

Т.В. ДУДАР¹, Н.В. РУДЕНКО¹, А.В. ЯЦИШИН²

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, м. Київ

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОКРАЩЕННЯ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Розглянуто основні засади побудови системи моніторингу атмосферного повітря міста Києва. Досліджено просторовий розподіл основних забруднюючих домішок, визначено закономірності та тенденції зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві протягом періоду 1990-2010 рр., створено комплект карт сучасного стану забруднення території міста на основі геоінформаційних технологій, що сприятиме вдосконаленню процесу управління та прийняттю ефективних рішень.

Постановка проблеми

Чистота атмосферного повітря є одним з факторів, що визначає якість навколишнього середовища та рівень здоров'я населення. Але з часів промислової революції якість повітря, яким ми дихаємо, помітно погіршилася, в основному, в результаті антропогенної діяльності людини. Розвиток інфраструктури міста, промисловості і збільшення виробництва електроенергії, інтенсивне зростання інженерно-будівельних робіт та кількості транспорту на дорогах - все це робить свій внесок у забруднення повітря і, в свою чергу призводить до серйозних проблем зі здоров'ям. Внаслідок цього окремі райони міста Києва як і раніше, відносяться до територій з підвищеним рівнем забруднення атмосфери, про що свідчать дані щорічних спостережень за забрудненням повітряного басейну, які проводяться Центральною Геофізичною Обсерваторією (ЦГО) [1].

Недопущення забруднення атмосферного повітря у мегаполісах є нагальним науково-технічним завданням, основу якого складають надійні методи контролю і прогнозування чистоти повітряного басейну. При вирішенні цих завдань актуальним стає необхідність розроблення моделей оперативного моніторингу атмосферного повітря, який визначає аналіз, контроль та прогноз стану і управління якісним складом атмосфери.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблему забруднення повітря та моделі поширення забруднюючих речовин в атмосфері досліджено у багатьох роботах українських вчених, зокрема М.З. Згуровського, А.І. Петренка, В.О. Артемчука та інших [2, 3]. У роботах розвинені ідеї щодо створення регіональної моніторингової системи забруднення атмосферного повітря на базі геоінформаційних технологій (ГІС).

Як зазначено у концепції державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища [4], функціонування державної системи моніторингу довкілля України, у тому числі атмосферного повітря, на даний час є незадовільним. У науковій праці І. П. Каменева з співавторами [5] пояснює основну причину такого стану, а тим що з часу створення діючої мережі спостереження за атмосферним повітрям не проводилася робота по вдосконаленню її діяльності. На даний час переважна більшість наукових праць, в яких запропоновано певні підходи щодо модернізації існуючої системи моніторингу атмосфери України, носять або надто концептуальний характер, або стосуються інженерної складової даної проблеми, тобто розробки програмного та апаратного забезпечення вимірювального обладнання.

Вищезазначені умови вимагають принципово нового підходу до удосконалення системи інформаційних технологій та структур отримання, обробки і представлення даних про якість атмосферного повітря. Актуальним стає імплементація екологічних

інформаційних систем та програмних продуктів на основі сучасних геоінформаційних технологій для оперативного вирішення задач моніторингу атмосферного повітря.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження було проведено за методом просторового аналізу з використанням статистичних методів обробки даних. Для візуального відображення багатовимірної інформації даних моніторингу атмосферного повітря міста Києва використовувалася одна з геоінформаційних систем (ГІС) - QuantumGIS. Це ГІС з відкритим кодом, з підтримкою обробки растрової, топологічної векторної інформації та комп'ютерної графіки, яка діє на різних платформах через графічний інтерфейс користувача і командний процесор в системі X Window.

При побудові карт забруднення міста Києва засобами QuantumGIS послідовно проводяться наступні дії:

1. Підготовка вхідних даних (метеорологічних та даних моніторингу забруднення атмосферного повітря);
2. Імпорт табличних даних з координатною прив'язкою в shape-файл (QuantumGIS);
3. Класифікація забрудненості повітря по постах спостережень;
4. Визначення пріоритетних речовин викидів м. Києва у зазначених рецепторних точках, що перевищують значення референтних концентрацій;
5. Створення інтерполяційного ґриду забрудненості повітря.

Останій етап – це нанесення результатів аналізу на картографічну основу, в основі якого лежить інтерполяція за методом зважених відстаней Inverse Distance Weighting (IDW). Як випливає з назви, вага значення зменшується пропорційно збільшенню відстані від рецепторної точки. Це означає, що по мірі того, як ми віддаляємося від рецепторної точки, вплив опорних точок буде зменшуватися. Облік в обчисленнях точки, віддаленої на значну відстань від опорної, може бути помилковим, оскільки точка може знаходитися на ділянці місцевості, що кардинальним чином відрізняється від того, на якому розташована рецепторна точка.

Організаційна структура системи моніторингу атмосферного повітря м. Києва

Моніторинг забруднення атмосферного повітря в м. Києві проводиться ЦГО на 16-ти стаціонарних постах у 8-ми районах столиці. Регулярні спостереження проводяться кожного дня, шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичного обладнання (на 4-х постах) чи дискретно через рівні проміжки часу не менше чотирьох разів при обов'язковому відборі о 1, 7, 13, 19 годині за місцевим часом (на 12 ти постах).

Після відбору проб на стаціонарних постах лабораторія спостережень за забрудненням атмосферного повітря (при ЦГО) проводить їх аналіз на визначення вмісту 21 шкідливої домішки та визначає хімічний склад атмосферних опадів і снігового покриву (нітратів, сульфатів, гідрокарбонатів, хлоридів, металів: калію, кальцію, натрію, магнію), рН (лужності та кислотності) атмосферних опадів. Результати вимірювань зводяться до Щомісячних бюлетенів забруднення атмосферного повітря міста Києва та міст Київської області у вигляді таблиць, в яких зазначаються середньомісячні концентрації (в кратності до середньодобових ГДК) та максимальні концентрації (в кратності до максимально разових ГДК)[6, 7].

Пункти спостереження забруднення (ПСЗ) розташовані, як правило, або в районах найбільш завантажених автомагістралей міста з інтенсивним рухом транспорту або в зоні викидів промислових підприємств [6]. Існуюча мережа не досконала, обладнання більшості пунктів спостереження застаріле. Розвиток інфраструктури міста призвів до того, що кількість стаціонарних постів контролю забруднення атмосферного повітря у кожному районі обмежена, а дані моніторингу не дозволяють відтворювати реальну картину забруднення.

В рамках “Київської міської програми охорони навколишнього природного середовища на період до 2007 року” було створено автоматизовану систему екологічного

моніторингу атмосфери (АСЕМА), метою якої є забезпечення в автоматизованому режимі адміністративних органів та відповідних служб даними про стан атмосферного повітря м. Києва для оперативного прийняття науково-обґрунтованих управлінських рішень у разі виникнення проблемної екологічної ситуації.

Основу АСЕМА складають проблемно-орієнтовані комплекси контролю забруднень (ПОКК). До складу ПОКК повинні входити автоматизовані аналітичні прилади для одержання первинної інформації про забруднення атмосферного повітря [8].

ПОКК-1 реалізований на базі системи моніторингу стану атмосферного повітря вздовж автомагістралей міста, яка дозволяє здійснювати безупинний автоматичний контроль у повітрі заданої зони оксиду вуглецю (CO), діоксиду азоту (NO₂) і сірки (SO₂).

Датчики хімічних забруднень (ДХЗ) стаціонарно встановлюються на контрольованих автомагістралях. Датчики пов'язані з комплектом апаратури детекторів хімічних забруднень (КДХЗ), до якого доходять апаратно-програмні засоби збору та передачі інформації. Кожен КДХЗ входить до складу уніфікованого дорожнього контролера (ДКУ) керування світлофором. Отримані дані надходять по лініях зв'язку з ДКУ в центральний пункт автоматизованої системи керування дорожнім рухом державної автоінспекції (ЦКП АСКД ДАІ) для прийняття рішень з управління рухом автотранспорту і до ЦОМ при Держуправлінні екології та природних ресурсів. У якості ДХЗ у системі встановлені стаціонарні малогабаритні газоаналізатори (ГА) безупинної дії на основі електрохімічних сенсорів, що дозволяють вимірювати одночасно концентрації NO₂, CO, SO₂ у повітрі. Кожний КДХЗ обслуговує до восьми ДХЗ і може взаємодіяти з ЦКП за допомогою місцевої кабельної інфраструктури зв'язку [8].

Перша черга системи складається з чотирьох пунктів спостереження, які установлені на автомагістралях м. Києва (перехрестя вулиць Прорізна і Хрещатик, площа Перемоги, Європейська площа, Бесарабська площа).

Інформація від КДХЗ надходить до ЦОМ за допомогою програмного забезпечення розробки Інституту кібернетики. Питання надходження інформації від ДКУ до ЦКП АСКД ДАІ і подальше керування дорожнім рухом автотранспорту досі не вирішені.

ПОКК-2 реалізований на базі існуючих стаціонарних постів спостережень за забрудненням атмосферного повітря в мережі ЦГО. Три ПСЗ (пр-т Науки, 37, Гідропарк, пр-т Перемоги 98/2) оснащені стаціонарними автоматичними газоаналізаторами, що дозволяють контролювати в безперервному режимі концентрації оксидів азоту (NO, NO₂), оксиду вуглецю (CO) та діоксиду сірки (SO₂) в атмосферному повітрі. В зазначених постах встановлене мікропроцесорне приймально-передавальне устаткування (МППУ), яке забезпечує передачу контрольовано-вимірювальної інформації по міській телефонній мережі зв'язку на ПК в ЦГО, де формується база даних (ПО розробленого Інститутом кібернетики) про стан забруднення атмосферного повітря. Відповідно до програми, заплановано подальшу передачу даних в інформаційний центр Київської міської Державної адміністрації [9, 10].

ПОКК-3 орієнтований на контроль викидів в атмосферу шкідливих забрудників із стаціонарних джерел. Його перша черга реалізована на базі екологічного комплексу розробленого ЗАТ “Украналіт”, який встановлений на київському заводі “Енергія” з утилізації твердих побутових відходів [8]. Таким чином, на заводі реалізовано безперервний цілодобовий моніторинг, як за газовим середовищем у технологічних процесах, так і за екологічними викидами токсичних газів в атмосферу при спалюванні сміття.

В рамках ПОКК-4 планується розробити апаратний комплекс трьохрівневого контролю, оповіщення та попередження техногенних катастроф на хімічно-небезпечних підприємствах м. Києва [10]. Призначення комплексу - ідентифікація рівня аварії з можливим виходом токсичних газів за його межі; передача інформації про рівень аварії, а також метеоумови на момент аварії черговому в Управління з НС по м. Києву; оцінка та прогнозування обстановки при аварійному викиді токсичних газів; оповіщення персоналу

об'єкту та населення на території біля хімічно-небезпечного об'єкту; безперервнi вимірювання концентрації токсичних газів та метеорологічних параметрів у робочій зоні хімічно-небезпечних об'єктів; видача сигналів на вмикання аварійної вентиляції, апаратури управління відсічними клапанами та системами нейтралізації токсичних газів, зупинки роботи технологічних установок у разі аварії.

Комплекс буде мати три інформаційні рівні. Перший інформаційний рівень комплексу реалізується безпосередньо на небезпечному об'єкті. Другий інформаційний рівень комплексу реалізується в районних управліннях з НС.

Третій інформаційний рівень комплексу реалізується в Управлінні з НС по м. Києву, яке одночасно передає інформацію до ЦОМ і КМДА для прийняття управлінських рішень. Така система зможе забезпечити одразу після введення в експлуатацію прийняття правильних, оперативних рішень у кризових ситуаціях [9].

Порівняльний аналіз даних моніторингу забруднення атмосферного повітря у м. Києві

Для проведення порівняльного аналізу було використано офіційні статистичні дані[10]. Динаміка викидів шкідливих речовин і парникових газів в атмосферне повітря за останні 20 років (з 1990 року) наведена в табл. 1 та табл. 2

Таблиця 1. Загальна кількість джерел викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря в місті (одиниць)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Джерела викидів	17650	25287	22622	23068	24758

Таблиця 2. Сумарна кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в цілому по місту, (тис. тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Обсяги викидів	273	96,1	174,1	210,1	265,3

Для того щоб визначити стан забруднення повітря декількома речовинами, що надходять одночасно, часто використовують комплексний показник — індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Цей індекс використовується для порівняння ступеня забруднення атмосфери у різних містах або районах міста[1]. Дані змін сумарного ІЗА, який розраховується як сума поділених на ГДК середніх концентрацій 5 найважливіших домішок, визначені на діаграмі. Як видно з діаграми (див. рис. 1.), протягом періоду 1990-2010 рр. індекс забруднення атмосфери значно зменшився.



Рис. 1. Динаміка зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві

Протягом 2010 року в атмосферу м. Києва надійшло 265,3 тис. т забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел, що на 20% більше ніж у 2005 році та у 2,7 рази більше порівняно з 1995 р. Але не дивлячись на це, з діаграми видно, що простежується тенденція зниження ІЗА.

Основний чинник зменшення забрудненості атмосферного повітря протягом 20 років – це зниження викидів промислових підприємств. Можна констатувати, що обсяги викидів в атмосферне повітря стаціонарними джерелами мають стійку тенденцію до зниження, що свідчить про позитивні результати природоохоронної діяльності в місті, про впровадження нових методів та засобів природоохорони, порівнюючи з недосконалими нормативно-правовими документами 90-тих років. У 1990 році дві третини (66%) сумарних забруднень повітря припадали на підприємства (стаціонарні джерела) та 34% на автомобільний, залізничний, авіаційний, водний транспорт та виробничу техніку (пересувні джерела). За останні 15 років ситуація докорінно змінилася.

Загальний викид забруднюючих речовин та щільність викидів від стаціонарних джерел забруднення у розрахунку на квадратний кілометр території міста зазначені у табл. 3. та 4. Відповідно до цих значень простежується тенденція зменшення забруднення приблизно у 2 рази.

Таблиця 3. Загальний викид забруднюючих атмосферне повітря речовин від стаціонарних джерел (тис.тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Обсяги викидів	54,7	53,3	32,6	30,5	28,6

Таблиця 4. Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у розрахунку на квадратний кілометр території міста (тонн)

Роки	1990	1995	2000	2005	2010
Всього по місту	65,6	63,9	39,1	36,7	34,5

Якщо аналізувати забрудненість атмосферного повітря міста протягом 20 років, то спостерігається стійка тенденція зменшення загальних викидів та поліпшення якості атмосферного повітря, але якщо розглядати ступінь забрудненості за попередні 10 років (рис. 2.), можна зазначити, що проблема охорони повітря в Києві ще далеко не вирішена.

Збільшення обсягів забруднюючих викидів в атмосферу за останні роки (див. рис. 2.) пояснюється недостатнім застосуванням еколого-орієнтованих технологій, застосуванням неефективних видів палива, підвищенням зношеності основних фондів, а також різким збільшенням кількості автотранспорту, підвищенням в ньому питомої ваги морально (технічно) застарілих автомобілів. Має місце також зниження вимогливості до екологічності транспортних засобів з боку автоінспекції.

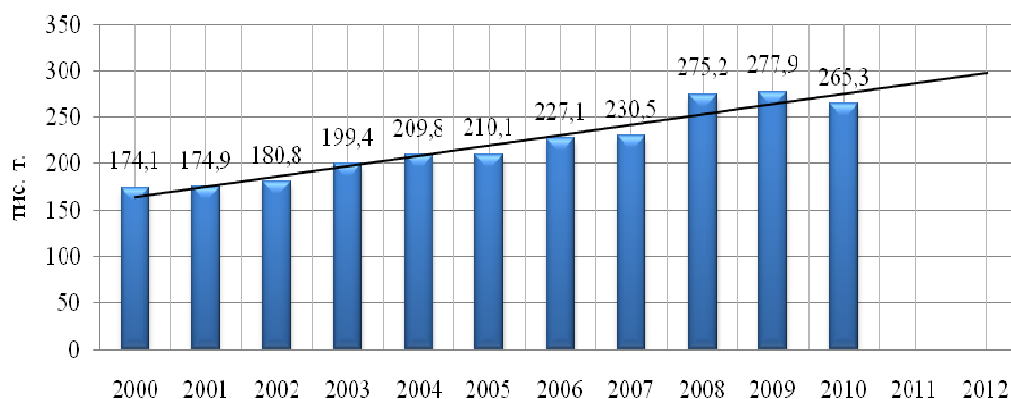


Рис. 2. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря у м. Києві в 2000-2010 рр.

Оскільки на діаграмі (див. рис. 2.) тренд відзначається у бік збільшення, то варто очікувати збільшення загальної кількості викидів у атмосферне повітря у 2012 році. Варто зазначити, що протягом січня–листопада 2011р. від стаціонарних джерел м. Києва у повітря надійшло 45,5 тис.т шкідливих речовин, що на 6,3% більше у порівнянні з відповідним періодом 2010 р. Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря необхідним є аналіз середньорічних концентрацій забруднюючих речовин шляхом порівняння з відповідними ГДК речовин у повітрі населених міст. Порівняльна характеристика забруднення зображена на рис. 3.

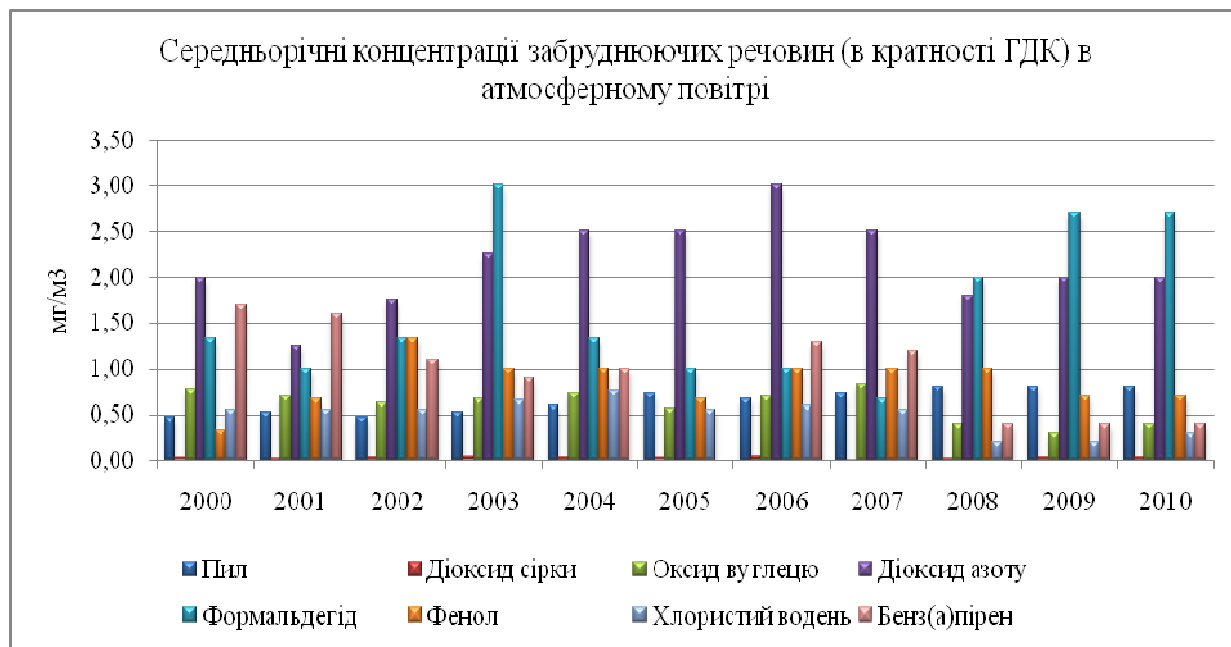


Рис. 3. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин (в кратності ГДК) в атмосферне повітря

Як видно з діаграми (див. рис. 3.), лімітуючими показниками забруднення атмосфери є формальдегід та діоксид азоту. Попередній аналіз даних моніторингу показав, що середньорічні концентрації діоксиду азоту (2-й клас небезпеки) за даними 2000 – 2010 рр. більш ніж у два рази перевищують гранично допустимі значення цих концентрацій. У цілому по місту повторення випадків перевищення максимально разової гранично допустимі концентрації для діоксиду азоту становить майже 60 відсотків від загального числа спостережень. Подібна ситуація повторюється в інших великих містах України, де діоксид азоту також фігурує серед найбільш критичних забруднювачів атмосфери [11].

Імплементація геоінформаційних технологій для вирішення задач управління якістю атмосферного повітря

Для побудови карт екологічного стану приземного шару атмосфери Києва використовувались дані 16 стаціонарних пунктів спостереження з періодичністю відбору проб 6 разів на тиждень[7]. Пріоритетними забруднюючими речовинами вважались ті, які вносили найбільший вклад в забруднення атмосфери міста. Сформований перелік забруднюючих речовин включив 19 речовин, які характеризували склад емісій відібраних для дослідження. Пріоритетними визначено 4 хімічні сполуки, як такі, що найбільш вагомі в загальному ряду забруднювачів.

За даними метеорологічних спостережень протягом 2011 р. у м. Києві штиль спостерігався протягом 9,44 % часу спостереження (або 827 год.), а середня швидкість вітру складала 3,3 м/с. Переважаючими напрямками вітру протягом 2011 року були східний [E] (361 год. або 4,10 %) та північно-східний [SE] (382 год. або 4,4 %), які характеризувалися швидкістю від 4-5 м/с до 1,5-3 м/с. Отже, допускалося, що

забруднюючі речовини від стаціонарних джерел викидів на досліджуваній території будуть поширюватися у відповідних Е та SE напрямках.

У ході дослідження проводився обрахунок усереднених річних концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря для заданих (рецепторних) точок. Загальна кількість рецепторних точок – 16. Дані забруднення атмосферного повітря м. Києва та метеорологічні дані були прив'язані до електронної карти району за допомогою інструментів QuantumGIS та пакету Microsoft Excel, що дозволило визначити рівень розсіювання викидів. Отримані дані імпортовано до відповідних модулів програми QuantumGIS. Оцінка забруднення атмосферного повітря проводилась з урахуванням кратності перевищень сумарного показника забруднення нормативних ГДК та включає характеристики рівня забруднення та ступеня безпеки.

Комп'ютерна карта в ГІС складається із шарів, розміщених один на одному, як прозорі плівки. Кожен шар являє собою спеціалізований інструмент для відображення й роботи з певним класом географічних даних (полігони, точки, лінії, тексти). Нижче зазначені структурні одиниці (шари), якими ми оперували при створенні карти забруднення атмосферного повітря міста Києва (див. рис.2).

Перший шар являє собою спеціалізований інструмент для відображення й роботи з певним класом географічних даних. Окреслення адміністративних меж міста робимо за допомогою імпорту табличних даних з координатною прив'язкою в shape-файл. Для накладання другого шару, до відповідних модулів програми QuantumGIS імпортовано табличний набір координатних даних — широта і довгота рецепторних точок (див. рис. 3).

Наступним етапом дослідження було нанесення на карту рівнів забруднення атмосферного повітря, які відображені як контури, зафарбовані відповідно до значень шкал (перевищень ГДК), що зазначені нижче. Відповідно, червоним кольором окреслені зони підвищеного ризику захворювання від забруднення атмосферного повітря, а синім – помірною ризику (рис.6,7).

Виявлено, що у центральній частині міста спостерігається декілька зон підвищеного забруднення, обумовлених особливостями рельєфу місцевості, який перешкоджає швидкому розсіюванню домішок.

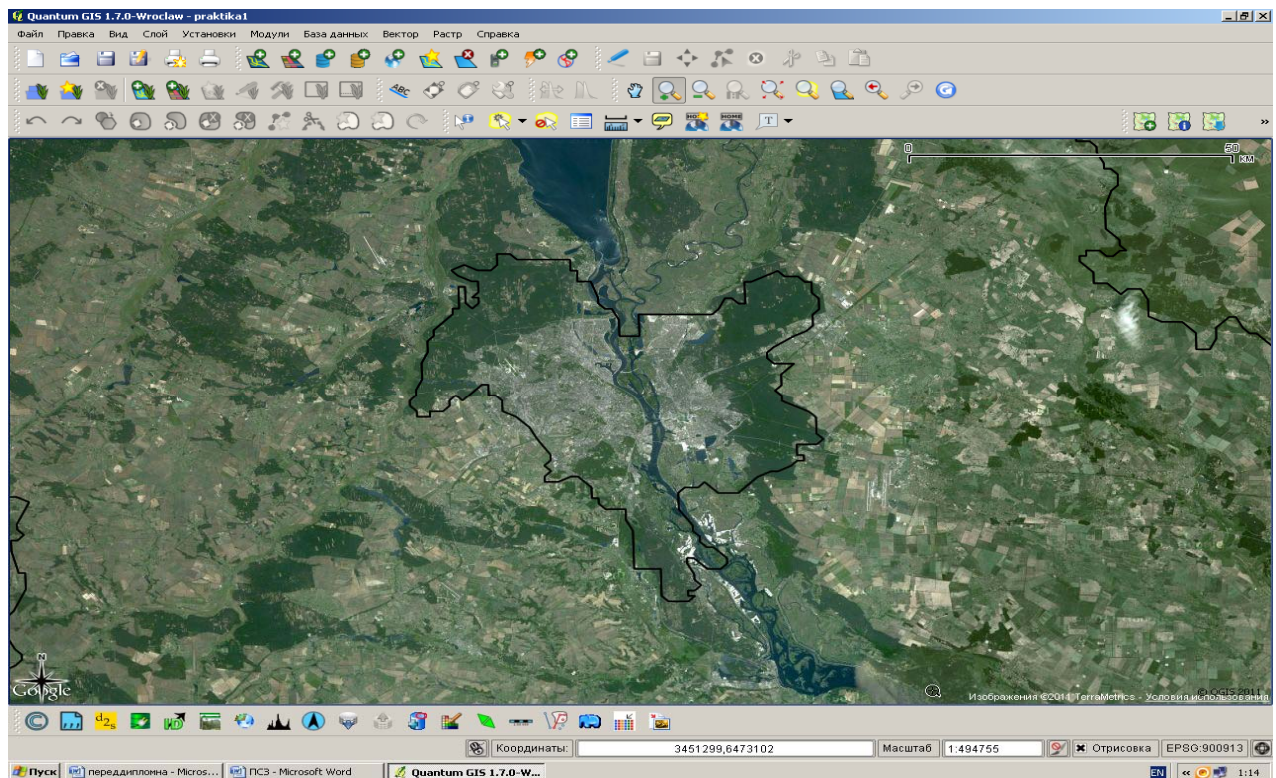


Рис. 4. Шар №1. Адміністративні межі міста Києва

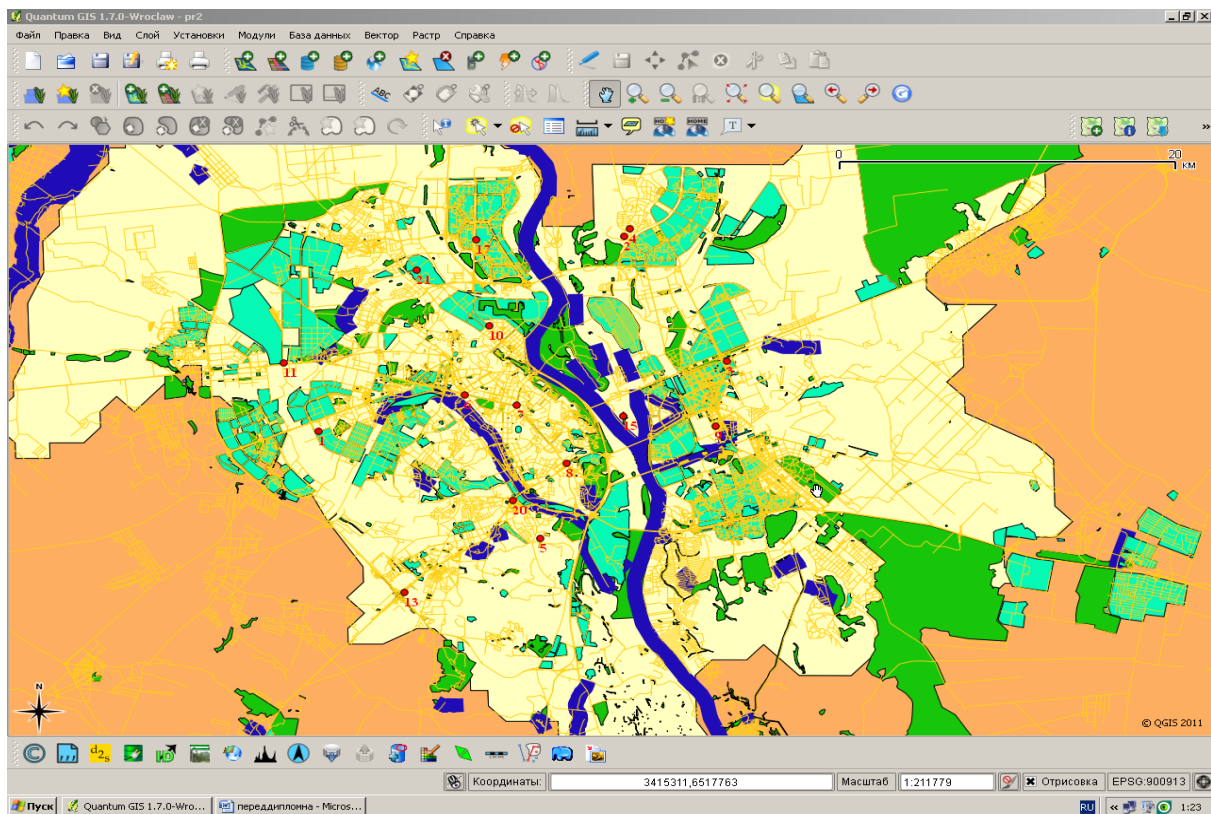


Рис.5. Шар №2. Нанесення на схематичну карту рецепторних точок

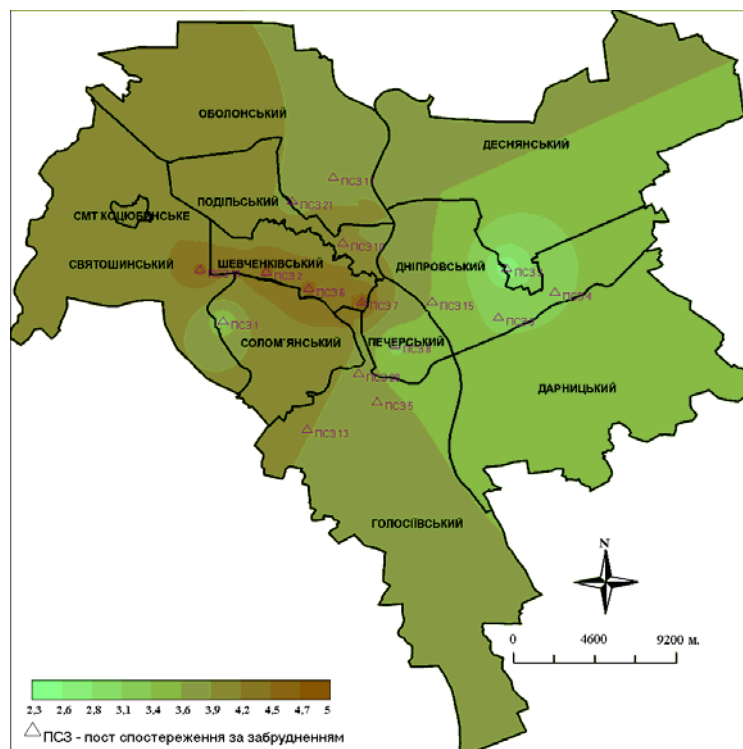


Рис. 6. Карта середньомісячних концентрацій формальдегіду в атмосферному повітрі Києва (в кратності середньодобових ГДК) за липень 2010 року

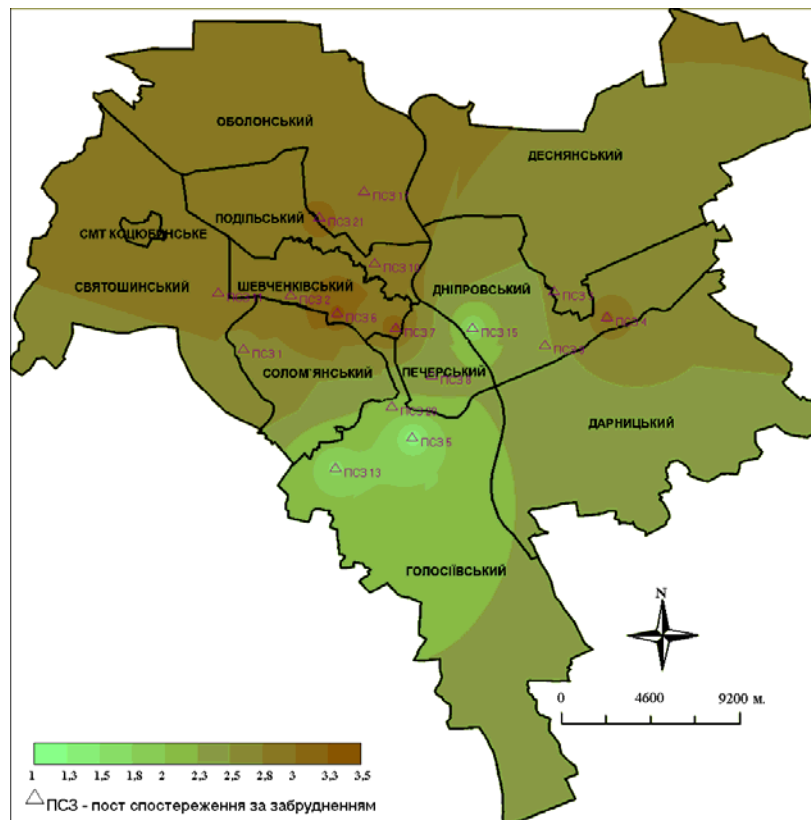


Рис. 7. Карта середньомісячних концентрацій діоксиду азоту в атмосферному повітрі Києва (в кратності середньодобових ГДК) за липень 2010 року.

На карті (рис.6) можна побачити, що вміст формальдегіду в атмосферному повітрі перевищує рівень ГДК майже на всіх постах. Найбільші середньорічні концентрації формальдегіду відмічені на площах Перемоги, Бесарабській, проспекті Перемоги, районі метро Святошин та Московській площі. Низьким забрудненням повітря характеризувались Гідропарк, територія Національного комплексу «Експоцентр України» та район Багрової гори (проспект Науки).

Відповідно, на карті (рис.7) рівень забруднення атмосферного повітря діоксином азоту системно відрізняється у Шевченківському, Голосіївському та Святошинському районах та оцінюється як дуже високий. Визначено, що найбільші середньорічні концентрації пилу відмічені у рецепторних точках №7 (Бесарабська пл.), №11 (пр. Перемоги, район метро Святошин), №17 (пр. Оболонський).

Висновки

На основі застосування методів просторової інтерполяції, геоінформаційної системи QuantumGIS було залучено ГІС технології, які дають можливість здійснювати більш розширений, об'єктивний та системний аналіз якості атмосферного повітря та ефективно впроваджувати заходи з охорони повітряного простору урбанізованих територій.

В результаті проведених досліджень розроблена методика з використанням геоінформаційної технології оцінки забруднення повітря на основі аналізу даних моніторингу атмосфери та ГІС-моделювання. У тому числі отримані наступні результати:

1. В результаті побудови численних графіків визначено закономірності та тенденції зміни індексу забруднення атмосфери у м. Києві протягом періоду 1990-2010 рр.

Звернувши увагу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря за останні 10 років, можна відзначити, що тренд змінюється у бік збільшення. Отже, варто очікувати збільшення загальної кількості викидів у атмосферне повітря у 2012 році.

2. Ранжування ідентифікованих викидів за величиною сумарної річної емісії дозволило виявити пріоритетні хімічні речовини, що забруднюють атмосферне повітря міста. У зазначених рецепторних точках забруднення значно перевищує значення референтних концентрацій, тим самим створюючи небезпеку для здоров'я населення. Наступні полутанти: пил, оксид вуглецю, азоту діоксид, формальдегід – виявились у найбільших концентраціях і найбільш небезпечними для здоров'я населення. Виявлено піки перевищення ГДК у рецепторних точках № 7 (район Бесарабської пл.), №6 (пл. Перемоги), №11 (пр. Перемоги), № 20 (Московська пл.).

3. Розроблено технологію візуалізації, картографування та аналізу багатовимірних даних за допомогою вкладених у простір даних моніторингу атмосферного повітря. Особливістю технології також є можливість безперервного проектування даних на карту, що істотно підвищує точність представлення даних.

4. Виявлено, що у центральній частині міста спостерігається декілька зон підвищеного забруднення, обумовлених особливостями рельєфу місцевості, який перешкоджає швидкому розсіюванню домішок. Відповідно на картах рівень забруднення атмосферного повітря системно відрізняється у Шевченківському, Голосіївському та Святошинському районі та оцінюється як дуже високий. Як видно з розроблених карт, низьким забрудненням повітря характеризувались Гідропарк, територія Національного комплексу «Експоцентр України» та район Багринової гори (проспект Науки).

5. Розроблено програмно-моделюючий комплекс, який дозволяє оцінювати та прогнозувати стан забруднення атмосферного повітря техногенно-навантажених регіонів. Здійснено апробацію програмно-моделюючого комплексу на прикладі об'єктів Київської міської агломерації і отримано відповідність між модельними та натурними даними.

1. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. для вузів / В.С. Джигирей. – 3-тє вид., випр. і доп. — К.: Знання, 2004. — 310 с.

2. Згуровський М.З. Наука на шляху до систематичного Грід. Частина 1: Об'єднання Web- і Грід- технологій/ М.З. Згуровський, А.І. Петренко // Системні дослідження і інформаційні технології №1, 2010. – С. 26-38.

3. Артемчук В.О. Математичні та комп'ютерні засоби для вирішення задачі розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / В.О. Артемчук// НАН України, Ін-т пробл. моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. - К., 2011. - 20 с.

4. Про схвалення Концепції Державної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища (Розпорядження КМУ від 31 грудня 2004 р. № 992-р) [Електронний ресурс] / Режим доступу : \www/ URL: <http://www.uazakon.com/document/fpart55/idx55572.htm> — 16.05.2011 р. — Загол. з екрану.

5. Каменева І.П. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій/ І.П. Каменева, Я.В. Яцишин, Д.О. Полішко, О.О. Попов// Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2008. —№5. — С. 41-46.

6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2008 р. – К. : М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2010. — 223 с.
7. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в Києві та містах Київської області № 7 (169) — К.: Центральна геофізична обсерваторія, 2010. —с.
8. Дашковський О.А. Автоматизована контрольно-вимірювальна система моніторингу атмосферного повітря м. Києва / О.А. Дашковський, І.Л. Міхєєва, М.О. Орлов // V Науково-технічна конференція «Приладобудування 2008: стан і перспективи»: збірник тез доповідей (м. Київ, 2008 р.) — 2008. — С. 212.
9. Ecosvit [Електронний ресурс] //Бібліотечний вісник — 2008. —№9. —12с. Режим доступу: <http://ekosvit.nepopsa.com/monitorung-kueva>.— Загол. з титул. екрану. — Мова: укр., англ. та ін. — Останнє оновлення: 01.12.2008.
10. Київська міська програма охорони навколишнього природного середовища на період 2003-2006 роки [Електронний ресурс] // За ред. Карабаєва Д.Т., Мовчана М.М., Невелєва О.М. — 2002. — 85с. —Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua/divinfo.asp?Id=21879>
11. Стратегія розвитку Києва до 2025 року[Електронний ресурс]// Проект із розробки Стратегії розвитку Києва до 2025— 2011. — 92с. —Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua/strategy.asp>. Загол. з титул. екрану. — Мова: укр., англ. та ін. — Останнє оновлення: 01.09.2011.

Т.В. Дудар, Н.В. Руденко, А.В. Яцишин

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Рассмотрены основные принципы построения системы мониторинга атмосферного воздуха города Киева. Исследовано пространственное распределение основных загрязняющих примесей, определены закономерности и тенденции изменения индекса загрязнения атмосферы в г. Киеве в течение периода 1990-2010 гг, создан комплект карт современного состояния загрязнения территории города на основе геоинформационных технологий, что будет способствовать совершенствованию процесса управления и принятию эффективных решений.

T. Dudar, N. Rudenko, A. Yastyshyn

ANALYSIS OF STATE AND IMPROVEMENT PROSPECTIVE OF ATMOSPHERIC AIR MONITORING

The basic principles of air monitoring system in Kyiv are considered. It is investigated the spatial distribution of major pollutants, it is identified patterns and trends of atmospheric air indices change in Kiev during the period 1990-2010, it is created a set of maps of the current state of pollution in the city based on GIS technologies that will improve the management and effective decision-making.