

УДК 502.31

ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА СТАН ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М.ДНІПРОПЕТРОВСЬКА (НА ПРИКЛАДІ ФОРМАЛЬДЕГІДУ)

ПОЛІЩУК С. З¹, *д.т.н., проф.*
ДОЦЕНКО Л. В.², *к.б.н, доц.*
ДЕМИДЕНКО А.С.³, *асп.*

¹ Кафедра опалення, вентиляції і якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-19, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

² Кафедра гідрометеорології та геоєкології, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна. e-mail: lootrik@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-1488-2927

³ Кафедра гідрометеорології та геоєкології, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна. e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

Анотація. Мета. Аналіз фактичного стану атмосферного повітря у місті Дніпропетровську показує, що, обсяг викидів шкідливих речовин та, як наслідок, рівень забруднення приземного шару залишається досить високим. Завданням даного дослідження є визначення ролі метеорологічних факторів на рівень забруднення атмосферного повітря міста Дніпропетровська на прикладі більш значущих забруднюючих речовин. **Методика.** Для аналізу, контролю та прогнозу забруднення атмосфери необхідні достовірні дані про якісні та кількісні показники викидів, концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, а також дані метеорологічних умов, які дозволяють не тільки прогнозувати розсіювання забруднюючих речовин на великих територіях протягом тривалих проміжків часу, але й виявляти його особливості. Для статистичного аналізу забруднення атмосферного повітря використовувалися дані міської лабораторії по спостереженню за забрудненнями атмосфери (ЛСЗА) на 6 стаціонарних постах, розташованих в різних частинах міста за період 2008-2013 рр. Була використана класична методика кореляційного аналізу, яка полягає в оцінці ступеню залежності між показниками, а також для визначення зв'язку, який між ними існує. **Результати.** Встановлений вплив метеорологічних факторів (температура, напрямок та швидкість вітру, вологість) на забруднення атмосферного повітря. В місті Дніпропетровську зв'язку між концентраціями забруднюючих речовин і швидкістю вітру встановлено не було, проте з'ясувалося, що переважаючі напрямки вітру стають причиною підвищення рівня забруднення приземних шарів атмосфери. Також встановлено, що висока вологість повітря сприяє очищенню атмосферного повітря, а підвищення температури навпаки стає причиною підвищення забруднення. **Наукова новизна.** Метеорологічні фактори можуть мати різний вплив на рівень забруднення атмосфери, який, в першу чергу, визначається специфічними особливостями домішок, а також територіальними умовами. **Практична значимість.** Особливості поширення забруднюючої речовини необхідно враховувати при плануванні проектно-будівельних робіт на території міста, впровадженні природоохоронних заходів на підприємствах, а також при аналізі загального екологічного стану урбанізованих територій.

Ключові слова: атмосферне повітря; метеорологічні фактори; індекс забруднення; формальдегід.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г.ДНЕПРОПЕТРОВСКА (НА ПРИМЕРЕ ФОРМАЛЬДЕГИДА)

ПОЛИЩУК С. З¹, *д.т.н., проф.*
ДОЦЕНКО Л. В.², *к.б.н, доц.*
ДЕМИДЕНКО А.С.³, *асп.*

¹ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, t. +38 (0562) 46-98-19, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

² Кафедра гидрометеорологии и геоэкологии, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49010, Украина, e-mail: lootrik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1488-2927

³ Кафедра гидрометеорологии и геоэкологии, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49010, Украина, e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

Аннотация. Цель. Анализ фактического состояния атмосферного воздуха в г. Днепропетровске показывает, что, объем выбросов вредных веществ и, как следствие, уровень загрязнения приземного слоя остается достаточно высоким. Задачей данного исследования является определение влияния метеорологических факторов на уровень загрязнения атмосферного

воздуха города Днепропетровска на примере более значимых загрязняющих веществ. **Методика.** Для анализа, контроля и прогноза загрязнения атмосферы необходимы достоверные данные о качественных и количественных показателях выбросов, концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, а также данные метеорологических условий, которые позволяют не только прогнозировать рассеивания загрязняющих веществ на больших территориях в течение длительных промежутков времени, но и выявлять его особенности. Для статистического анализа загрязнения атмосферного воздуха использовались данные городской лаборатории по наблюдению за загрязнениями атмосферы на 6 стационарных постах, расположенных в разных частях города за период 2008-2013 гг. Была использована классическая методика корреляционного анализа, которая заключается в оценке степени зависимости между показателями, а также для определения связи, между ними. **Результаты.** Установлено влияние метеорологических факторов (температура, направление и скорость ветра, влажность) на загрязнение атмосферного воздуха. В г. Днепропетровске связь между концентрациями загрязняющих веществ и скоростью ветра не была установлена, однако выяснилось, что преобладающие направления ветра становятся причиной повышения уровня загрязнения приземных слоев атмосферы. Также установлено, что высокая влажность воздуха способствует очищению атмосферного воздуха, а повышение температуры наоборот становится причиной повышения загрязнения. **Научная новизна.** Метеорологические факторы могут иметь различное влияние на уровень загрязнения атмосферы, которое, в первую очередь, определяется специфическими особенностями примесей, а также территориальными условиями. **Практическая значимость.** Особенности распространения загрязняющего вещества необходимо учитывать при планировании проектно-строительных работ на территории города, внедрении природоохранных мероприятий на предприятиях, а также при анализе общего экологического состояния урбанизированных территорий.

Ключевые слова: атмосферный воздух; метеорологические факторы; индекс загрязнения; формальдегид.

ASSESSMENT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE AIR POLLUTION IN THE DNEPROPETROVSK CITY (ILLUSTRATED FORMALDEHYDE)

POLISHCHUK S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*
DOTSENKO L.², *Cand. Sc. (Biol).*
DEMIDENKO A.³, *pg.*

¹ Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-98-19, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

² Department of Hydrometeorology and Environmental Geoscience, Dnepropetrovsk Oles Gonchar National University, Gagarin ave., 72, Dnepropetrovsk, 49010, Ukraine, e-mail: loorrik@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1488-2927

³ Department of Hydrometeorology and Environmental Geoscience, Dnepropetrovsk Oles Gonchar National University, Gagarin ave., 72, Dnepropetrovsk, 49010, Ukraine, e-mail: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

Abstract. Purpose. Analysis of the actual state of the air in the Dnepropetrovsk city shows that emissions of harmful substances, and as a consequence the level of contamination of the surface layer is sufficiently high. The objective of this study is to determine the role of meteorological factors on the level of air pollution in Dnepropetrovsk example more significant pollutants. **Methodology.** For analysis, monitoring and forecasting of air pollution using data City Laboratory monitoring of atmospheric pollution on 6 fixed stations located in different parts of the city for the period 2008-2013. Classical technique was used correlation analysis, which is to assess the degree of dependence between parameters, and to determine the relationship between them. **Findings.** Set the influence of meteorological factors (temperature, wind speed and direction, humidity) in the air pollution. In the city of Dnepropetrovsk relationship between the concentrations of pollutants and wind speed has not been established, but it turned out that the prevailing wind direction cause elevated levels of pollution of surface layers of the atmosphere. It is also found that high humidity helps cleanse outside air temperature increases and conversely becomes a cause of increasing contamination. **Originality.** Meteorological factors may have a different impact on the level of air pollution, and is primarily determined by the specific features of impurities, as well as the territorial conditions. **Practical value.** Features of the pollutant spreading to consider when planning the design and construction works in the city, implementing environmental measures in enterprises, as well as in the analysis of the overall health of urbanized areas.

Keywords: the air; meteorological factors; Code of pollution; formaldehyde.

Вступ

Аналіз фактичного стану атмосферного повітря у місті Дніпропетровську показує, що, обсяг викидів шкідливих речовин та, як наслідок, рівень забруднення приземного шару залишається досить високим. Не зважаючи на те, що у м. Дніпропетровську за останні 7 років викиди в

атмосферу скоротилися майже на 17 %, комплексний індекс забруднення атмосфери знаходиться в межах від 8 до 13 одиниць, що можна характеризувати як високий рівень забруднення атмосфери, а найвищий показник спостерігався в 2008 році, та склав 14,1 (дуже високий рівень забруднення) [5].

Ціль

Завданням даного дослідження є визначення ролі метеорологічних факторів на рівень забруднення атмосферного повітря міста Дніпропетровська на прикладі більш значущих забруднюючих речовин.

Методика

Однією з найважливіших екологічних проблем міських територій є значне забруднення приземних шарів повітря. В першу чергу, звичайно, ж це пов'язано з кількістю та інтенсивністю джерел забруднення, але так само важливу роль відіграють метеорологічні умови, які можуть сприяти як розсіюванню забруднюючих речовин, так і стати причиною підвищення їх концентрації. Детально механізми впливу окремих метеорологічних параметрів на стан та якість повітря у своїх роботах розглядали Сніжко С.І., Безугла Е.Ю., Берлянд М.Є., Сонькін Л.Р. [1, 2, 3, 6, 7].

На концентрацію домішок в атмосфері впливають: напрямок і швидкість вітру, температурні інверсії, інтенсивність і тривалість опадів, також інші метеорологічні умови та природні явища. Однак єдиних безпечних метеорологічних показників не існує, – до такого висновку прийшли Ворончук М.М. з колегами [4]. Метеорологічні умови, які сприяють скорішому очищенню атмосферного повітря, є індивідуальними для кожної окремої території та повинні визначатися з урахуванням особливостей місцевості, характеристик домішок, розташування джерел забруднюючих речовин.

Для аналізу, контролю та прогнозу забруднення атмосфери необхідні достовірні дані про якісні та кількісні показники викидів, концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, а також дані метеорологічних умов, які дозволяють не тільки прогнозувати розсіювання забруднюючих речовин на великих територіях протягом тривалих проміжків часу, але й виявляти його особливості.

При статистичному аналізі забруднення атмосферного повітря використовувалися дані міської лабораторії по спостереженню за забрудненнями атмосфери (ЛСЗА) на 6 стаціонарних постах, розташованих в різних частинах міста за період 2008-2013 рр.

Була використана класична методика кореляційного аналізу, яка полягає в оцінці ступеню залежності між показниками, а також для визначення зв'язку, який між ними існує.

Результати

У попередніх роботах [5] нами було розглянуто результати спостережень в період з 2008 по 2013 рр. у м. Дніпропетровську за забрудненням атмосферного повітря, які проводилися на 6 стаціонарних постах. 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.

Основну роль у формуванні значення ІЗА в місті Дніпропетровську відіграє формальдегід. Вклад формальдегіду в сумарний індекс забруднення атмосфери за все року в період з 2009 по 2013, складав від 33 до 45% (найбільший в 2012 році – 45,5%) [5]. Таким чином одним із найбільш значущих забруднюючих речовин є формальдегід, саме на його прикладі розглянемо вплив метеорологічних факторів на розповсюдження забруднюючих речовин в просторі і часі.

Вивчення річної зміни концентрації формальдегіду в містах вказує на утворення формальдегіду в процесі реакції з вуглеводнями в атмосфері [3]. У більшості випадків його виникненню сприяє наявність в атмосфері високих концентрацій оксиду азоту. Однак існує імовірність, що формальдегід у випадку, коли він не міститься у викидах підприємства, може утворюватися у процесі викидів металургійних підприємств при високій температурі вихідних газів і наявності речовин, які можуть сприяти його утворенню.

Спостереження за концентрацією формальдегіду в приземному шарі атмосфери міста проводяться на трьох постах: №10 парк ім. Шевченко, № 11пл. Островського, №20 пр. Петровського). У період з 2008 по 2013 рік на посту № 11 періодично вимірювання не проводилися, а в 2013 році були відсутні взагалі, у зв'язку з даною обставиною розглянемо дані поста № 10 і № 20. При вивченні річної динаміки формальдегіду, максимальний його концентрації припадають на теплу пору року з квітня по вересень (рис. 1). Таким чином можна судити про взаємозв'язок концентрації формальдегіду в атмосфері і температури повітря.

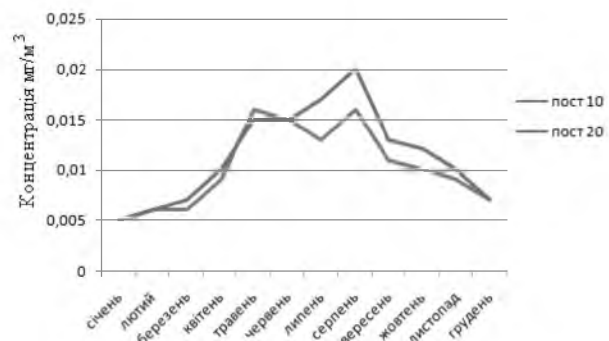


Рис. 1 Річний хід концентрації формальдегіду в Дніпропетровську у 2013 році

Annual variation of the concentration of formaldehyde in Dnipropetrovsk in 2013

Було розглянуто вплив температури повітря на формування концентрації формальдегіду в атмосфері міста. Для цього використані середньомісячні дані про температуру повітря і концентрацію формальдегіду. Навесні з підвищенням температури повітря до 12 ° С (середня температура повітря у квітні) концентрації починають збільшуватися. Залежність концентрації формальдегіду від температури повітря в теплу пору року розглянута окремо за даними кожної станції. Коефіцієнт кореляції між концентрацією і температурою повітря становить 0,96 за даними поста № 10 і 0,95 за даними поста № 20. При позитивній температурі повітря спостерігається помітний зв'язок між температурою повітря і концентрацією формальдегіду. Чим вище температура, тим вище концентрації формальдегіду. Зв'язок між зазначеними параметрами нелінійний: спочатку при низькій температурі повітря зростання концентрації формальдегіду майже не відбувається. Тільки при температурі вище 12 ° С починається утворення формальдегіду (рис. 2 та рис. 3).

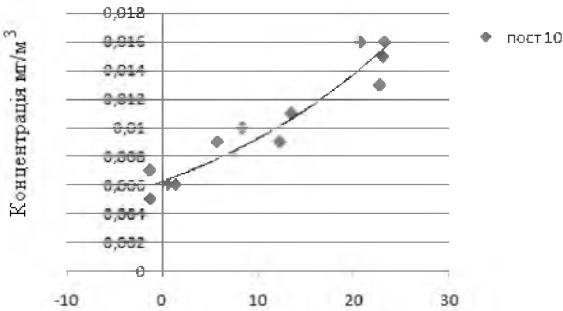


Рис. 2. Залежність концентрацій формальдегіду від температури повітря на станції № 10 в 2013 році

The dependence of the concentration of formaldehyde and air temperature at station № 10 in 2013

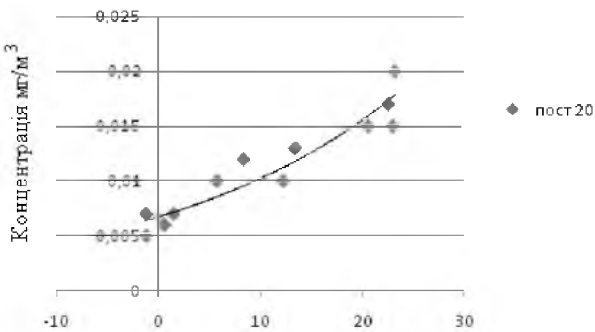


Рис. 3. Залежність концентрацій формальдегіду від температури повітря на станції № 20 в 2013 році

The dependence of the concentration of formaldehyde and air temperature at station № 20 in 2013

Наступний фактор, який був розглянутий це відносна вологість на висоті 2 метри над поверхнею землі. Високі значення вологості повітря спостерігаються при опадах та туманах.

Коефіцієнт кореляції між концентрацією і відносною вологістю становить (-0,80) за даними поста № 10 і (-0,77) за даними поста № 20. Таким чином, концентрація домішок в повітрі зменшується при збільшенні вологості повітря. Формальдегід має низьку електронну щільність та легко вступає в реакції. Цим можна пояснити той факт, що у водних розчинах формальдегід знаходиться в гідратованій формі [8, 11, 12] і, як наслідок зниження його концентрації в повітрі.

Однак така ситуація не є типовою для всіх забруднюючих речовин. Дуже часто спостерігається картина, коли при збільшенні вологості повітря збільшується і концентрація домішок, це пояснюється накопиченням домішок, у тому числі шляхом переносу їх з шару, розташованому вище. Так само встановлено, що волога може бути причиною утворення більш токсичних сполук, наприклад, сірчистий газ окислюється до сірчаної кислоти [14].

Також нами було розглянуто характеристики вітрового режиму (напрямок та швидкість), які зазвичай належать до метеорологічних чинників, що найбільше впливають на концентрації забруднюючих домішок в приземному шарі атмосфери.

Було проаналізовано взаємозв'язок між повторюваністю штилів, середніми швидкостями вітру і концентраціями домішок у повітрі. Встановити будь які закономірності не вдалось. Даний факт може пояснюватися особливостями розміщення постів спостереження, архітектурно-планувальними і техногенними особливостями території, які сприяють формуванню місцевого клімату. Так пост № 10 знаходиться в парковій зоні, зелені насадження знижують швидкість вітру і сприяють осадженню домішок.

Що стосується напрямку вітру, то на протязі року переважаючи напрямки були - північне і західне, а найвищі концентрації формальдегіду спостерігались в теплу пору року. Були більш детально розглянуті та проаналізовані дані з квітня по жовтень (рис. 4). Виявлено переважний вплив північних та західних вітрів, що пояснюється зосередженням потужних промислових об'єктів міста саме в північно-західній частині міста.

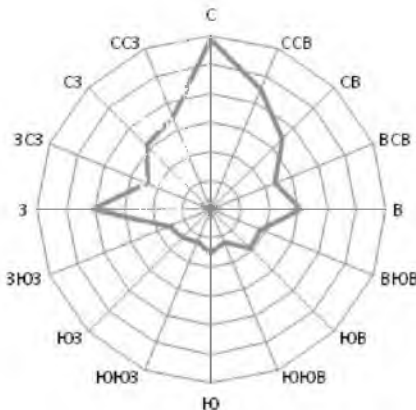


Рис. 4 – Роза вітрів в теплий період року
Windrose in the warm season

Висновок

Майже всі метеорологічні чинники здійснюють вплив на забруднення атмосферного повітря. В місті Дніпропетровську зв'язку між концентраціями забруднюючих речовин і швидкістю вітру встановлено не було, це може пояснюватися як особливими мікрокліматичними умовами, що утворюються на території міста, так і особливостями розповсюдження обраної домішки – формальдегіду. Однак з'ясувалося, що переважаючі напрямки вітру стають причиною підвищення рівня забруднення приземних шарів атмосфери. Також встановлено, що висока вологість повітря сприяє очищенню атмосферного повітря. А підвищення температури

навпаки стає причиною підвищення забруднення, при цьому критичною стає температура повітря більше 12 ° С. Таким чином, метеорологічні фактори можуть мати різний вплив на рівень забруднення атмосфери, який, в першу чергу, визначається специфічними особливостями домішок, а також територіальними умовами. Особливості поширення забруднюючої речовини необхідно враховувати при плануванні проектно-будівельних робіт на території міста, впровадженні природоохоронних заходів на підприємствах, а також при аналізі загального екологічного стану урбанізованих територій.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения / Безуглая Э.Ю. – СПб.: Астерон, 2008. – 253с.
Bezuhlaya E. Smimova I. (2008), *Vozdukh horodov y eho izmeneniya* [Air cities and Changes], Asteron, Saint Petersburg, Russian Federation.
2. Безуглая Э.Ю. Климатологические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справочное пособие. / Э.Ю. Безуглая, М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 328 с.
Bezuglaya, E Berlyand M. [Climatological characteristics of the spread conditions impurities in the atmosphere] - L. : Gidrometeoizdat, 1983. - 328 p.
3. Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. Вопросы охраны атмосферы от загрязнения / НИК Атмосфера. – №1 СПб., – 2003.
Bezuglaya E, Ivleva T. [Formaldehyde under cities] – NPK "Atmosphere". №1 SPb., 2003.
4. Ворончук М.М. О влиянии метеорологических факторов на среднегодовой уровень загрязнения атмосферы городов УССР / М.М. Ворончук, О.И. Шепец // Труды УкрНИИ Госкомитета. – 1984. – Вып. 209.
Voronchuk M. Schepets O. [About influence meteorological factors on the average level of air pollution of cities of the USSR] - 1984 - Vol. 209. - P. 24-30.
5. Доценко Л. В. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря / Л. В. Доценко, А. С. Демиденко // Науковий журнал «Екологічна безпека» – Кременчук: КрНУ, 2014. – Випуск 2/2014 (18). – С. 71-74.
Dotsenko L, Demidenko A. [Comparative analysis of methods for determining the level of air pollution] - Kremenchug: KrNU, 2014. - 2/2014 (18). - P. 71-74.
6. Сонькин Л.Р. Синопический анализ и прогноз загрязнения атмосферы / Л.Р. Сонькин, В.Д. Николаев // Метеорология и гидрология. – 1993. – №5.
Sonkyn, L., Nikolaev V. [Synoptic analysis and forecast pollution atmosphere] // Meteorology and hydrology. - 1993. - №5.
7. 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.
Snizhko S., Shevchenko O. [Urbometeorological aspects of air pollution of the big city] - K: Horizons, 2011. - 297.
8. Суркова Г.В. Химия атмосферы / Суркова Г.В. // Уч. пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2002. – 210 с.
Surkov G. [Chemistry atmosphere] - M. : Publishing of the Moscow University, 2002. - 210 p.
9. Фалько В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка) / Фалько В. В., Поліщук С. З., Токошенко (Артомонова) А. В. – Дніпропетровськ. – Економіка, 2014 – 194 с.
Falko V., Polishchuk S., Tokovenko (Artomonova) A. [Ecological risk to humans from air pollution (theoretical valuation)] - Dnepropetrovsk. - Economics, 2014 - 194 p.
10. Яворівська О. М. Статистичний аналіз якості атмосферного повітря України / О. М. Яворівська, О. В. Іконніков // Науковий Вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів, 2010. – Вип. 20.9 – С. 83-88
Yavorivskiy O, Ikonnikov O [Statistical analysis of air quality Ukraine] - Lviv, 2010. - Vol. 20.9 - P. 83-88
11. Hwang, G., Yoon, C.S. and Choi, J.W. (2011). A Case-Control Study: Exposure Assessment of VOCs and Formaldehyde for Asthma in Children. *Aerosol Air Qual. Res.* 11: 908–914. 12
12. Panagopoulos, I., Karayannis, A.N., (2011). A CFD Simulation Study of VOC and Formaldehyde Indoor Air Pollution Dispersion in an Apartment as Part of an Indoor Pollution Management Plan. *Aerosol Air Qual. Res.* 11: 758–762.
13. Haradhan Mohajan. Chinese Sulphur Dioxide Emissions and Local Environment Pollution, Premier University, Chittagong. – Bangladesh: March 2014.

Статья рекомендована к публикации в *журналі «Екологічна безпека»*, проф. А. С. Беликовым (Украина); *журналі «Науковий Вісник НЛТУ України»*, проф. Н.Н.Беляевым (Украина)

Поступила в редколлегию 23.03.2015

Принята к печати 23.03.2015