

УДК 504.6+ 628.8

ДО ПИТАННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕМПЕРАТУРИ ДИМОВИХ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ПРИ ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ З ПРИЗЕМНОЮ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ ЗАБРУДНЮЮЧИХ АТМОСФЕРУ РЕЧОВИН

ПОЛЩУК С. З. ^{1*}, *д. т. н., проф.*КУШНИР Е. Г. ^{2*}, *к. т. н., проф.*ТРОЦЕНКО А. В. ^{3*}, *асп.*БАРАБАНОВ С. С. ^{4*}, *маг.*ДЯДЬКІНА А. І. ^{5*}, *маг.*

^{1*} 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 (098) 268-62-59, e-mail: sleepyhollow693@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7844-8698

^{2*} 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 (0562) 47-02-98, e-mail: keg1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3395-7784

^{3*} 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 (098) 268-62-59, sleepyhollow693@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7844-8698

^{4*} 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 (068) 638-57-21, e-mail: Varabanov7077@icloud.ua, ORCID ID: 0000-0002-2553-1743

^{5*} 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 (093) 013-82-99, e-mail: alinadyadkina777@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8405-270X

Анотація. Мета: визначити вплив зниження температури димових і вентиляційних викидів при їх утилізації на зміну приземної концентрації забруднюючих атмосферу речовин. **Методика:** У даній роботі надані результати дослідження з використанням алгоритму розрахунків максимальних приземних концентрацій [2]. **Результати:** За отриманими даними складена зведена таблиця розрахункових схем, які можуть реалізовуватися на практиці. Так само в роботі наведені Наукова новизна: маючи дані про параметри джерела викиду, можливо, сформулювати рекомендації - в яких межах раціонально знижувати температуру газових викидів за умови недопущення підвищення приземних концентрацій забруднюючих речовин. Практична значимість: При викиді шкідливих речовин в атмосферу їх приземні концентрації залежать від температури газів, які викидаються, в зв'язку з цим розглядаючи енергозберігаючий аспект, пов'язаний з утилізації теплоти промислових викидів, необхідно враховувати і екологічний

Ключові слова: димові викиди, вентиляційні викиди, приземному концентрація, вплив температури

К ВОПРОСУ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЫМОВЫХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ИХ УТИЛИЗАЦИИ С ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ АТМОСФЕРУ ВЕЩЕСТВ

ПОЛИЩУК С. З. ^{1*}, *д. т. н., проф.*,КУШНИР Е. Г. ^{2*}, *к. т. н., проф.*,ТРОЦЕНКО А. В. ^{3*}, *асп.*,БАРАБАНОВ С. С. ^{4*}, *маг.*,ДЯДЬКИНА А. И. ^{5*}, *маг.*

^{1*}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, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

^{2*}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 (0562) 47-02-98, e-mail: keg1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3395-7784

^{3*}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 (098) 268-62-59, e-mail: sleepyhollow693@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7844-8698

^{4*}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 (068) 638-57-21, e-mail: Varabanov7077@icloud.ua, ORCID ID: 0000-0002-2553-1743

^{5*}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 (093) 013-82-99, e-mail: alinadyadkina777@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8405-270X

Аннотация. Цель: определить влияние снижения температуры дымовых и вентиляционных выбросов при их утилизации на изменение приземной концентрации загрязняющих атмосферу веществ. **Методика:** В данной работе предоставлены результаты исследования с использованием алгоритма расчётов максимальных приземных концентраций [2]. **Результаты:** По полученным данным составлена сводная таблица расчетных схем, которые могут реализовываться на практике. Так же в работе приведены **Научная новизна:** располагая данными о параметрах источника выброса, возможно, сформулировать рекомендации - в каких пределах рационально снижать температуру газовых выбросов при условии недопущения повышения приземных концентраций загрязняющих веществ. **Практическая значимость:** При выбросе вредных веществ в атмосферу их приземные концентрации зависят от температуры газов, которые выбрасываются, в связи с этим рассматривая энергосберегающий аспект, связано с утилизации теплоты промышленных выбросов, необходимо учитывать и экологический

Ключевые слова: дымовые выбросы; вентиляционные выбросы; приземная концентрация; влияние температуры

TO QUESTION RELATIONSHIP TEMPERATURE SMOKE AND VENTILATION EMISSIONS AT THEIR DISPOSAL WITH GROUND-LEVEL CONCENTRATIONS OF AIR POLLUTANTS

POLISHCHUK S. Z. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KUSHNIR E. G. ^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.)*,
TROTSENKO A. V. ^{3*}, *pg.*,
BARABANOV S. S. ^{4*}, *stud.*,
DYADKINA A. I. ^{5*}, *stud.*

^{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, phone +38 (056) 756-34-92, e-mail: oolysya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-9285-3999

^{2*} 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, phone +38 (056) 756-34-92, e-mail: keg1980@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3395-7784

^{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, phone +38 (098) 268-62-59, e-mail: sleepyhollow693@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7844-8698

^{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, phone +38 (068) 638-57-21, e-mail: Barabanov7077@icloud.ua, ORCID ID: 0000-0002-2553-1743

^{5*} 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, phone +38 (093) 013-82-99, e-mail: alinadyadkina777@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8405-270X

Annotation. Objective: To determine the effect of reducing the emissions of smoke and air temperature at their disposal to change the surface concentration of air pollutants. **Methods:** In this, given the results of studies using the algorithm calculations of maximum ground-level concentrations. [2] **Results:** The obtained data compiled summary table design schemes that can be implemented in practice. As shown in the scientific novelty: placing data on the source of emissions may make recommendations - to what extent is rational to reduce the temperature of the gas emissions under the condition of non-increase of surface concentrations of pollutants. **Practical value:** When the emission of harmful substances into the atmosphere of their surface concentrations depend on the temperature of the gases that are released, therefore considering the energy-saving aspect, due to the heat recovery of industrial emissions, it is necessary to take into account environmental.

Keywords: smoke emissions; air emissions; surface concentration; temperature effect

Введение

На сегодняшний день в Украине с дымовыми газами различного происхождения в атмосферу выбрасываются тысячи Гкал теплоты. А также тысячи тонн газообразных и твердых загрязнителей. В последние годы разрабатываются способы использования этого тепла для нагрева приточного воздуха и

отопления помещения. Исследования говорят о высокой экономической эффективности использования тепла вентиляционных выбросов. При выбросе вредных веществ в атмосферу их приземные концентрации зависят от температуры газов, которые выбрасываются, в связи с этим рассматривая энергосберегающий аспект, связано с утилизации теплоты про-

мышленных выбросов, необходимо учитывать и экологический

Цель

Цель исследования – определить влияние снижения температуры дымовых и вентиляционных выбросов при их утилизации на изменение приземной концентрации загрязняющих атмосферу веществ.

Методика

В данной работе предоставлены результаты исследования с использованием алгоритма расчётов максимальных приземных концентраций [2].

Результаты

По полученным данным составлена сводная таблица расчетных схем, которые могут реализовываться на практике.

Как видно из таблицы 1, только в схеме 3 нет зависимости величины C_m от ΔT и от ω_0

Таблица 1

Сводная таблица расчетных схем / Summary of design schemes

| Номер схемы | Ограничения на ΔT , ω_0 | Взаимосвязь C_m и ΔT | Взаимосвязь C_m и ω_0 |
|-------------|---|--------------------------------------|---|
| 1 | $\Delta T < 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, 0,3846 < \frac{\omega_0 D}{H} < 1,5385$ | C_m не зависит от ΔT | C_m убывает с ростом ω_0 |
| 2 | $\Delta T < 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, \frac{\omega_0 D}{H} > 1,5385$ | C_m не зависит от ΔT | C_m достигает минимального значения при $\frac{\omega_0 D}{H} = 1,866$ |
| 3 | $\Delta T < 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, \frac{\omega_0 D}{H} < 0,3846$ | C_m не зависит от ΔT | C_m не зависит от ω_0 |
| 4 | $\Delta T > 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, 0,569 \frac{H}{\omega_0 D^2} < \Delta T < 0,580 \frac{H}{\omega_0 D^2}$ | C_m возрастает с ростом ΔT | C_m убывает с ростом ω_0 |
| 5 | $\Delta T > 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, \Delta T < 0,569 \frac{H}{\omega_0 D^2}$ | C_m не зависит от ΔT | C_m возрастает с ростом ω_0 |
| 6 | $\Delta T > 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, \Delta T > 37,091 \frac{H}{\omega_0 D^2}$ | C_m убывает с ростом ΔT | C_m убывает с ростом ω_0 |
| 7 | $\Delta T > 10 \frac{\omega_0^2 D}{H^2}, 0,580 \frac{H}{\omega_0 D^2} < \Delta T < 37,091 \frac{H}{\omega_0 D^2}$ | C_m убывает с ростом ΔT | C_m при определенном значении $\frac{\omega_0 D}{H}$ достигает минимального значения. |

Следующим этапом работы является анализ существующих источников выбросов на предмет отнесения их к той или иной расчетной схеме. Кроме того, необходимо сформулировать управляющие рекомендации относительно взаимосвязи ΔT с C_m .

Если изменения ΔT не приводят по условию имеющихся ограничений к изменению расчетной схемы, то предварительно можно сформулировать следующее.

Схема 1. Снижая температуру газовых выбросов, рациональным будет повышение скорости выхода пылегазовоздушной смеси ω_0 из устья источника.

Схема 2. Снижая величину ΔT , рациональным будет поддерживать значение $t = \frac{\omega_0 D}{H}$ равным 1,866.

Схема 3. Этот случай не предусматривает наличие управляющих воздействий по ΔT и ω_0 .

Схема 4. Если эта схема реализуется на практике, то снижение температуры ΔT приведет к снижению концентрации C_m , однако область снижения очень узка, что можно отнести к погрешности методики ОНД-86.

Схема 5. Если есть возможность снизить ΔT , то рационально будет и снижение скорости ω_0 .

Схема 6. Не рациональна с точки зрения снижения температуры выброса. Компенсация возможна за счет увеличения ω_0 .

Схема 7. Также не рациональна с точки зрения снижения ΔT . Существует область значений t , обеспечивающая наименьшие значения C_m .

В соответствии с расположением схем 1-7 на координатной плоскости можно предположить, что при условии снижения $\Delta T(S)$ схемы 1-4 являются самыми устойчивыми. Схема 5. может трансформировать-

ся в схему 3. Схема 6 – может перейти в схемы 7 или 2, а схема 7 в схемы 1,4 или 5.

Вывод

Таким образом, располагая данными о параметрах источника выброса, возможно, сформулировать рекомендации - в каких пределах рационально снижать температуру газовых выбросов при условии недопущения повышения приземных концентраций загрязняющих веществ. Кратко эти рекомендации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Взаимосвязь изменения C_m при снижении Δt и изменении ω_0 /

The relationship changes C_m when 2 reduction and change ω_0

| Номер схемы | Целесообразность снижения Δt | Целесообразность изменения ω_0 | Результат изменения C_m |
|-------------|--------------------------------------|--|--|
| 1 | можно снижать Δt | в сторону увеличения | не меняется |
| 2 | можно снижать Δt | поддержание экстремального значения | не меняется |
| 3 | можно снижать Δt | изменение не влияет на C_m | не меняется |
| 4 | нужно снижать Δt | можно увеличить | снижается |
| 5 | можно снижать Δt | можно увеличивать | не меняется |
| 6 | не рекомендуется | увеличить ω_0 | при снижении Δt C_m возрастает |
| 7 | не рекомендуется | изменение ω_0 для перехода в другие схемы | при снижении Δt C_m возрастает |

Следующий этап состоит в сортировке источников выбросов по расчетным схемам и формулированным рекомендациям по управляющим воздействиям при утилизации теплоты дымовых и промышленных выбросов.

Источники, попадающие в схемы 3 и 5 практически мало интересны из-за малых значений $\Delta t(S)$. Теоретически при $\omega_0 \rightarrow 0$ для схемы 5 величины $\Delta t \rightarrow \infty$, возникает вопрос, насколько это реализуемо на практике, схема 4 практически вырождена.

Схема 1 имеет промежуточное значение из-за ограничения по максимальному значению Δt или S . В схемах 2, 6 и 7 величина Δt может принимать боль-

шие значения, что с точки зрения утилизации теплоты выбросов оптимально. Их отличие в том, что для схемы 2 значения $\omega_0(t)$ достаточно велики, в схеме 6 область значений ω_0 уже, а в схеме 7 величина ω_0 ограничена конкретной величиной.

Далее были проанализировано значительное количество источников выбросов, которые систематизированы по расчетным схемам. Результаты этого анализа приведены в таблице.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долодаренко, В. А. К вопросу управления экологическим риском на предприятии [Текст] / В. А. Долодаренко, А. В. Полищук, А. В. Токовенко, В. В. Фалько // Материали проблем технічної механіки: Матеріали Міжнародного конф. (м. Дніпропетровськ–Дніпродзержинськ, Україна, 13-15 квітня 2011 р.). – 2011. – С. 7–8.
2. Полторацкая В. Н. Оценка экологического риска от загрязнения атмосферного воздуха на основе данных подфакельных измерений: автореф. дис. канд. техн. наук:18.04.13 [Текст] / В. М. Полторацкая В. М.; Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, 2013.– 20 с.
3. Барбашова, Н. В. Взаємозв'язок понять «екологічний ризик» та «екологічна безпека» [Текст] / Н. В. Барбашова // Актуальні проблеми держави і права. – 2014. – Вип. 72 – С. 245–253.
4. Благодатний, В. В. Розробка математичної моделі площадного джерела викидів [Електронний ресурс] [Текст] / В. В. Благодатний, В. В. Фалько, В. Ю. Зінченко // Вісник НУК імені адмірала Макарова. – 2013. – № 2 – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>
5. Зінченко, В. Ю. Розробка математичної моделі методу рішення задачі прогнозування оцінки екологічного ризику від групи точкових джерел / В. Ю. Зінченко, В. В. Фалько // Екологічна безпека. – 2013. – №2 (16). – С. 36–39.

6. Шматов, Г. Г. Оцінка забруднення атмосферного повітря викидами пилу від стаціонарних джерел промислових підприємств, які розташовані в м. Дніпропетровськ [Текст] / Г. Г. Шматов, Ю. І. Мінков // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 14. – С. 72–75.
7. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків [Електронний ресурс] // Стратегічні пріоритети. – 2013. – № 2. – С. 182–184. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/spa_2013_2_28.pdf
8. Зинченко, В. Ю. Особенности оценки экологического риска для здоровья человека от группы стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / В. Ю. Зинченко, В. В. Фалько, Н. А. Емец // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 272–278.
9. Державні будівельні норми ДБН А.2.2. – 1 – 2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. – Київ: Держкомбударх, 2003 – 19 с.
10. ОНД - 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. – 94 с.
11. Фалько, В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка) [Текст] / В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Токошенко (Артомонова). – Дніпропетровськ. – Економіка, 2014 – 194 с.

REFERENCES

1. Dolodarenko V.A., Polishchuk A.V., Tokovenko A.V., Fal'ko V.V. *K voprosu upravleniya upravleniya ekologicheskim riskom na prepriyatii*. [On the question of environmental risk management in the enterprise]. *Materialy problem tehnicnoii mehaniki; Materialy Mijnarodnoii konferencii* [Technical Mechanics of Materials Problems: Proceedings of Intern. Conf]. Dnipropetrovs'k, 2011, pp. 7-8. (in Russian).
2. Poltoratskaya V.N., *Otsenka ekologicheskogo riska ot zagryazneniya atmosfernogo vozduha na osnove dannyh podfakel'nyh izmerenii: avtoref. dys. kand. tehn. nauk*. [Environmental risk assessment of air pollution on the basis of measurements undertorch: Author. Dis. cand. tehn. Sciences]. *Prydniprov's'ka derjavna akademiya budivnytstva ta arhitektury*. [Prydniprov's'k State Academy of Construction and Architecture], 2013, 20 p. (in Russian).
3. Barbashova N.V. *Vzayemozvyazok ponyat' "ekologichnyy ryzyk" ta "ekologichna bezpeka"* [The relation of definitions "ecological risk" and "ecological safety"]. *Aktual'ni problem derzhavy i prava* [Issues of State and Law], 2014, issue 72, pp. 245-253. (in Ukrainian).
4. Balgodantyy V.V., Falko V.V. and Zinchenko V. Yu. *Rozrobka matematychnoyi modeli ploschadnogo dzhherela vykydiv* [Mathematical scheme development for an areal pollutants emissions source]. *Visnyk NUK imeni admiral makarova* [Bulletin of Admiral Makarov National University of Shipbuilding], 2013, issue 2, Rezhym dostupu: <http://ev.nuos.edu.ua> (in Ukrainian).
5. Zinchenko V. Yur., Falko V. V., *Rozrobka matematychnoyi modeli metodu rishennya zadachi prognostychnoyi otsinky ekologichnogo ryzyku vid grupy tochkovyh dzhherel* [Mathematical scheme development of solving method for ecological risk prognostic assessment problem from a group of emissions point sources]. *Ekologichna bezpeka* [Ecological safety], 2013, issue 2 (16), pp. 36-39.
6. Shmatkov G.G., *Otsinka zabrudnennya atmosfernogo povitrya vykydamy pylu vid statsionarnykh djerel promyslovykh pidpryemstv, yaki roztashovani v m. Dnipropetrovs'k* [Assessment of air pollution dust emissions from stationary sources of industrial enterprises, which are located in c. Dnepropetrovsk]. *Ekologiya i pryrodokorystuvannya*. [Ecology and Environmental Sciences], 2011, issue 14, pp. 72-75. (in Ukrainian).
7. *Ekologichna ta pryrodno-tehnogenna bezpeka Ukrayiny: regional'nyy vymir zagroz i ryzykiv* [Ecological, natural and antropogenic safety of Ukraine: regional survey of threats and risks]. *Strategichni prioriteti* [Strategic Priorities], 2013, issue 2, pp. 182-184.
8. Zinchenko V.Yu., Falko V.V. and Yemets N.A. *Osobennosti otsenki ekologicheskogo riska dlya zdorovya cheloveka ot grupy statsyonarnykh istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozduha* [Ecological risk assessment aspects for human health from a group of emissions point sources]. *Ekologiya i pryrodokorystuvannya* [Ecology and Nature Management], 2013, issue 16, pp. 272-27. (in Russian).
9. Derjavni budivel'ni normy DBN A.2.2. [State Construction Standard SCS]. Sclad i zmist materialiv otsinky vplyviv na navkolyshne seredovyshche (OVNC) pry proektuvanni i budivnytstvi pidpryemst, budynkiv i sporud. [Composition and content of impact assessment (EIA) in the design and construction of plants, buildings and structures.], 2003, p.19. (in Ukrainian).
10. ОНД-86. *Metodika rasshcheta kontsentratsyy v atmosfernom vozduhe vrednykh veshchestv v vybrosah predpriyatyy* [Methodology of concentrations estimation for air pollutants emissions], 1987, 94 p. (in Russian).
11. Falko V., Polishchuk S. and Tokovenko (Artomonova) A. *Ekolohichnyy ryzyk dlya lyudyny vid zabrudnennya atmosfernoho povitrya (teoretychna otsinka)* [Ecological risk to humans from air pollution (theoretical valuation)]. Dnepropetrovsk: Economics, 2014. – 194 p. (in Ukrainian).

Статья поступила в редколлегию 17.09.2016