

rainwater per unit area and the volumetric intensity were calculated for moments of maximum intensity or amplification waves. The analysis of spatial and temporal fluctuations of intensity values within a separate process allowed to distinguish three types of rainfall during the warm period of the year: heavy precipitations (maximum intensities greater than 1 mm/min., such intensities more often observed at the beginning of the process; it notes the presence of one/two waves of amplification of rainfall with different amplitudes), slight precipitations (maximum intensities are approximately equal to 0.1 mm/min, several (3-5) waves of amplification of rainfall with small but equal amplitudes), and a "mix" of heavy and slight precipitations during the development of frontal stratus with so-called "flooded" convection (maximum intensities less than 1 mm / min; there are several waves of amplification of different amplitude). Conditions for the formation of heavy precipitations of the last type are the combination of mechanisms of thermal and dynamic convection, which is manifested in the enhancement of vertical lifting of air masses due to the blocking processes. It was made a comparison of the intensity and nature of precipitation in the current climatic period and in previous periods. It was found that the values of the maximum intensity for the same type of precipitation during the different observation periods practically coincide. Obviously, there is a zone of "upper limit" of the intensity of the processes of precipitation and moisture storage of clouds, which ensures the constant intensity of rainfall over time. There is some increase in number and length of waves of rainfall amplification, as well as an increase in the frequency of rainfalls with "flooded" convection. The research shows the recurrence of rainfall intensity for certain types within certain gradations of their values. On this basis an integral providing curve is created, which makes it possible to estimate the probability or recurrence of given precipitation intensity values at different levels of providing.

Keywords: dangerous and heavy rainfalls, maximum intensity, amplification waves, volumetric intensity, types of rainfalls, recurrence of intensity values.

Надійшла до редколегії 28.08.2019

УДК 551.570.04

Дячук В.А., Баштаннік М.П., Кіптенко Є.М., Козленко Т.В., Надточій Л.М.
Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В МІСТІ КИЄВІ ТА НАПРЯМКИ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, викиди, концентрації, забруднюючі речовини, якість повітря, система спостережень.

Вступ. Моніторинг забруднення атмосферного повітря великого промислового міста має свої особливості, які пов'язані зі складністю механізму взаємодії сукупності забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу від різних джерел викидів (промислові підприємства, автотранспорт тощо) та енергетикою граничного шару атмосфери, яка призводить до розсіювання домішок [10-13,16]. Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря в Києві є складовою частиною багаторівневої системи управління якістю повітря, спрямованої на забезпечення її відповідно до національних стандартів щодо умов проживання населення й стану природного середовища. Основною складовою інформаційного забезпечення є дані приземних концентрацій пріоритетних забруднюючих домішок достатнього просторово-часового розподілу, які отримано шляхом вимірювань або розрахунків у приземному шарі повітря. Під час організації моніторингу враховується кількість населення, розміщення основних джерел викидів, перелік пріоритетних речовин та деякі кліматичні характеристики їх розсіювання. Діюча на сьогодні Державна система моніторингу забруднення атмосферного повітря потребує свого удосконалення (згідно з [7] кожні три роки).

Вихідні дані та методика дослідження. Для вирішення питання удосконалення системи моніторингу забруднення атмосферного повітря сумісно аналізували матеріали інвентаризації джерел викидів, просторовий розподіл концентрацій ЗР протягом 2000-2016 рр., характеристики потенціалу забруднення

атмосфери, демографічні особливості міста, репрезентативність розташування стаціонарних постів спостереження за забрудненням атмосферного повітря (ПСЗА).

В основу роботи покладено архівні дані метеорологічні, радіозондування станції Київ, приземні концентрації ЗР на стаціонарних постах, а також звіти Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (ЦГО) про стан забруднення атмосферного повітря, матеріали Державної служби статистики України та Міністерства екології та природних ресурсів України.

Виклад основного матеріалу. Моніторинг у Києві здійснюється на 16 стаціонарних постах (рис.1), що дозволяє отримувати разові, середньомісячні та річні концентрації забруднюючих домішок.

Основним документом, яким ЦГО керувалось у процесі формування моніторингу повітря і якого продовжує дотримуватись, забезпечуючи функціонування системи спостережень, є «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» РД 52.04.189-9, підготовлене в 1979 р. та доповнене й перевидане в 1989 р.

Більшість пунктів спостережень мережі ЦГО (дев'ять) у Києві належать до категорії «автотранспортних», оскільки розташовані біля великих автомагістралей або на місцевості зі значним впливом пересувних джерел; чотири пункти – промислові і три - «фонові» (один із них організовано на березі Дніпра, де переважає долинна мікрокліматична циркуляція атмосфери).

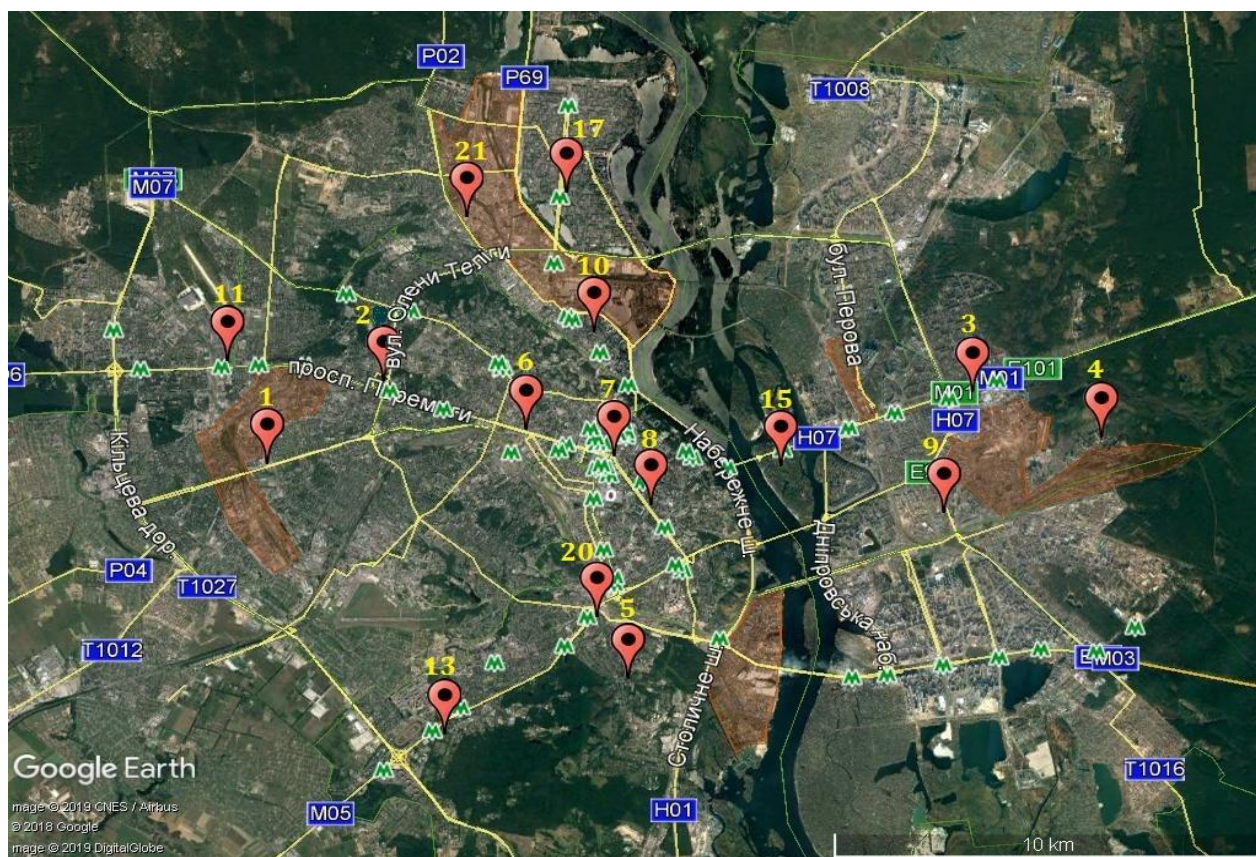


Рис. 1. Розміщення пунктів спостережень за забрудненням атмосферного повітря

Пункти спостережень на території адміністративних районів розташовано нерівномірно: шість із них не репрезентативні щодо основної селітебної зони (табл.1).

Таблиця 1. Кількість пунктів спостережень в адміністративних районах Києва

Район	Кількість пунктів	Розташування пунктів
Голосіївський	3	У північній частині району, в межах селітебної зони
Дарницький	-	Пункт спостережень відсутній
Деснянський	1	Спостереженнями район майже не охоплено. Пункт на межі з Дніпровським районом
Дніпровський	3	Пункти рівномірно розташовуються по території району
Оболонський	2	Один пункт у центрі району; інший на межі з Подільським районом
Печерський	2	Один пункт у південній частині, інший на межі з Шевченківським районом
Подільський	1	У крайній південно-східній частині району
Святошинський	1	Район спостереженнями практично не охоплено, один пункт на межі з Шевченківським районом
Солом'янський	2	Пункти розташовано на північному заході району. Один з пунктів на межі з Шевченківським районом
Шевченківський	1	Район спостереженнями не охоплено. Єдиний пункт на крайньому півдні на межі з Солом'янським районом

Багаторічний досвід використання результатів моніторингу повітря підтвердив, що в Києві реалізовано ефективний свого часу метод захисту атмосферного повітря, який базується на «управлінні» джерелами викидів («управління трубою» за термінологією ВООЗ [5]) з метою контролю дотримання гігієнічних нормативів. Інформаційне забезпечення даними приземних концентрацій забруднюючих речовин дозволило регулярно відслідковувати довготривалі ситуації погіршення якості повітря, розробляти та впроваджувати заходи з її покращення.

Актуальність оптимізації системи спостережень у місті зумовлено необхідністю подолання недоліків її функціонування, які накопичились за роки існування системи, та отримання детальніших даних про забруднення атмосферного повітря для вирішення нових завдань, як того вимагають національні нормативи та Директиви ЄС [7,14,15].

До основних недоліків системи моніторингу повітря можна віднести такі:

- дискретний метод спостережень зі значними інтервалами між вимірюваннями не гарантує надійної реєстрації найбільших концентрацій речовин, у результаті чого зменшується точність і забезпеченість статистичних характеристик рядів спостережень та знижується оцінка максимумів і квантилів високого порядку;
- застаріла технологія збору даних (на поглиначі) виключає можливість оперативного використання інформації для невідкладного реагування у випадках різкого погіршення якості повітря;
- пункти розміщено не репрезентативно щодо основної селітебної зони.

Серед першочергових завдань, вирішення яких вимагає якісно нового інформаційного забезпечення, є надання детальних і повних даних про концентрації речовин у зонах перебування людей для достовірного виявлення зв'язків погіршення здоров'я населення із впливом забрудненого атмосферного повітря, визначення його експозиції, установлення ризиків і прогнозування наслідків. Об'єктом моніторингу за новою методологією визначається не джерело викидів (труба), як це зберігається в Україні, а ступінь впливу забрудненого повітря на людину.

Якщо в разі першого підходу [7] захист населення досягається регулюванням викидів, то при другому [14,15] рекомендується зменшувати експозицію людини на забруднених територіях. Для розрахунку експозиції необхідні детальні дані про

концентрації речовин достатньої розподільної здатності в просторі й часі та інформація про щільність розподілу населення, його міграцію. В кожному масиві, де щільно проживає або перебуває значна кількість людей, повинні вестись репрезентативні спостереження за вмістом забруднюючих речовин. Оскільки їх вплив на здоров'я людей може проявлятися «гостро» чи поступово, збір даних повинен здійснюватись із частотою, що гарантує виявлення шкідливого впливу на ранніх стадіях (концентрацій оксиду вуглецю кожні 10 хвилин і більше [5]). ВООЗ рекомендувала для країн Європи переглянуті й оновлені критерії якості повітря, розширені за рахунок кількісних співвідношень між експозицією окремих речовин і відповідною реакцією на них населення. Критерії вже впроваджено в країнах - членах ЄС і рекомендовано для інших країн, в тому числі і в Україні.

Оптимізацію державної системи моніторингу повітря в Києві з метою отримання надійної інформації як для вирішення традиційних завдань (контролю недопущення випадків перевищення ГДК окремих домішок), так і назрілих нових (виявлення впливу забруднення повітря на здоров'я людей), доцільно проводити, керуючись такими принципами:

- здійснювати удосконалення моніторингу повітря, поєднуючи рекомендації [7] та концепції Директив ЄС [1,8,14-15]. Крім того, підписання Угоди про асоціацію між Україною з одного боку та Європейським Союзом з іншого потребує впровадження європейських стандартів щодо якості атмосферного повітря[1].
- забезпечити збереження нині діючої системи моніторингу повітря як такої, що має на більшості пунктів довгі ряди спостережень, дозволяє відслідковувати динаміку забруднення повітря залежно від зміни об'ємів викидів, метеорологічних умов, розробляти прогноз стану атмосфери на найближчу перспективу і тренди концентрацій на більш віддалену;
- організувати відкриття нових пунктів тільки за обґрунтованою необхідністю таким чином, щоб кожен із них мав змістовне навантаження й відповідав завданням, для вирішення яких він організовувався згідно з типологією [5] (автотранспортний, промисловий, селітебний, фоновий).

Тільки оптимізована, добре спланована й відпрацьована система отримання даних забруднення атмосферного повітря з одночасним використанням матеріалів вимірювань та результатів розрахунків здатна забезпечувати вирішення поточних і перспективних завдань управління якістю повітря. Тому, в межах єдиного цілісного підходу сумісно проаналізовано матеріали інвентаризації джерел викидів, характеристики потенціалу забруднення атмосфери, дані вимірювань приземних концентрацій шкідливих речовин; демографічні особливості міста.

Структура розподілу середнього поля забруднення атмосферного повітря над територією міста обумовлена впливом усіх джерел викидів, їх характером розміщення, особливостями рельєфу, кліматичними умовами перенесення та розсіювання домішок.

Результати інвентаризації джерел викидів. Техногенні чинники є визначальними в забрудненні атмосферного повітря. Їх характеристики встановлюються в процесі детальної інвентаризації джерел викидів. Для всього міста середні концентрації шкідливих домішок за тривалий період (рік або декілька років) визначаються сумарною потужністю викидів промислових та пересувних джерел. Обсяги промислових викидів поступово зменшуються від 56,8 тис.т. у 1997 р. до 26,7 тис.т. у 2015 р. Найбільшу частку в забрудненні атмосферного повітря вносять підприємства енергетики (структури АК «Київенерго»– ТЕЦ-6, ТЕЦ-5, ЗАТ «ДАР Теплоцентраль», «Теплові мережі», завод «Енергія» та інші) викиди яких, наприклад, у 2009 р. становили більше ніж 85,4% від загальної кількості викидів стаціонарних джерел.

Забруднюючі речовини від енергетичних підприємств надходять в атмосферу із джерел висотою від 105 до 270 м. Серед інших забруднювачів повітря підприємства будматеріалів, нафтохімічної, хімічної, харчової, метало- і деревообробної промисловості тощо.

Щільність сумарних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в розрахунку на квадратний кілометр території міста значно перевищує середній по території України показник [2,6,9].

За даними [6] в місті Києві значно переважають обсяги викидів від пересувних джерел (переважно від автотранспортних засобів за умовами викидів, віднесених до типу низьких та холодних), (табл. 2).

Тенденція до збільшення забруднення атмосферного повітря від автотранспорту збережеться в результаті зростання кількості транспортних засобів. Також впливає ослаблення протягом останнього кліматичного періоду природного механізму самоочищення атмосфери. Сказане вище зумовлює необхідність розробки та впровадження захисних заходів щодо таких забруднюючих речовин, як оксидів азоту (NO_x), оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів, фотохімічні перетворення яких сприяють утворенню вторинних речовин токсичніших, ніж первинні (приземного озону та інших). «Зони ризиків» з вузьких смуг біля доріг (50-100м) поступово переміщуються в селітебні зони, де зростає «загазованість» повітря, особливо вірогідна й небезпечна за стійких несприятливих умов у атмосфері (наявності смогу, задимлення тощо).

Таблиця 2 . Обсяги викидів стаціонарних (промислових) і пересувних джерел

Роки	Загальні обсяги викидів, тис. т.	Зокрема від:		Відношення викидів автотранспорту до загальних, %
		стаціонарних, тис. т.	пересувних, тис.т.	
2000	170,4	32,6	137,8	80,9
2001	173,9	27,8	146,1	84,0
2002	181,6	31,6	150	82,6
2003	199,2	31,6	167,6	84,1
2004	209,9	34,8	175,1	83,4
2005	220,5	33,6	186,9	84,8
2006	227,1	26,4	200,7	88,4
2007	230,5	26,5	204,0	88,5
2008	275,2	27,0	248,2	90,2
2009	277,9	43,0	234,9	84,5
2010	265,3	28,6	236,7	89,2
2011	254,5	33,3	221,2	86,9
2012	259,2	32,9	226,3	87,3
2013	247,7	31,9	215,8	87,1
2014	214,2	31,4	182,8	85,3
2015	171,0	26,7	144,3	84,4
2016*	-	34,3	-	-

Примітка: * у 2016 році розрахунки щодо обсягів викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел не проводились.

Основними речовинами, що забруднюють атмосферне повітря в місті, є завислі частки, діоксид та інші сполуки сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, леткі органічні сполуки. Тонкодисперсні, нерідко високо електризовані аерозолі $\text{PM}_{2,5}$; PM_{10} (в атмосферу попадають після електростатичного очищення в конденсаторах на ТЕЦ, підприємстві «Енергія» тощо) відзначаються надзвичайно строкатою структурою приземних полів, що зумовлює необхідність автоматизованого збору даних у районах найбільшого їх вмісту.

Високотоксичні речовини (бенз(а)пірен, важкі метали) достатньо довго зберігаються в атмосфері й тому здатні переноситись на значні відстані від джерел викидів (їх моніторинг пов'язаний з фільтруванням великих об'ємів повітря і тому обмежений в періодичності відбору проб). У зв'язку з цим взяття проб необхідне не тільки в селітебних зонах, але і вздовж переважного переносу в райони фонових і приміських територій.

Зміна паливного балансу підприємств (насамперед енергетичних) у бік зростання частки вугілля й мазуту зумовлює погіршення якості повітря (особливо в зонах «кліматичних максимумів»), інтенсивність якого буде посилюватись із зменшенням частки чистішого палива (газу). Значні об'єми викидів від пересувних та стаціонарних джерел зумовили формування потужних атмосферних навантажень забруднюючих речовин, територіальний розподіл яких на ряду з антропогенним фактором формується під впливом метеорологічних умов.

Метеорологічні фактори, що впливають на рівень забруднення атмосферного повітря. Основними метеорологічними факторами розсіювання забруднюючих речовин є режим вітру й термічна стратифікація атмосфери. Аналіз цих факторів свідчить про їх значний вплив на формування режиму забруднення повітря, тому їх необхідно враховувати під час оптимізації системи моніторингу повітря. Вплив атмосферних процесів на забруднення повітря проявляється так, що велика ймовірність слабких вітрів 0-1 м/с сприяє накопиченню речовин від низьких і більшості неорганізованих джерел викидів та зумовлює значне погіршення якості повітря. Ситуація погіршується в разі поєднання приземних і низьких припіднятих інверсій та слабого вітру біля поверхні землі, т.з. «застоїв» повітря [4]. В умовах неефективного природного механізму самоочищення атмосфери (зі значною повторюваністю стійко-стратифікованої атмосфери і слабких вітрів) у разі оптимізації системи моніторингу повітря необхідно забезпечувати отримання повних достовірних даних, насамперед, у районах щільного проживання населення і густої сітки автомобільних доріг з інтенсивним рухом.

Накопичення домішок в атмосфері при інверсіях і слабких вітрах посилюється туманами. Рідкі краплини, які накопичують забруднюючі речовини із різних за висотою шарів хмар, погіршують якість повітря атмосфери [3,8].

«Очищувальна» роль опадів мінлива в часі у зв'язку зі значним коливанням їх річної та сезонної кількості [3,4].

Орографічні особливості території. Орографія території Києва надзвичайно складна поєднанням природного й міського ландшафтів. Наявність різноманітних орографічних структур (улоговин, височин, лісових масивів, широкої річки та переважно високих будинків), які порушують однорідність та рівномірність розповсюдження домішок, сприяє значній строкатості мікрокліматичних особливостей і різній інтенсивності забруднення повітря. Формування мережі спостережень у такій місцевості є одним зі складних завдань моніторингу атмосфери. Складність полягає у виборі місць розташування пунктів спостережень, які б одночасно репрезентативно характеризували не тільки умови локальних зон, але й забруднення повітря над цією територією загалом.

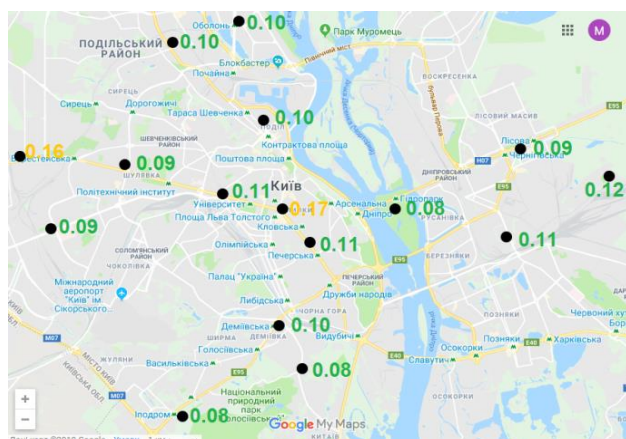
Урахування орографічних особливостей міста в процесі оптимізації системи моніторингу повітря спрямовано переважно на забезпечення достовірних даних, для чого в мікрокліматичних зонах пункти спостережень розміщуються на майданчиках, репрезентативних щодо типової форми рельєфу місцевості:

- на випуклих формах (горбах, височинах) – на характерних елементах орографії в тих місцях, де відсутні локальні значні перешкоди перенесенню домішок;
- у ввігнутих формах (ярах, улоговинах, різного типу заглибленнях) – у їх центрі, на майданчиках, параметри яких вибираються залежно від завдань;

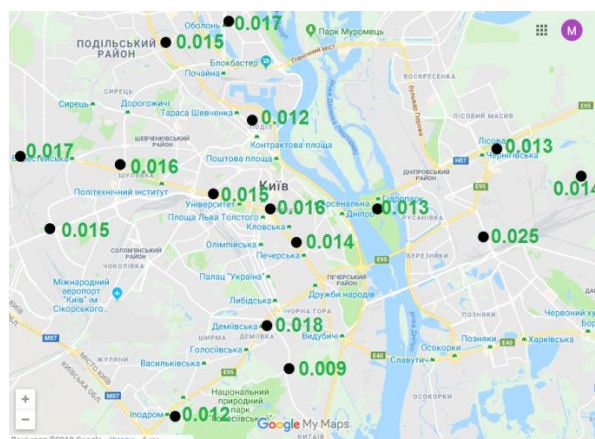
- у лісових масивах – на галявинах на відстані 5-10 – кратної середньої висоти дерев;
- серед будівель різної конфігурації – на відстані від будівель, величина якої залежить від їх параметрів, але не ближче 5-10 – кратної висоти будівель.

Для забезпечення репрезентативності даних на території зі складною орографією та аналізу забруднення повітря за допомогою осереднених характеристик спостереження повинні здійснюватись у пунктах, розміщених на певній відстані від перешкод. Величина відстані залежить від масштабу нерівностей і зумовлюється їх параметрами (крутизною схилів, їх довжиною й висотою, розмірами будівель тощо) [8].

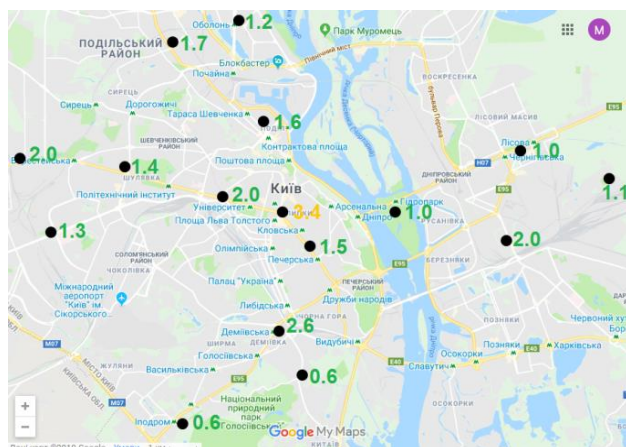
Результати просторово-часової мінливості концентрацій ЗР у повітрі міста. Основними чинниками в ході організації моніторингу атмосфери крім емісійних параметрів, метеорологічних та топографічних характеристик, демографічної ситуації, цілей і завдань є особливості просторової мінливості полів приземних концентрацій забруднюючих речовин. Інформацію про просторові мінливості концентрацій домішок отримували за результатами аналізу даних спостережень ЦГО ім. Бориса Срезневського (рис.2) і математичного моделювання розсіювання домішок.



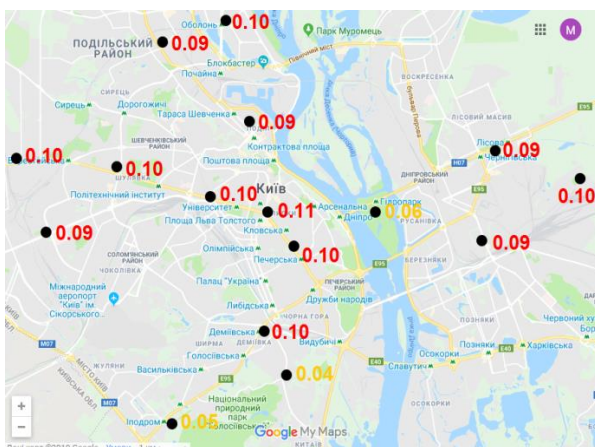
а



б



в



г

Рис. 2. Розподіл річних концентрацій (мг/м^3) основних домішок на території міста за період 2000-2016 рр. (а- завислі речовини, б- діоксид сірки, в- оксид вуглецю, г- діоксид азоту). Зелений колір - концентрації нижче ГДК_{с.д.}, жовтий – на рівні ГДК_{с.д.}, червоний - вище ГДК_{с.д.}

Найзабрудненіші зони відмічено в районах значних обсягів викидів промислових (Дніпровському, Голосіївському, Деснянському) та автотранспортних (Шевченківському, Печерському, Подільському, Солом'янському) районах. Сумісні викиди зумовлюють найбільші концентрації оксиду вуглецю на територіях, прилеглих до великих автомагістралей та їх перехрестях, де майже цілодобово порушується транспортний потік унаслідок заторів – Бессарабська, Деміївська (Московська), Дарницька, Харківська площі, площа Перемоги, вулиці Хрещатик, Гагаріна та ряд інших.

Значно менш забруднені-територія Національного комплексу «Експоцентр України», Гідропарк, лісова зона «Голосіївський ліс», Багринова Гора та ін.

Для деталізації просторової мінливості концентрацій домішок доцільно використовувати моделювання. Такі розрахунки, для визначення приземних концентрацій від викидів середніх і високих джерел, виконано за допомогою методики, розробленої на базі комбінованої дифузійної моделі IEM [8]. За середніми річними концентраціями з урахуванням викидів від основних енергетичних джерел (ТЕЦ-5, ТЕЦ-6, станцій теплопостачання, «Укр-кан-ПАУЕР») побудовано з кроком $0,01^\circ$ поле середніх річних концентрацій основних забруднюючих речовин (CO , SO_2 , NO_x) повітря по кожній із домішок. Взаємне розташування забруднених територій і його інтенсивність зумовлена емісійними параметрами й кліматичними характеристиками розсіювання речовин. Розташування «зон ризиків» далі зіставлялось із житловими масивами щільного проживання (перебування) населення, дислокацією постів спостережень і полями забруднення повітря за даними спостережень на цих постах. Достовірність розрахованої структури загального міського поля забруднення повітря окремими речовинами підтверджено результатами аналізу даних спостережень.

Таким чином, згідно [8] у межах густонаселених районів Києва виділено декілька забруднених зон з «кліматичними максимумами» приземних концентрацій CO , SO_2 , NO_x та завислих речовин [8]:

- на Троєщині - Деснянський район (пости спостережень ЦГО відсутні);
- у Печерському районі (підтверджується пунктом спостережень ЦГО №8);
- на Оболоні (пункт 17 не репрезентативний ні щодо «кліматологічного» максимуму, ні щодо більшої частини території забрудненої зони);
- у Дарницькому районі - масиви Позняки, Осокорки (пунктів спостережень ЦГО немає),
- на межі Дніпровського й Дарницького районів (масиви ДВРЗ, Нова Дарниця) – підтверджується постами ЦГО №3 і №4.

У зв'язку з тим, що в розрахунках враховано характеристики тільки високих джерел ($\approx 70\%$ обсягів промислових викидів), розраховані значення концентрацій становлять нижню межу їх можливих величин [8].

Тривалі вимірювання концентрацій забруднюючих речовин на мережі ЦГО дозволили отримати дані, необхідні та достатні для:

- оцінки якості повітря в місті та виявлення випадків перевищення концентрацій речовин над діючими нормативами;
- аналізу динаміки змін інтенсивності забруднення повітря залежно від обсягів викидів і впровадження природоохоронних заходів (насамперед, закриття чи винесення найпотужніших забруднювачів повітря за межі Києва, спрямування транспортних автомобільних потоків у обхід міста, масовий перехід на екологічно безпечний вид палива – газ та інші);
- побудови полів приземних концентрацій речовин для виявлення «ризикових» зон найбільшого забруднення повітря, розробки захисних заходів у системі

управління його якістю, корегування Програми моніторингу й оптимізації мережі спостережень.

Отже, однотипність просторових структур полів забруднення повітря дає підстави використовувати результати моделювання для удосконалення і організації мережі спостережень на території міста.

При цьому вимірювані дані мають вищу достовірність у ході оцінки дійсних концентрацій, у зв'язку з чим вони першочергово необхідні як для інформаційного забезпечення системи управління якістю повітря, особливо в разі загрозливих ситуацій, так і для апроксимації робочих методик дифузійних розрахунків.

Висновки. Функціонуюча мережа спостережень ЦГО забезпечує даними про концентрації речовин у більшості селітебних зон, які необхідні для контролю якості атмосферного повітря і діагностики перевищення. Будівництво нових житлових масивів та забудова й збільшення кількості населення старих масивів, зумовлює необхідність удосконалення мережі спостережень, оскільки в більшості нових районів спостереження за якістю повітря не проводяться, а в старих – пункти спостережень виявились на окраїнах і втратили репрезентативність щодо всього масиву.

Сумісне використання результатів моделювання й спостережень дозволяє суттєво збільшити достовірність оцінки якості повітря та оптимізувати мережу з мінімально необхідною кількістю репрезентативних пунктів.

Проведення на сучасному рівні регулярних спостережень за якістю повітря у районах міста забезпечить інформацією, необхідною для виконання в повному обсязі наявної Програми моніторингу атмосферного повітря і нових завдань, рекомендованих Директивами ЄС.

Список літератури

1. 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.
2. Головне управління статистики в м. Києві. URL: <http://kiev.ukrstat.gov.ua/r.php3?c=1730&lang=1>
3. Кліматичний кадастр України. УкрНДГМІ та ЦГО. К., 2005.
4. Клімат Києва. За ред. Осадчого В.І., Косовця О.О., Бабіченко В.М, Київ «Ніка-центр», 2010. 319 с.
5. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, №85 Копенгаген. 2001. 293 с.
6. Регіональні доповіді про стан навколишнього середовища //Міністерство екології та природних ресурсів України. URL: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/4756-rehionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnoho-prirodnoho-seredovyshcha-u-2014-rotsi>.
7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.189-91, М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1991. 605 с.
8. Удосконалення системи моніторингу забруднення атмосферного повітря та розроблення методів його прогнозування. Звіт НДР (проміжний) УкрНДГМІ МНС України; керівник В.А. Дячук, відп. вик. М.П. Баштаннік. Київ, 2009. 60 с.
9. Клебанова Н.С., Клебанов Д.О. Вплив пересувних та стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин на якість атмосферного повітря в місті Києві в 2009-2010 роках. Наук. праці УкрНДГМІ, 2011. №260. С. 235-249.
10. Лоева І.Д., Владимірова О.Г., Верлан В.А. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря великого міста: методи аналізу, прогнозу, регулювання. Монографія. Одеса: Екологія, 2010. 224 с.
11. Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста. Київ : Обрії, 2011. 297 с.
12. Andersson C., Langner J. Inter-annual variations of ozone and nitrogen dioxide over Europe during 1958–2003 simulated with a regional CTM. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 7, 2007. 15-23p. doi:10.1007/s11267-006-9088-4.
13. Baklanov A. et al. Meteorological and Air Quality Models for Urban Areas. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.181 p.
14. 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. Official Journal of the European Union, L 23/3.
15. Directive ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 4 (55)

2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Union, L 152/1. **16.** Hou, P., Wu S. Long-term Changes in Extreme Air Pollution Meteorology and the Implications for Air Quality. Sci. Rep. 6, 23792; doi: 10.1038/srep23792

References

1. Bashtannik M.P., Dvoret's'ka I.V., Onos L.M., Savenets' M.V. Osnovni zasady vydilennia zon iakosti atmosferного povitria na terytorii Ukrainy ta ikh klasyfikatsiia zghidno z vymohamy Dyrektyv 2004/107 ta 2008/50. Naukovi pratsi UkrNDHMI, 2016. Vyp. 269. S. 123–137. **2.** Holovne upravlinnia statystyky v m. Kyievi. URL: <http://kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=1730&lang=1> **3.** Klimatychnyj kadastr Ukrainy. UkrNDHMI ta TSHO. K., 2005. **4.** Klimat Kyieva. Za red. Osadchoho V.I., Kosovtsia O.O., Babichenko V.M., Kyiv, «Nika-tsentr» 2010. 319s. **5.** Monitoring kachestva atmosferного vozduha dlja ocenki vozdeystviya na zdorov'e cheloveka. Regional'nye publikacii VOZ, Evropejskaja serija, №85 Kopengagen, 2001. 293 s. **6.** Rehional'ni dopovidi pro stan navkolyshn'oho seredovyscha //Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. URL: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/4756-rehionalni-dopovidi-pro-stand-navkolyshnoho-pryrodnoho-seredovyscha-u-2014-rotsi>. **7.** Rukovodstvo po kontrolju zagrjaznenija atmosfery RD 52.04.189-91. M.: Gosudarstvennyj komitet SSSR po gidrometeorologii, 1991. 605 s. **8.** Udoshkonalennia systemy monitorynhu zabrudnennia atmosferного povitria ta rozroblennia metodiv joho prohnozuvannia. Zvit NDR (promizhnyj) UkrNDHMI MNS Ukrainy; Kerivnyk V.A. Diachuk, vidp. vyk. M.P. Bashtannik. Kyiv, 2009. 60 s. **9.** Klebanova N.S., Klebanov D. O. Vplyv peresuvnykh ta statsionarnykh dzherel vykydiv zabrudniuval'nykh rehovyn na iakist' atmosferного povitria v misti Kyievi v 2009-2010 rokakh. Nauk. pratsi UkrNDHMI, 2011. №260. S.235-249. **10.** Loieva I.D., Vladymyrova O.H., Verlan V.A. Otsinka stanu zabrudnennia atmosferного povitria velykoho mista: metody analizu, prohnozu, rehuliuвання. Monohrafiia. Odesa: Ekolohiia, 2010. 224 s. **11.** Snizhko S.I., Shevchenko O.H. Urbometeorologichni aspekty zabrudnennia atmosferного povitria velykoho mista. Kyiv, Obrii, 2011. 297 s. **12.** Andersson, C., Langner J. Inter-annual variations of ozone and nitrogen dioxide over Europe during 1958–2003 simulated with a regional CTM. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 7, 2007. 15-23p. doi: 10.1007/s11267-006-9088-4. **13.** Baklanov A. et al. Meteorological and Air Quality Models for Urban Areas. Springer Verlag Berlin Heidelberg. 2009. 181 p. **14.** 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. Official Journal of the European Union, L 23/3. **15.** 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. Official Journal of the European Union, L 152/1. **16.** Hou P., Wu S. Long-term Changes in Extreme Air Pollution Meteorology and the Implications for Air Quality. Sci. Rep. 6, 23792; doi: 10.1038/srep23792

Дослідження системи моніторингу забруднення атмосферного повітря в місті Києві та напрямки її удосконалення

Дячук В.А., Баштанник М.П., Кіптенко Є.М., Козленко Т.В., Надточій Л.М.

Досліджено стан моніторингу забруднення атмосферного повітря в місті Києві. Обговорено актуальність оптимізації системи спостережень, переваги та недоліки сучасної мережі спостережень за забрудненням атмосферного повітря міста. Розглянуто принципи оптимізації системи моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, викиди, концентрації, забруднюючі речовини, якість повітря, система спостережень.

Исследование системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городе Киев и направления ее усовершенствования

Дячук В.А., Баштанник М.П., Киптенко Е.М., Козленко Т.В., Надточий Л.М.

Исследовано состояние мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в городе Киеве. Рассмотрена актуальность оптимизации системы наблюдений, преимущества и недостатки существующей сети наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха города. Рассмотрены принципы оптимизации системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы, концентрации, загрязняющие вещества, качество воздуха, система наблюдений.

**Study of the air pollution state monitoring and directions for its improvement in Kiev city
Dyachuk V.A., Bashtannik M.P., Kiptenko E.M., Kozlenko T.V., Nadtochii L.M.**

The state of air pollution monitoring in Kyiv city was investigated. There were discussed the relevance of observation system optimization, advantages and disadvantages of the current monitoring network for air pollution in the urban atmosphere. The united complex approach was used for justification of mentioned optimization, which was combined with emission inventories databases, meteorological air pollution potential characteristics, ratified ground-based measurements data of main pollutants, and demographic urban features. The paper discusses main meteorological parameters which drive pollutants' dispersion. Analysis provide evidence of its huge impact for the pollution regime formation and tendency to the decline of air quality, which must be taken in consideration during optimization for atmospheric air monitoring. The process of optimization for atmospheric air monitoring takes into account the orographic urban features used mainly for the purpose of statistically valid data provision. Therefore, in small microclimatic zones the monitoring sites are located within relief bodies, which are representative for the area. The research estimates results of boundary pollutants' content caused by middle and high stationary emission sources, defined from the methodology connected with combined IEM diffusive model. Analysis of observations confirms the accuracy of defined structure for urban pollution fields. The combine usage of modeling results and observations allows increasing of atmospheric air quality estimations and helps to optimize the network with minimal amount of necessary representative sites.

Keywords: air pollution, emissions, concentrations, pollutants, air quality, observational system

Надійшла до редколегії 01.08.2019

УДК 551.576.3

Заболоцька Т.М.¹, Шпиг В.М.¹, Ціла А.Ю.^{1,2}

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, м. Київ
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ ХМАРНОГО ПОКРИВУ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ
ВПРОДОВЖ ПЕРІОДУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ**

Ключові слова: загальна та нижня хмарність, стан неба, основні форми хмар, регіон, повторюваність, ковзні, флуктуації.

Вступ. Глобальне потепління, що почалося з другої половини ХХ ст., продовжується до теперішнього часу. Серед причин, що зумовлюють його, називають вплив антропогенного фактору та природну мінливість клімату великої значущості. Остаточного стверджуючого висновку щодо причин потепління поки що не досягнуто, тому дослідження різних кліматичних параметрів з використанням багаторічного статистичного матеріалу є доцільним.

Хмарність є однією з важливих характеристик клімату. Знаючи режим хмарності, можна визначати особливості циркуляції атмосфери, планетарне альbedo кліматичної системи, ефективне випромінювання підстильної поверхні, можливий розподіл опадів, тому кількісна оцінка змін хмарності в сучасних умовах є актуальною.

Досліджень змін хмарного покриву виконано небагато. Особливості кліматичних змін загальної хмарності над всіма континентами та островами визначали американські вчені [10]. За міжнародним проектом ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) вивчали мінливість глобальної осередненої хмарності [9]. В Росії досліджували зміни загальної та нижньої хмарності окремо над європейською та азійською частинами [8]. В [1-6] наведені результати досліджень щодо оцінки змін хмарного покриву над територією України.

В усіх цих роботах використано різні як роки спостережень, так і показники хмарного покриву, тому тенденції змін, тим більше, над різними континентами важко зіставити. Єдиним результатом, що можна виділити, є більша мінливість нижньої хмарності порівняно із загальною.