПрАТ «Кривий Ріг Цемент» у формування максимальних приземних концентрацій з урахуванням фону

Найменування речовини або групи речовин	Фон, долі ГДК	Внесок джерел забруднення, долі ГДК		Внесок об'єкту в точці встановлення посту, %
		Концентрація на межі СЗЗ	Концентрація в точці встановлення посту	
Оксиди азоту	0,644	0,99	0,76	26,3%
Діоксид сірки	0,08	0,11	0,09	11,1%
Оксид вуглецю	0,807058	0,83	0,82	2,4%
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	2,49912	2,93	2,59	5,8%
Група сумачії №31	–	1,05	0,79	26,6%

З урахуванням результатів розрахунків приземних концентрацій на межі санітарно-захисної зони та в контрольній точці можливо зробити висновки, що максимальна приземна концентрація по пилу та групі сумачії № 31 перевищує встановлені санітарно-гігієнічні нормативи. Між тим основний внесок у загальний рівень забруднення має фонова концентрація, яка фіксується в районі розташування об'єкту.

Так як підприємство знаходиться в промисловій зоні та його санітарно-захисна зона перекривається територіями оточуючих підприємств, тому при визначенні точок вимірів забруднюючих речовин

обираються точки за територією промислової зони на межі найближчої житлової забудови в залежності від напрямку вітру.

Подані наукових досліджень здійснено на виконання «Міської програми заходів з вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016-2025 роки», що затверджена рішенням Криворізької міської ради від 28.09.2016 р. №901. Результати практично впроваджено, ППК встановлено та успішно працює, про це свідчать дані міського веб-порталу «Екомоніторинг» (рис. 4).

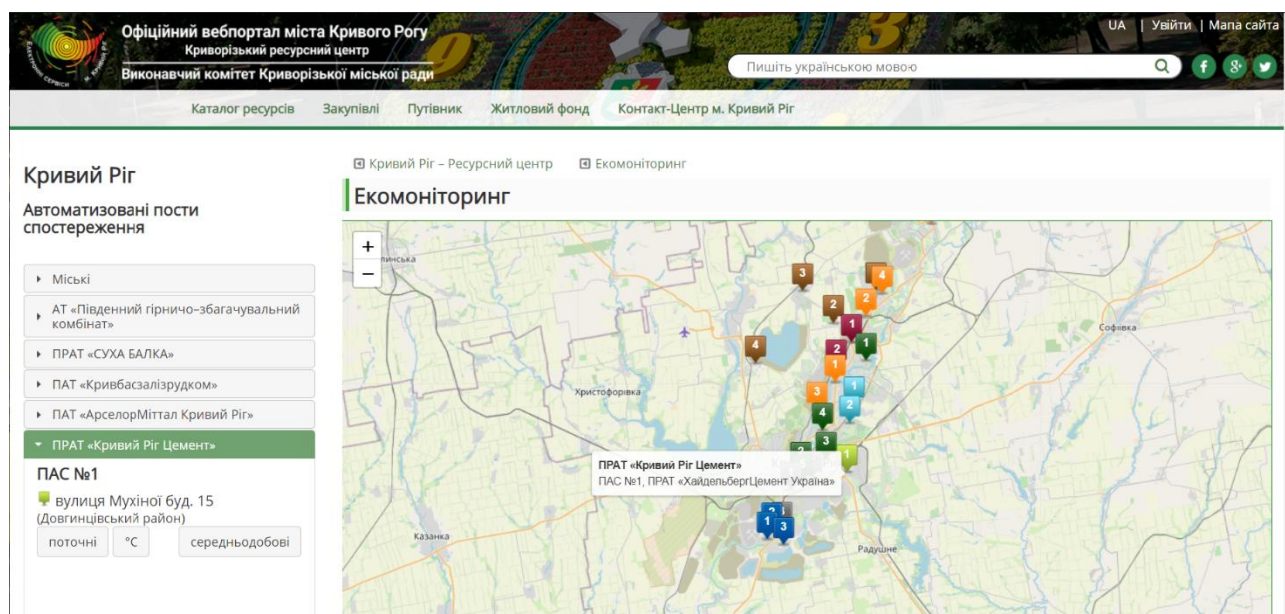


Рисунок 4 – Скрін екрану веб-порталу «Екомоніторинг», м. Кривий Ріг із візуалізацією розташування автоматизованих постів спостережень за станом атмосферного повітря

**ВИСНОВКИ.** Метою проекту було проведення теоретичних та аналітично-розрахункових досліджень щодо обґрунтування місця розташування автоматичного стаціонарного посту постійного контролю (ППК) в зоні ймовірного впливу промислового підприємства ПрАТ «Кривий Ріг Цемент», м. Кривий Ріг з визначенням очікуваного внеску даного об'єкта у загальний рівень забруднення атмосферного повітря.

Для досягнення поставленої мети було розв'язано такі завдання.

1. Визначено умови вибору місця розташування ППК. Встановлено зону ймовірного негативного впливу об'єкта досліджень. З урахуванням геогра-

фічних, техногенних та кліматологічних особливостей урбосистеми міста Кривий Ріг здійснено вибір пріоритетного розташування ППК з огляду на дотримання умов щодо вибору місця розташування. На цій основі встановлено, що пріоритетним місцем розташування ППК є територія житлового будинку, що розташована за адресою: 50000, Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, вул. Мухіної, 15.

2. Надано характеристику джерел викидів шкідливих речовин об'єкта дослідження. Виконано розрахунок розсіювання забруднюючих речовин з використанням програмного комплексу «ЕОЛ+» з метою визначення очікуваного рівня концентрацій поллютантів, що присутні у викидах об'єкту, в при-

земному прошарку атмосфери саме у визначеній точці розташування ППК, а також – на межі СЗЗ. Перевищень встановлених нормативів чистоти атмосферного повітря не зафіксовано. Максимальні очікувані розрахункові значення приземних концентрацій в точці розташування ППК складають: від 0,01 для діоксиду сірки до 0,21 ГДКм.р. для групи сумарції № 31.

Одержані розрахункові значення приземних концентрацій з огляду на умови проведення розрахунків повинні мати високий ранг кореляції з результатами вимірювань на ППК та фактично відображати внесок об'єкту у формування загального очікуваного рівня забруднення атмосфери.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Bhargava, R. (1998), "Atmospheric air pollution monitoring", *Indian Journal of Engineering and Material Sciences*, vol. 5, pp. 249–254.
2. Namieśnik, J., Wardencki W. (2002), "Monitoring and Analytics of Atmospheric Air Pollution", *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 11, no. 3, pp. 211–218.
3. Thunis, P., Degraeuwe, B., Pisoni, E., Meleux, F., Clappier, A. (2017), "Analyzing the efficiency of short-term air quality plans in European cities, using the CHIMERE air quality model", *Air Qual Atmos Health*, vol. 10, pp. 235–248.
4. Бахарев В. С. Недосконалість існуючої системи екологічного моніторингу атмосферного повітря на рівні урбосистеми: причини, наслідки, шляхи вдосконалення. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КрНУ, 2016. Вип. 5 (100). С. 76–81.
5. Прищепов О. Ф., Алексеева А. О. Організація системи моніторингу довкілля на регіональному рівні. *Збірник наукових праць Чорноморського держ. університету ім. П. Могили*. Миколаїв. 2010. Вип. 124(Том 137). С. 68–73.
6. Бордюг Н. С. Освітньо-наукові та управлінські аспекти аналізу системи державного моніторингу довкілля. *Науковий журнал ScienceRise*. Харків. 2016. Вип. 5/2016(18). С. 4–8.
7. Парпан В. І., Миленка М. М. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2010. Вип. 18 /2010(2). С. 61–68.
8. Bakharev V., Marenych A., Sankov P., Hilov V. The key aspects of atmospheric air ecological monitoring concept formation at the urban systems level. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2016. Vol. 4, Issue 7. P. 133–139. URL: [http://ijiset.com/vol4/v4s7/IJSET\\_V4\\_I07\\_18.pdf](http://ijiset.com/vol4/v4s7/IJSET_V4_I07_18.pdf) (Last accessed: 01.07.2021).
9. РД 52.04.186–89 Настанова з контролю забруднення атмосфери. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=56425](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56425).
10. Директива 2008/50/ЕС Європейського парламенту та Ради. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text).
11. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>.
12. Спосіб побудови мережі стаціонарних постів моніторингу забруднення атмосфери населеного пункту, визначення їх кількості та місць розташування: пат. 119268 Україна: МПК(2006) G01W1/00, G01N21/94(2006.01) № 201700145; заявл. 03.11.2017; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18 (кн. 1). 4 с.
13. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf>.

#### TO THE ISSUE OF PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE REQUIREMENTS FOR DETERMINING THE LOCATIONS OF AUTOMATED POSTS IN THE ATMOSPHERIC AIR MONITORING SYSTEM OF TECHNOGENICALLY INSTALLED URBAN SYSTEMS

O. Kortsova, I. Soloshych, V. Bakharev

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

ORCID: 0000-0002-8101-322X; 0000-0002-8842-5120; 0000-0001-9312-654X

**Purpose.** The results of theoretical and analytical-calculation studies on the substantiation of the automatic stationary post location of constant control (PCC) in the zone of probable influence of the industrial enterprise PJSC «Kryvyi Rih Cement» (Kryvyi Rih) with the determination of the expected contribution of this object to the general atmospheric air pollution level. **Methodology.** The requirements for the organization of observations of the atmospheric air state and the specific choice of stationary sampling points are generalized. Method of calculating the scattering of pollutants is used. **Results.** A set of indicators and characteristics that affect the processes of atmospheric air pollution formation in the area of the probable negative impact of the industrial facility is determined. The conditions of PCC location are detailed specifically for the conditions of technogenic loaded urban systems. On this basis, a priority place for the installation of a stationary automated post of constant control and monitoring of air pollution in the area of the industrial enterprise PJSC «Kryvyi Rih Cement» influence has been specified. The calculation of the scattering of pollutants in the surface layer of the atmosphere using the software package «EOL +» to determine the expected level of pollutants concentrations present in the emissions of the object at a certain PCC location, as well as at the SPZ to determine the expected maximum contribution of this object to the overall level of air pollution. The maximum expected calculated values of surface concentrations at the location of the PCC are from 0.01 for sulfur dioxide to 0.21 MPa for the summation group № 31. **Originality.** The requirements and conditions of the automated monitoring stations location in the areas of the negative impact of industrial facilities are summarized, which allows to clearly and reasonably determining



the priority location of the control panel. **Practical value.** The results of the research have been practically implemented. The control panel has been installed and is working successfully, as evidenced by the data of the city web portal «Ecomonitoring» in Kryvyi Rih – <https://www.krmisto.gov.ua/ua/rc/ecomon.html>. The social significance of the research is both in the participation of the industrial facility in the system of automated observations and assessment of air quality and in informing the inhabitants of man-made urban systems on the environment state. References 13, tables 3, figures 4.

**Key words:** atmospheric air, pollution, monitoring, impact assessment, urban system, man-caused load, post, control.

#### REFERENCES

1. Bhargava, R. (1998). Atmospheric air pollution monitoring. *Indian Journal of Engineering and Material Sciences*, vol. 5, pp. 249–254.
2. Namieśnik, J., Wardencki, W. (2002). Monitoring and Analytics of Atmospheric Air Pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*. vol. 11, no. 3, pp. 211–218.
3. Thunis, P., Degraeuwe, B., Pisoni, E., Meleux, F., Clappier, A. (2017). Analyzing the efficiency of short-term air quality plans in European cities, using the CHIMERE air quality model. *Air Qual Atmos Health*, vol. 10, pp. 235–248.
4. Bakharev, V. (2016). Nedorozkonalist isnuuchoi systemy ekolohichnoho monitorynhu atmosfernoho povitria na rivni urbosystemy: prychny, naslidky, shliakhy vdoskonalennia. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. vol. 5 (100). p.p. 76–81 [in Ukrainian].
5. Pryshchepov, O., Aleksieieva, A. (2010). Orhanizatsiia systemy monitorynhu dovkillia na rehionalnomu rivni. *Zbirnyk naukovykh prats Chornomorskoho derzh. universytetu im. P.Mohyly*. vol. 124(Том 137). pp. 68-73. [in Ukrainian].
6. Bordiuh, N. (2016). Osvitno-naukovi ta upravlinski aspekty analizu systemy derzhavnoho monitorynhu dovkillia. *Naukovyi zhurnal ScienceRise*. vol. 5/2016(18). pp. 4-8 [in Ukrainian].
7. Parpan, V., Mylenka, M. (2010). Metodolohichni aspekty otsinky ekolohichnoho stanu urbanizovanykh i tekhnohenko zminenykh terytorii. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu*. vol. 18/2010(2). pp. 61-68 [in Ukrainian].
8. Bakharev, V., Marenych, A., Sankov, P., Hilov, V. (2016). The key aspects of atmospheric air ecological monitoring concept formation at the urban systems level. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. Vol. 4, Issue 7. pp. 133–139, available at: [http://ijiset.com/vol4/v4s7/IJISSET\\_V4\\_I07\\_18.pdf](http://ijiset.com/vol4/v4s7/IJISSET_V4_I07_18.pdf) (accessed 01.07.2021) [in Ukrainian].
9. ПД 52.04.186–89. Nastanova z kontroliu zabrudnennia atmosfery, available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=56425](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56425) (accessed 01.07.2021) [in Ukrainian].
10. Dyrektyva 2008/50/EC Yevropeiskoho parlamentu ta Rady, available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text) (accessed 01.07.2021) [in Ukrainian].
11. Poriadok zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu v haluzi okhorony atmosfernoho povitria, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (accessed 01.07.2021) [in Ukrainian].
12. Sposib pobudovy merezhi statsionarnykh postiv monitorynhu zabrudnennia atmosfery naselenoho punktu, vyznachennia yikh kilkosti ta mistv roztrashuvannia: pat. 119268 Ukraina: MPK (2006) G01W1/00, G01N21/94(2006.01) № 201700145. Vol. № 18 (1). P. 4 с.
13. OND-86. Metodyka rascheta kontsentratsyi v atmosfernom vozduke vrednykh veshchestv, soderzhashchykhsia v vybrosakh predpriyatiy, available at: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf> (accessed 01.07.2021) [in Ukrainian].

Стаття надійшла 02.06.2021.