

УДК 502.31

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ТА НАПРЯМУ ВІТРУ НА ПРИЗЕМНІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА ПРИКЛАДІ М. ДНІПРО

ДЕМИДЕНКО А. С.<sup>1</sup>, асп.ПОЛІЩУК С. З.<sup>2</sup>, д.т.н., проф.

<sup>1</sup> Кафедра гідрометеорології та геоєкології, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49010, Україна. e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

<sup>2</sup> Кафедра опалення, вентиляції і якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-34-92, psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

**Анотація. Мета.** Аналіз статистичних даних стаціонарних постів спостереження, визначення взаємозв'язків між концентраціями забруднюючих речовин і пріоритетними напрямками вітру, визначення максимально сприятливих умов розсіювань викидів в приземному шарі атмосферного повітря. **Методика.** Для контролю та управління якістю атмосферного повітря в якості основних нормативних показників, які визначають допустимий дію забруднення атмосферного повітря на людину, в Україні прийняті гранично допустимі концентрації атмосферних забруднень хімічного, біологічного та фізичного походження. Запобігання появи короткострокових підвищень концентрацій С<sub>j</sub> j-х забруднювачів забезпечується дотриманням значень максимальних разових гранично допустимих концентрацій (ПДКМР<sub>j</sub>). Основу методу вивчення даних складають дані про забруднення атмосферного повітря і метеорологічні характеристики досліджуваної території. Використовуються різні методи статистичного аналізу фактичних даних за забрудненням: метод множинної регресії, дискримінантний аналіз та ін. **Результати.** Виконана обробка даних по викидах забруднюючих речовин в атмосферу м Дніпро в період 2008-2015 рр. Виконано кореляційний аналіз часових рядів концентрації пилу, діоксиду азоту, сірководню, двоокис сірки, фенолу, формальдегіду, а також метеорологічних факторів. Встановлено наявність статистично значущого зв'язку між такими забруднюючими речовинами і метеорологічними чинниками. Найменший вплив має швидкість вітру. Зі збільшенням вологості має місце тенденція до зниження концентрації пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту та до збільшення концентрації оксиду вуглеводню. Найбільш значущим є такий метеофакторами, як швидкість вітру, при цьому напрямок має менше значення, оскільки може змінюватися протягом дня. **Наукова новизна.** Визначені метеорологічні умови, які сприяють розсіюванню забруднюючих речовин в атмосфері. **Практична значимість.** Отримані результати можуть бути використані при розробці заходів щодо поліпшення системи моніторингу атмосферного повітря, при узгодженні розділу оцінки впливу на навколишнє середовище, а також враховувати при видачі дозвільних документів на викиди, ґрунтуючись на пріоритетних напрямках вітру і розташуванні джерела викидів.

**Ключові слова:** атмосферне повітря; забруднення; гранично допустимі концентрації; метеорологічні чинники; швидкість вітру.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА НА ПРИЗЕМНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ Г. ДНЕПР

ДЕМИДЕНКО А. С.<sup>1</sup>, асп.ПОЛІЩУК С. З.<sup>2</sup>, д.т.н., проф.

<sup>1</sup> Кафедра гидрометеорологии и геоэкологии, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара пр. Гагарина, 72, г. Днепр, 49010, Украина, e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

<sup>2</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(056) 756-34-92, psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

**Аннотация. Цель.** Анализ статистических данных стационарных постов наблюдения, определение взаимосвязей между концентрациями загрязняющих веществ и приоритетными направлениями ветра, определение максимально благоприятных условий рассеивания выбросов в приземном слое атмосферного воздуха. **Методика.** Для контроля и управления качеством атмосферного воздуха в качестве основных нормативных показателей, которые определяют допустимое действие загрязнения атмосферного воздуха на человека, в Украине приняты предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнений химического, биологического и физического происхождения. Предотвращение появления краткосрочных повышенных концентраций С<sub>j</sub> j-х загрязнителей обеспечивается соблюдением значений максимальных разовых предельно допустимых концентраций (ПДКМР<sub>j</sub>). Основу метода изучения данных составляют данные о загрязнении атмосферного воздуха и

метеорологические характеристики исследуемой территории. Используются различные методы статистического анализа фактических данных за загрязнением: метод множественной регрессии, дискриминантный анализ и др. **Результаты.** Выполнена обработка данных по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу г. Днепр в период 2008-2015 гг. Выполнен корреляционный анализ временных рядов концентрации пыли, диоксида азота, сероводорода, двуокиси серы, фенола, формальдегида, а также метеорологических факторов. Установлено наличие статистически значимой связи между такими загрязняющими веществами и метеорологическими факторами. Наименьшее влияние имеет скорость ветра. С увеличением влажности имеет место тенденция к снижению концентрации пыли, диоксида серы, диоксида азота и к увеличению концентрации оксида углерода. Наиболее значимым является такой метеофактор, как скорость ветра, при этом направление имеет меньшее значение, поскольку может меняться в течении дня. **Научная новизна.** Определены метеорологические условия, которые благоприятствуют рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере. **Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы при разработке мероприятий по улучшению системы мониторинга атмосферного воздуха, при согласовании раздела оценки воздействия на окружающую среду, а также учитывать при выдаче разрешительных документов на выбросы, основываясь на приоритетных направлениях ветра и местоположении источника выбросов.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух; загрязнение; предельно допустимые концентрации; метеорологические факторы; скорость ветра

## RESEARCH THE INFLUENCE OF THE WIND SPEED AND DIRECTION ON THE GROUND CONCENTRATIONS OF POLLUTANT BY THE EXAMPLE DNEPRO CITY

DEMYDENKO A.<sup>1</sup>, pg.  
POLISHCHUK S.<sup>2</sup>, Dr. Sc. (Tech.), Prof.

<sup>1</sup> Department of Hydrometeorology and Environmental Geoscience, Dnepropetrovsk Oles Gonchar National University, Gagarin ave., 72, Dnepro, 49010, Ukraine, e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

<sup>2</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, тел. +38(056) 756-34-92, psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

**Abstract. Purpose.** Analysis of statistical data of stationary observation posts, determination of the relationships between concentrations of pollutants and priority wind directions, determination of the most favorable conditions for dispersion of emissions in the surface layer of atmospheric air. **Methodology.** To monitor and control the quality of atmospheric air as the main regulatory indicators that determine the permissible effect of air pollution on humans, Ukraine has adopted the maximum permissible concentration of atmospheric pollution of chemical, biological and physical origin. Preventing the appearance of short-term increases in the concentrations of pollutants is ensured by observing the values of the maximum one-time maximum permissible concentrations. The basis of the method for studying data is data on atmospheric air pollution and meteorological characteristics of the study area. Various methods of statistical analysis of actual pollution data are used: the multiple regression method, discriminant analysis, etc. **Findings.** The processing of data on emissions of pollutants into the atmosphere of the city of Dnepr in the period 2008-2015 was carried out. Correlation analysis of time series of dust, nitrogen dioxide, hydrogen sulfide, sulfur dioxide, phenol, formaldehyde, and meteorological factors was performed. The presence of a statistically significant relationship between such pollutants and meteorological factors has been established. The least influence is the wind speed. With increasing humidity, there is a tendency to reduce the concentration of dust, sulfur dioxide, nitrogen dioxide and to increase the concentration of hydrocarbon oxide. The most significant is a meteorological factor such as wind speed, while the direction is less important, since it can vary throughout the day. **Originality.** Meteorological conditions are defined that favor the dispersion of pollutants in the atmosphere. **Practical value.** The results obtained can be used to develop measures to improve the monitoring system for atmospheric air, and also take into account when issuing permits for emissions, based on wind directions and the location of the source of emissions.

**Keywords:** atmospheric air; pollution; maximum allowable concentrations; meteorological factors; wind speed

### Постановка проблеми

Основним параметром, який визначає поширення атмосферних забруднювачів, є вітер, його швидкість і напрямок, які в свою чергу взаємопов'язані з вертикальним і горизонтальним градієнтами температури повітря у великих і малих масштабах. В більшості випадків закономірність полягає в тому, що чим більше швидкість вітру, тим більше турбулентність і тим швидше і повніше відбувається розсіювання забруднень з атмосфери. Умови розсіювання залежать від фізико-географічних

характеристик взагалі та від специфіки місцевих умов.

### Аналіз останніх досліджень

Механізми впливу окремих метеорологічних параметрів на стан та якість повітря у своїх роботах розглядали Сніжко С.І., Безугла Е.Ю., Берлянд М.С., Сонькін Л.Р. [1, 2, 3, 4].

Місто Дніпро розташовано в зоні помірно континентального клімату. Навколишня поверхня суші, нагріваючись влітку і охолоджується взимку, є

важливим кліматоутворюючим фактором. В цілому клімат характеризується відносно прохолодною зимою і спекотним літом [5].

Між посиленням вітру і розсіюванням домішок в атмосфері існує прямий зв'язок. Посилення вітру сприяє винесенню забрудненого повітря за межі міста, а також очищення шляхом перемішування шарів повітря, в результаті якого забруднюючі домішки, що надійшли від високих джерел, опускаються в нижні шари повітря, відбувається зростання їх концентрації у земної поверхні [1, 2].

Штиль чи слабкий вітер, з одного боку, сприяють збільшенню підйому перегрітих викидів, які призводять до зниження концентрацій шкідливих домішок в приземному шарі повітря. Це явище добре простежується на прикладі окремих підприємств, але не завжди спостерігається в місті, де одночасно здійснює викиди значна кількість різноманітних джерел забруднення. З іншого боку, частіше спостерігається негативний вплив штилю і низької швидкості вітру на якість атмосферного повітря великого міста проявляється в підвищенні концентрації домішок, що надходять від низьких холодних джерел (автомобільний транспорт) і не розсіюються і не виносяться за межі міста [4].

#### Формулювання цілей статті

Завданням нашого дослідження було охарактеризувати вплив метеорологічних факторів, а саме швидкості та напрямку вітру на забруднення атмосферного повітря міста основними забруднюючими речовинами.

#### Виклад основного матеріалу

Оскільки вітровий режим відіграє значну роль у формуванні рівня забруднення атмосферного повітря, доцільно детальніше розглянути вплив цього метеорологічного фактору на забруднення атмосферного повітря міста.

У приземному шарі повітря жоден із метеорологічних елементів не характеризується такою мінливістю у просторі і часі, як напрямок та швидкість вітру.

Таблиця 1

**Повторюваність вітру різних напрямків, (%) в м. Дніпро/**  
**The frequency of the wind in different directions, (%) in Dnipro city**

Пн	ПнС	С	ПдС	Пд
17,8	12,6	14,1	12,0	11,0
ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль	
10,4	12,8	9,2	12,9	

Програма моніторингу якості атмосферного повітря в місті включає наступні забруднюючі речовини: пил, двоокис азоту, двоокис сірки, оксид вуглецю, двоокис азоту, сірководень, фенол, аміак, формальдегід, а також бенз(а)пірен та важкі метали. На деяких постах спостереження перелік досліджуваних домішок відрізняється. У перелік пріоритетних домішок для яких розраховується індекс забруднення (ІЗА), а також і комплексний індекс входять: формальдегід, діоксид азоту, пил, фенол, аміак.

Було проведено аналіз взаємозв'язку приземних концентрацій забруднюючих речовин з метеоумовами виконаний для всієї сукупності спостережень протягом календарного року, і окремо для вибірки максимальних значень концентрацій.

Залежність двоокису сірки від підвищення швидкості вітру не сильно впливають на рівень концентрації SO<sub>2</sub>, в наявності тенденція до зниження концентрації зі збільшенням швидкості вітру до 8 м / с і більше (рис. 1).

Відомо, що одним з найбільш великих і важко піддаються очищенню забруднювачів атмосферного повітря, що викидаються головним чином енергетичними установками, є оксиди сірки. 60 до 80% цієї кількості викидається з продуктами згоряння котлів і печей. Оксиди сірки, а також утворюються при їх з'єднанні з водними парами кислоти погано впливає на здоров'я людей, викликає руйнування сталевих конструкцій і будівельних матеріалів, зниження прозорості атмосфери, загибель хвойних лісів і плодкових дерев, знижують врожайність сільськогосподарських культур.

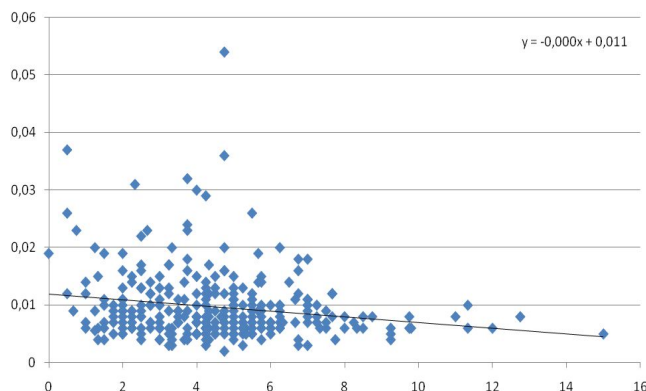


Рис. 1. Залежність SO<sub>2</sub> від швидкості вітру (річні концентрації)/

*SO<sub>2</sub> dependence on wind speed (annual concentration)*

Ситуація з оксидом вуглецю аналогічна попередній. Спостерігається слабка взаємозв'язок зміни концентрацій (СО зі зміною метеорологічних факторів). Середньодобове значення концентрації розташоване в діапазоні 1,5-1,8 мг / м<sup>3</sup>.

Оксиди вуглецю є однією з найбільш значних груп токсичних речовин, що потрапляють в атмосферне повітря. Для міст із розвиненою металургійною промисловістю, в яких за наявності

агломерацийних фабрик та інших виробництв в місті, містять оксиди вуглецю в атмосферному повітрі визначається приблизно в рівній мірі металургією і автотранспортом. За даними Державної служби статистики в Дніпропетровській області, у 2014 році стаціонарними джерелами забруднення було здійснено викид 6,4 тис. тонн CO в атмосферне повітря, а від транспорту надійшло 37 тис. тонн. У 2015 році склалась аналогічна ситуація – від стаціонарних джерел надійшло 6 тис. тонн, а від пересувних 31,2 тис. тонн CO.

Зі збільшенням швидкості вітру простежується тенденція до зниження концентрації пилу (рис. 2), особливо виразно спостерігається при швидкостях понад 7-8 м/с.

Під впливом метеорологічних умов відбувається перемішування всіх складових атмосфери, у т. ч. твердих часток - пилу, перенос і розсіювання домішок на великі відстані від міста, вимивання їх опадами й осадження в тумані.

Дуже важливим є склад і домішки пилу, оскільки це також здійснює вплив на хімічні процеси, які відбуваються в атмосфері.

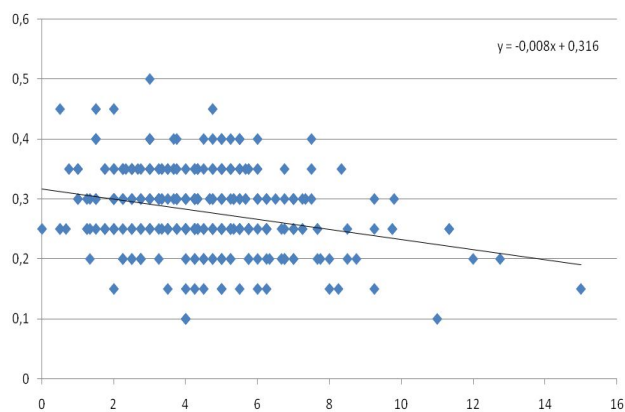


Рис. 2. Залежність пилу від швидкості вітру (річні концентрації)/

*Dependence of dust on the wind speed (annual concentration).*

Аналогічні висновки можна зробити і по діоксиду азоту на підставі детального вивчення всієї сукупності вимірювань середньодобових приземних концентрацій NO<sub>2</sub>.

За даними Державної служби статистики в Дніпропетровській області, у 2014 році стаціонарними джерелами забруднення було здійснено викид 18 тис. тонн NO<sub>2</sub> в атмосферне повітря, а від транспорту надійшло 5,5 тис. тонн. У 2015 році від стаціонарних джерел надійшло 7,9 тис. тонн, а від пересувних 4,6 тис. тонн NO<sub>2</sub>.

Також нами було вивчено взаємозв'язок максимальних значень концентрацій забруднювачів з метеофакторами.

Таблиця 2

**Коефіцієнти кореляції концентрації забруднювачів з метеофакторами/**

**The correlation coefficients konttsentratsii pollutants from meteorological factors**

Речовина	Температура повітря	Вологість	Швидкість вітру
Пил	0,27	-0,35	0,01
SO <sub>2</sub>	-0,002	-0,36	-0,26
NO <sub>2</sub>	0,25	-0,41	-0,07
CO	-0,54	0,46	0,08

Найменший вплив має швидкість вітру. Зі збільшенням вологості має місце тенденція до зниження концентрації пилу, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> і до збільшення концентрації CO.

Взаємозв'язок зміни температури зі зміною концентрації діоксиду сірки практично не простежується (мал. 3). Найбільші значення коефіцієнта кореляції спостерігаються між коефіцієнтом CO і температурою. Слабка динаміка зростання концентрації пилу і оксидів азоту починається з зростанням температури атмосферного повітря.

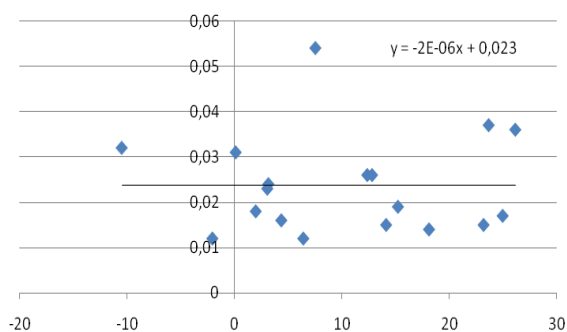


Рис. 3. Залежність концентрації діоксиду сірки від температури повітря (річні концентрації)/

*The dependence of the concentration of dioxin sulfur air temperature (annual concentration)*

При розгляд спільно впливу всіх трьох виділених метеофакторів на значення приземної концентрації забруднюючих речовин були отримані наступні аналітичні взаємозв'язки, які ґрунтуються на експериментальних даних.

Рівняння множинної кореляції:

Пил  
 $Y = 0,302305 + 0,001205X_1 - 0,00666X_2 - 8 \cdot 10^{-5}X_3$

Діоксид сірки  
 $Y = 0,017145 - 0,0001X_1 - 0,00063X_2 - 5,1 \cdot 10^{-5}X_3$

Оксид вуглецю  
 $Y = 1,841176 + 0,002916X_1 - 0,04474X_2 - 0,00136X_3$

Діоксид азоту  
 $Y = 0,076939 - 8,3 \cdot 10^{-5}X_1 - 0,00272X_2 - 2 \cdot 10^{-5}X_3$

При спрощенні отримали рівняння виду:

Для пилу:  $C \cdot 10^5 = 30230,5 + 120,5X_1 - 666X_2 - 8X_3$  (мг/м<sup>3</sup>)

Для SO<sub>2</sub>:  $C \cdot 10^5 = 1714,5 - 10X_1 - 63X_2 - 5,1X_3$  (мг/м<sup>3</sup>)

Для CO:  $C \cdot 10^5 = 1,841176 + 0,002916X_1 - 0,04474X_2 - 0,00136X_3$  (мг/м<sup>3</sup>)

Для  $\text{NO}_2$ :  $C \cdot 10^5 = 693,3 - 8,3X_1 - 272X_2 - 2X_3$  ( $\text{мг/м}^3$ ).

Змінні  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – відповідно температури атмосферного повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ), швидкість вітру ( $\text{м/с}$ ), вологість атмосферного повітря (%).

Вологість атмосферного повітря має найменший вплив на концентрацію забруднювача в приземному шарі. При цьому її вплив завжди негативний.

Температура атмосферного повітря має позитивний тренд для пилу і оксид вуглецю, негативний для діоксидів азоту і сірки.

Найбільш значущий фактор є швидкість вітру, з підвищенням якої значення приземних концентрацій забруднюючих речовин знижуються. Щодо впливу напрямку вітру на значення приземної концентрації забруднювачів виникла складність, яка полягає в тому, що напрям вітру протягом доби за даними спостережень, часто змінюється.

Для пилу найбільш небезпечні напрямки вітрів – північне і близький до нього. А для діоксиду сірки найбільш значення вітру західного і східного напрямку, а також штиль (рис. 4).

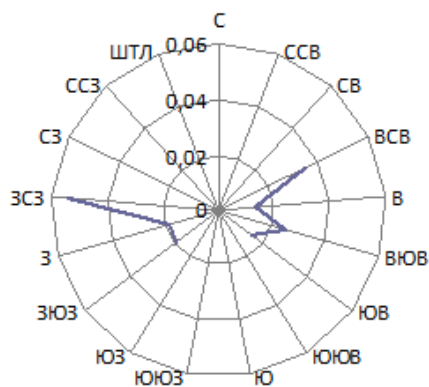


Рис. 4. Розподілу концентрації діоксиду сірки по румбах/

*Distribution concentration of dioxin sulfur*

Відповідно було визначено, що для оксиду вуглецю менш за все небезпечні є західне і південно-західний напрямки. А для діоксиду азоту, з урахуванням похибки в усередненні напрямку вітру, слід зазначити приблизно рівнозначність усіх румбів (рис. 5). Оксиди азоту і особливо діоксид азоту є головними складовими забруднення атмосферного повітря міст. Значна кількість оксидів азоту виробляється тепловими електростанціями, металургійними підприємствами, та автотранспортом, в результаті згоряння органічного палива при високих температурах і потім в атмосфері трансформуються в  $\text{NO}_2$  [6]. Діоксид азоту є вторинною домішкою, яка утворюється в результаті фотохімічних реакцій, що відбуваються в атмосфері. Частина оксидів азоту з викидів переходить в діоксид, решта оксиди зберігаються тривалий час у

вигляді оксидів азоту і теж надходять в атмосферу. Викиди оксидів азоту зазвичай оцінюються в перерахунку на  $\text{NO}_2$  [7].

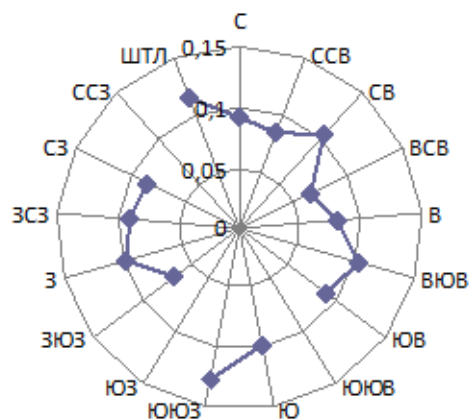


Рис. 5. Розподілу концентрації діоксиду азоту по румбах/

*Dioxin concentration distribution of nitrogen*

**Висновок.** Отже, на формування мікроклімату міста впливає низка як природних кліматоутворюючих чинників, так і локальних особливостей самого міста (що відбувається шляхом зміни характеристик підстильної поверхні, забруднення приземного шару атмосфери, виділення додаткового тепла внаслідок діяльності промисловості та транспорту). Клімат міста, що сформувався під впливом цих усіх чинників істотно відрізняється від природного.

Забруднення атмосфери – складний природно-промисловий процес, при однакових параметрах викиду в приземному шарі концентрація забруднюючих речовин може значно різнитися, і причиною є різні метеорологічні умови. можуть виникати різні за величиною концентрації забруднюючих речовин. Таким чином, забруднення атмосферного повітря залежить від швидкості і напрямку вітру, температурної стратифікації атмосфери, температури повітря в момент викиду, опадів та інших факторів.

Результати аналізу забруднення повітря показали, що найбільш прийнятним для практичного використання в оперативній роботі є метод множинної регресії з урахуванням лінійних зв'язків.

Отримані результати можуть бути використані при розробці заходів щодо поліпшення системи моніторингу атмосферного повітря, при узгодженні розділу оцінки впливу на навколишнє середовище, а також враховувати при видачі дозвільних документів на викиди, ґрунтуючись на пріоритетних напрямках вітру і розташування джерела викидів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безуглая Э. Ю. Воздух городов и его изменения / Безуглая Э. Ю. – СПб.: Астерон, 2008. – 253с.
2. Безуглая Э. Ю. Климатологические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справочное пособие / Э. Ю. Безуглая, М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
3. Безуглая Э. Ю. Формальдегид в атмосфере городов. Вопросы охраны атмосферы от загрязнения / Безуглая Э. Ю., Ивлева Т. П. // НПК Атмосфера. – № 1 – СПб., – 2003. – С. 15-26.
4. Белов П. Г. Моделирование опасных процессов в техносфере. / П. Г. Белов – К : КМУГА, 1999. – 185 с.
5. Ворончук М. М. О влиянии метеорологических факторов на среднегодовой уровень загрязнения атмосферы городов УССР
6. Горб А. С. Клімат Дніпропетровської області:Монографія / Горб А. С.,Дук Н. М. – Д.: ДНУ,2006 – 204 с.
7. Горова А. І. Основні методологічні положення та оцінка впливу забруднення навколишнього середовища на здоров'я людини / Горова А. І., Огір Л. Б., Сокульский А. А. та ін. // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2003. – Вип.5. – С. 88–93.
8. Израель Ю. А. Екологія та контроль стану природного середовища. / Ю. А. Израель. – М.: Гидрометеиздат, 1984 – 560 с.
9. Сонькин Л. Р. Синоптический анализ и прогноз загрязнения атмосферы / Л. Р. Сонькин, В. Д. Николаев // Метеорология и гидрология. – 1993 – №5.
10. Сніжко С. І. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста : [монографія] / С. І. Сніжко, О. Г. Шевченко ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. : Обрії, 2011. – 297.
11. ОНД - 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 94 с.

## REFERENCES

1. Bezuhlaja E. Smirnova I. *Vozduh gorodov i ego izmeneniya* [Air and ego cities Changed Asteron], 2008, Saint Petersburg, Russian Federation
2. Bezuglaja, E Berlyand M. *Klimatologicheskie harakteristiki usloviy rasprostraneniya primesey v atmosfere : spravochnoe posobie* [Climatological characteristics of the spread conditions impurities in the atmosphere] / Gidrometeoizdat, 1983. 328 p.
3. Bezuglaja E, Ivleva T. *Formaldegid v atmosfere gorodov* [Formaldehyde under cities]. NPK "Atmosphere". №1 SPb., 2003. Russian Federation
4. Belov P. G. *Modelirovanie opasnyih protsessov v tehnosfere* [Modeling of dangerous processes in the technosphere]. P. G. Belov. - K.:KMUGA, 1999. 185 p.
5. Voronchuk M. Schepets O. *O vliyanii meteorologicheskikh faktorov na srednegodovoy uroven zagryazneniya atmosfery gorodov USSR* [About influence meteorological factors on the average level of air pollution of cities of the USSR], 1984 209. P. 24-30
6. Gorb A.S. *Klimat DnIpropetrovskoyi oblasti: Monografija* [Climate Dnipropetrovsk region: Monograph] .Gorb A.S.,Duk N.M. D.: Vid-vo DNU,2006. 204 p. Ukraine
7. Izrael Y.A. *Osnovni metodologichni polozhennya ta otsinka vplivu zabrudnennya navkolishnogo seredovischa na zdorov'ya lyudini* [Ecology and control of the environment]. Yu.A. Izrael. M.: Gidrometeoizdat, 1984, 560 p.
8. Sonkyn, L., Nikolaev V. *Ekologiya ta kontrol stanu prirodnogo seredovischa* [Synoptic analysis and forecast pollution atmosphere]. Meteorologiya and hydrologiya. 1993. №5.
9. Snizhko S., Shevchenko O. *Sinopticheskiy analiz i prognoz zagryazneniya atmosfery* [Urbometeorologichni aspects of air pollution of the big city] K: Horizons, 2011. 297. Ukraine
10. Gorova A. I. *Urbometeorologichni aspekti zabrudnennya atmosferного povitrya velikogo msta* [The main methodological provisions and assess the impact of environmental pollution on human health] . Gorova A. I., Ogir L. B., Sokulskiy A. A. [Ekologiya i prirodokoristuvannya. - Dnlpropet-rovsk, 2003. Vip.5. P. 88 - 93. Ukraine
11. OND - 86. *Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosferном vozduhe vrednyih veschestv, sodержaschihsya v vyibrosah predpriyatij* [The procedure for calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in the emissions of enterprises]. - L.: Gidrometeoizdat, 1987 94 p

Стаття рекомендована до публікації д-ром.техн.наук, проф. А. С. Бєліковим (Україна); д-ром.техн.наук, проф. М. М.Біляєвим (Україна)

Стаття надійшла в редколегію 23.03.2017