

УДК 502.31

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТАЦІОНАРНИХ ТА ПЕРЕСУВНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

ПОЛИЩУК С. З.^{1*}, *д.т.н., проф.*
ДЕМИДЕНКО А.С.², *асистент*
БАЛИЧЕВ І. І.³, *магістр*
КОВАЛЕНКО Є. О.⁴, *магістр*

^{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 геоекології, 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

³ 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 (067) 97-23-718, e-mail: dog19942204@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5155-5039

⁴ 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 (063) 20-18-605, e-mail: Yevheniia8@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3177-6058

Анотація. Мета. Забруднення атмосферного повітря є найбільш ваговим фактором впливу на стан навколишнього середовища та здоров'я населення. Виявлення пріоритетних джерел забруднення з подальшою оцінкою їх небезпеки, та ступеню впливу на стан навколишнього середовища є актуальними завданнями сучасної природоохоронної діяльності. Дніпропетровськ є одним з найбільших промислових центрів України. В результаті діяльності цих підприємств у повітря викидається від більше 150 стаціонарних джерел понад 60 видів забруднювачів, серед яких окрім зважених речовин є рідини і газоподібні сполуки, проблема уловлювання яких до цих пір є невирішеною. Завданням даної роботи є дослідження якісних та кількісних характеристик забруднення атмосферного повітря міста Дніпропетровська, а також визначення особливостей викидів від стаціонарних та пересувних джерел викидів. **Методика.** Для аналізу джерел забруднення були використані дані Головного управління статистики у Дніпропетровській області. Було проаналізовано викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел та від пересувних джерел у 2013-2014 роках. **Результати.** Виявлено, що значний внесок у забруднення повітряного басейну міста вносить автотранспорт. На автомобільний транспорт приходить близько 40 % від сумарного обсягу викидів токсичних речовин у атмосферу по місту. Серед викидів стаціонарними джерелами викидів переважає діоксид сірки, а серед викидів від пересувних джерел викидів переважає СО, який є продуктом неповного згоряння палива. **Наукова новизна.** Проаналізовано сучасний стан забруднення повітря міста, розглянуто якісні та кількісні показники викидів. **Практична значимість.** Екологічна ситуація в м. Дніпропетровську загострена тим, що викиди в атмосферу здійснюються нерівномірно і переважно – в промислових зонах з великою концентрацією підприємств металургійної, машинобудівної, хімічної та інших галузей промисловості. Вирішенням даної проблеми є розробка державних програм та фінансування заходів зі скорочення викидів шляхом впровадження екологічно чистих технологій та сучасного обладнання. у 2014 році обсяг викидів склав 87,7 тисяч тон, що майже на 16% менше, ніж за відповідний період попереднього року.

Ключові слова: атмосферне повітря; пересувні джерела забруднення, стаціонарні джерела забруднення, діоксин сірки

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. ДНЕПРОПЕТРОВСК

ПОЛИЩУК С. З.^{1*}, *д.т.н., проф.*
ДЕМИДЕНКО А.С.², *ассистент*
БАЛЫЧЕВ И. И.³, *магистр*
КОВАЛЕНКО Е. О.⁴, *магистр*

^{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: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

³ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина тел. +38 (067) 97-23-718, e-mail: dog19942204@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5155-5039

⁴ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (063) 20-18-605, e-mail: Yevheniia8@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3177-6058

Аннотация. Цель. Загрязнение атмосферного воздуха является наиболее весомым фактором влияния на состояние окружающей среды и здоровье населения. Выявление приоритетных источников загрязнения с последующей оценкой их опасности, и степени влияния на состояние окружающей среды являются актуальными задачами современной природоохранной деятельности. Днепропетровск является одним из крупнейших промышленных центров Украины. В результате деятельности этих предприятий в атмосферу выбрасывается от более 150 стационарных источников более 60 видов загрязнителей, среди которых кроме взвешенных веществ является жидкости и газообразные соединения, проблема улавливания которых до сих пор является нерешенной. Задачей данной работы является исследование качественных и количественных характеристик загрязнения атмосферного воздуха города Днепропетровска, а также определение особенностей выбросов от стационарных и передвижных источников выбросов. **Методика.** Для анализа источников загрязнения были использованы данные Главного управления статистики в Днепропетровской области. Были проанализированы выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу от стационарных источников и от передвижных источников в 2013-2014 годах. **Результаты.** Обнаружено, что значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна города вносит автотранспорт. На автомобильном транспорте приходится около 40% от суммарного объема выбросов токсичных веществ в атмосферу по городу. Среди выбросов стационарными источниками выбросов преобладает диоксид серы, а среди выбросов от передвижных источников выбросов преобладает СО, который является продуктом неполного сгорания топлива. **Научная новизна.** Проанализировано современное состояние загрязнения воздуха города, рассмотрены качественные и количественные показатели выбросов. **Практическая значимость.** Экологическая ситуация в г. Днепропетровске обострена тем, что выбросы в атмосферу осуществляется неравномерно и в основном - в промышленных зонах с большой концентрацией предприятий металлургической, машиностроительной, химической и других отраслей промышленности. Решением данной проблемы является разработка государственных программ и финансирование мероприятий по сокращению выбросов путем внедрения экологически чистых технологий и современного оборудования. в 2014 году объем выбросов составил 87,7 тысяч тонн, что почти на 16% меньше, чем за соответствующий период предыдущего года.

Ключевые слова: атмосферный воздух; передвижные источники загрязнения, стационарные источники загрязнения, диоксид серы

ANALYSIS STATIONARY AND MOBILE SOURCES INFLUENCE ON POLLUTION AIR DNEPROPETROVSK

POLISHCHUK S.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

DEMIDENKO A.², *Assistant*

BALYCHEV I. I.³, *Postgraduate*

KOVALENKO Ye. O.⁴, *Postgraduate*

^{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: uta.art@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

³ 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, Украина тел. +38 (067) 97-23-718, e-mail: dog19942204@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5155-5039

⁴ 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 (063) 20-18-605, e-mail: Yevheniia8@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3177-6058

Abstract. Purpose. Air pollution is the most important factor of influence on the environment and human health. Identification of priority pollution sources, followed by an assessment of their risk and impact on the environment are urgent problems of modern environmental protection. Dnipropetrovsk is one of the largest industrial centers of Ukraine. As a result of the activities of these enterprises into the atmosphere by more than 150 stationary sources of more than 60 kinds of pollutants, such as suspended solids in addition to a liquid, and gaseous compounds, the problem of capture which is still unresolved. The objective of this work is to study the qualitative and quantitative characteristics of air pollution of the Dnepropetrovsk city, as well as to determine the characteristics of emissions from stationary and mobile sources of emissions. **Methodology.** To analyze the sources used data from the Main Statistical Office in Dnipropetrovsk region. We analyzed the emissions of pollutants and greenhouse gases into the atmosphere from stationary sources and mobile sources in 2013-2014. **Findings.** The current state of air pollution of the city, considered qualitative and quantitative indicators of emissions. **Practical value.** The ecological situation in the city of Dnepropetrovsk pointed that emissions is uneven and mostly - in industrial areas with a high concentration of metallurgical, machine-building, chemical and other industries.

Keywords: the air; mobile pollution sources, stationary sources of pollution, dioxin sulfur

Вступ

Для м. Дніпропетровська характерний складний екологічний стан, який обумовлений наявністю підприємств чорної та кольорової металургії, хімічної промисловості, теплової електростанцій та підвищеною концентрацією автотранспорту. Таким чином для міста властиво надзвичайно інтенсивне забруднення атмосфери. В свою чергу забруднення приводить до негативних наслідків. Для міста характерний вплив великої кількості забруднюючих агентів, що діють спільно та можуть чинити синергічний вплив [1]. Концентрація забруднюючих речовин атмосфері в першу чергу залежить не від площі міста, а від чисельності населення та обумовлено його господарською діяльністю.

Мета

Завданням даної роботи є дослідження якісних та кількісних характеристик забруднення атмосферного повітря міста Дніпропетровська, а також визначення особливостей викидів від стаціонарних та пересувних джерел викидів.

Методика

Серед джерел забруднення міста можна виділити дві групи: природні та антропогенні. Насамперед найбільший вплив здійснюють антропогенні джерела забруднення [2]. Антропогенні (штучні), обумовлені діяльністю людини. Вони підрозділяються на транспортні (автотранспорт, залізничний транспорт, річковий і морський транспорт, повітряний транспорт), виробничі (різні технологічні процеси), побутові (котельні, підприємства з утилізації та переробки побутових відходів) [3].

Антропогенні джерела викидів в свою чергу можна також класифікувати, так Безугла Е.Ю. виділяє організовані і неорганізовані джерела викидів [2, 3]. Організованими властиво викиди з допомогою спеціальних споруд (газовідводи, труби тощо). Вони характеризуються значними концентраціями і великими обсягами викидів. До неорганізованих, відносяться не призначені для цього отвори будівель і споруд, технологічного обладнання тощо, даний вид характеризуються невеликими, порівняно з організованими викидами, значеннями концентрації та обсягу викидів.

При аналізі процесів забруднення атмосфери міст досить істотно відмінність між забрудненнями, виробленими стаціонарними та мобільними джерелами [7]. Як правило, із збільшенням розміру міста частка мобільних джерел забруднення (в основному автотранспорту) у загальному забрудненні атмосфери зростає, досягаючи 60 і навіть 70% [5].

На відміну від стаціонарних джерел забруднення повітряного басейну автотранспортом відбувається на невеликій висоті і практично завжди має локальний характер. Так, концентрації забруднень, вироблених автомобільним транспортом, швидко зменшуються в міру віддалення від транспортної магістралі, а за наявності досить високих перешкод (наприклад, в закритих дворах будинків) можуть знижуватися більш ніж в 10 разів.

Викиди автотранспортних засобів складаються з побічних продуктів, що виходить з вихлопних систем або інших викидів, таких як бензин випаровування. Ці викиди сприяють забрудненню повітря і є основним інгредієнтом в створенні смогу в деяких великих містах.

В цілому викиди автотранспорту значно більш токсичні, ніж викиди, вироблені стаціонарними джерелами. Поряд з чадним газом, окислами азоту і сажею (у дизельних автомашин) автомобіль виділяє в навколишнє середовище більше 200 речовин і сполук, що володіють токсичною дією [10]. Серед них слід виділити сполуки важких металів і деякі вуглеводні, особливо бензапірен, що володіє вираженим канцерогенним ефектом.

Основними речовинами, що забруднюють повітря в міській території: CO₂, CO, SO₂, NO_x, частинки і аерозолі пилу, важкі метали, озон, і хлорфторвуглеці.

Для аналізу джерел забруднення були використані дані Головного управління статистики у Дніпропетровській області [9]. Було проаналізовано викиди забруднюючих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел та від пересувних джерел у 2013-2014 роках ..

Проблемами забруднення від пересувних джерел займалися в своїх роботах Безугла Е.Ю., Александров В.Ю., Кузубова Л.И., Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В. та ін. [1, 2, 3, 5].

Результати

На території міста розташовані Придніпровська ТЕС, підприємства чорної металургії, машинобудування та інших галузей. В результаті діяльності цих підприємств у повітря викидається від більше 150 стаціонарних джерел понад 60 видів забруднювачів, серед яких окрім зважених речовин є рідини і газоподібні сполуки, проблема уловлювання яких до цих пір є невирішеною. Валові обсяги викидів шкідливих речовин від цих джерел майже в 6 разів вище, ніж обсяги викидів від пересувних джерел у т.ч. і від автотранспорту [9].

Загальний обсяг викидів в атмосферне повітря міста здійснюється понад 7 000 стаціонарними джерелами забруднення, з яких 6 200 (89%) - організовані.

На частку 8 найбільших підприємств міста, викиди в атмосферу яких перевищують 1000 т за рік,

приходиться близько 97,5% від загального обсягу викидів підприємств в атмосферу [9]. До цих підприємств відносяться: Придніпровська ТЕС ВАТ „Дніпроенерго”, ВАТ „Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського”, ВАТ „Інтерпайп НТЗ”.

Значний внесок у забруднення повітряного басейну міста вносить автотранспорт. На автомобільний транспорт приходиться близько 40 % від сумарного обсягу викидів токсичних речовин в атмосферу по місту.

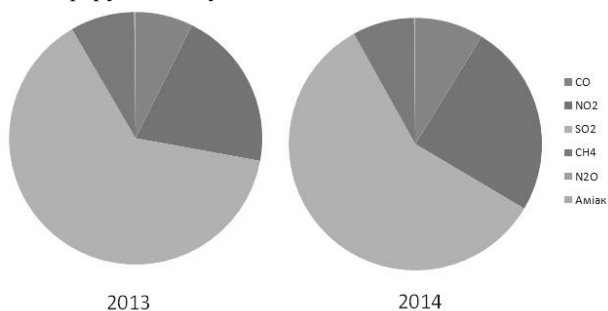


Рис. 1 Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від стаціонарних джерел у 2013 та 2014 році /

Emissions of pollutants into the atmosphere from stationary sources in 2013 – 2014

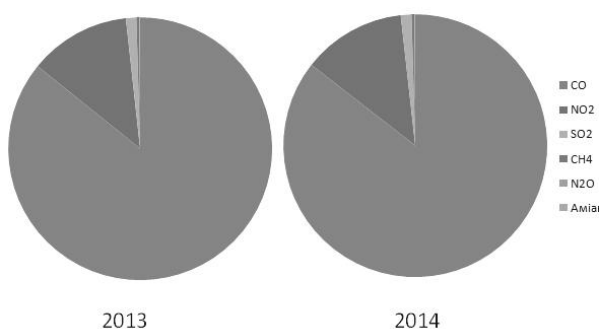


Рис. 2 Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від пересувних джерел у 2013 та 2014 році /

Emissions to the atmosphere from mobile sources in 2013 – 2014

Серед викидів стаціонарними джерелами викидів переважає діоксид сірки. Антропогенне надходження оксидів сірки в атмосферу пов'язано зі спалюванням палива, насамперед кам'яного вугілля, що містить до декількох відсотків сірки. Джерелами утворення SO_2 також є металургійна промисловість (переробка сульфідних руд міді, свинцю і цинку) [6]. Діоксид сірки в атмосфері зазнає хімічні перетворення, під дією сонячного випромінювання в газовій фазі відбувається його окислення в триоксид сірки (SO_3), який, розчиняючись в частинках атмосферної води, утворює сірчану кислоту.

Окислення відбувається також у рідкій фазі після абсорбції SO_2 в краплях атмосферної вологи або у твердій фазі після адсорбції на частинках оксидів металів [8, 13].

Серед викидів від пересувних джерел викидів переважає CO. Діоксид вуглецю є продуктом неповного згоряння палива [11, 12]. Дана речовина складає близько половини від загальної вагової кількості усіх шкідливих речовин, що надходять в повітряний басейн міста.

Згідно даних статистики, за останні роки загальний обсяг викидів має тенденцію до скорочення.

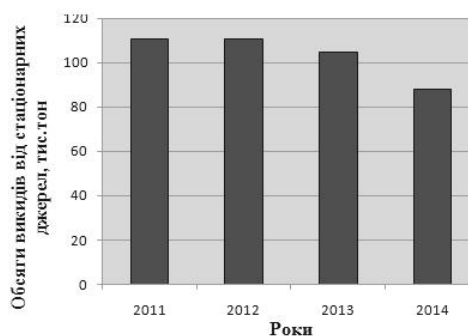


Рис. 3 Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря /
Dynamics of pollutants in the air

Так, наприклад у 2013 році від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря надійшло 104,8 тис. т забруднюючих речовин, що на 6,7% менше, ніж за відповідний період попереднього року [9]. У сумарній кількості забруднюючих речовин, що надійшли в атмосферу, викиди метану та оксиду азоту, які належать до парникових газів, становили відповідно 5 600,6 т та 49 т. Крім того, за зазначений період в атмосферу надійшло 5,1 млн. т діоксиду вуглецю, який крім того впливає на зміну клімату. А у 2014 році обсяг викидів склав 87,7 тисяч тон, що майже на 16% менше, ніж за відповідний період попереднього року

Висновок

Екологічна ситуація в м. Дніпропетровську загострена тим, що викиди в атмосферу здійснюються нерівномірно і переважно – в промислових зонах з великою концентрацією підприємств металургійної, машинобудівної, хімічної та інших галузей промисловості.

Вирішенням даної проблеми є розробка державних програм та фінансування заходів зі скорочення викидів шляхом впровадження екологічно чистих технологій та сучасного обладнання.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ /
REFERENCES**

1. Александров В. Ю. / Экологические проблем автомобильного транспорта / В. Ю. Александров, Л. И. Кузубова, Е. П. Яблокова – Аналитический обзор. – Новосибирск, 1995. – 113 с.
Alexanderov V. Y. / Environmental problems avtomobilnogo transport / V. Y. Alexandrov, L. I. Kuzubova, E. P. Yablokova – Analytical Review. – Novosibirsk, 1995. – 113 p.
2. Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения / Безуглая Э.Ю. – СПб.: Астерон, 2008. – 253с.
Bezuhlaya E. Smimova I. (2008), *Vozdukh horodov y eho yzmeneniya* [Air cities and Changes], Asteron, Saint Petersburg, Russian Federation.
3. Безуглая Э.Ю. Климатологические характеристики условий распространения примесей в атмосфере : справочное пособие. / Э.Ю. Безуглая, М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
Bezughlaya, E Berlyand M. [Climatological characteristics of the spread conditions impurities in the atmosphere] - L. : Gidrometeoizdat, 1983. - 328 p.
4. Ворончук М.М. О влиянии метеорологических факторов на среднегодовой уровень загрязнения атмосферы городов УССР / М.М. Ворончук, О.И. Щепец // 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. Гутаревич Ю. Ф. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов //Екологія та автомобільний транспорт – К, – 2006
Gutarevich YF Porivnyalny analiz metodiv viznachennya rivnya zabrudnennya atmosferic povitrya / YF Gutarevich, DV Zerkalov // Ekologiya that avtomobilny transport - K – 2006
6. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля/ Д. В. Зеркалов // Монографія. — К.: Основа – 2012 — 514 с.
Zerkalov DV Ekologichna bezpeka that receptionists dovkillya / DV Zerkalov // Monografiya. - K. : Osnova - 2012 - 514 p.
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. [Urbometeorologichni 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. Статистичний збірник Дніпропетровщина у цифрах у 2014 році// Головне управління статистики у Дніпропетровській області – Д. – 2015.
Dnepropetrovsk Statistical digest 2014 // Department of Statistics in the Dnipropetrovsk region – D. - 2015.
10. Фалько В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка) / Фалько В. В., Поліщук С. З., Токовенко (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.
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 anApartment 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 д-ром.техн.наук, проф. А. С. Беликовым (Украина); д-ром.техн.наук, проф. Н.Н.Беляевым (Украина)

Статья поступила в редколлегию 07.09.2015

УДК 504.6.+656.2

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ ПИЛОГАЗОВОЇ СУМІШІ
ВІД МАСИ ВИКИДУ В ВИТЯЖНІЙ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

ПОЛІЩУК С. З. ^{1*}, *д.т.н, проф.,*

ПОЛІЩУК А. В. ², *к.т.н., доц.*

КУШНИР Є. Г. ³, *.к.т.н., доц.*

ПЕТРОВЦІЙ О. В. ⁴, *. асистент*

МАЦЕВИЧ І.М. ⁵, *к.т.н., доц.*

^{1*} Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-19, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

² Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет, пр.Гагаріна, 8, 49000, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-24-64, , e-mail: polalvik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2488-8900.