

[http://www.eurotherm2008.tue.nl/Proceedings\\_Eurotherm2008/papers/Micro\\_Nano-scale\\_Heat\\_Transfer/MNH\\_14.pdf](http://www.eurotherm2008.tue.nl/Proceedings_Eurotherm2008/papers/Micro_Nano-scale_Heat_Transfer/MNH_14.pdf). – Title from Screen. – Date of Access: 9 September 2015.

E. A. T. van den Akker, A. J. H. Frijns, A. A. van Steenhoven, P. A. J. Hilbers Thermodynamic analysis of molecular dynamics simulation of evaporation and condensation *5th European Thermal-Sciences Conference, The Netherlands, 2008/ 8 p.* Available at: [http://www.eurotherm2008.tue.nl/Proceedings\\_Eurotherm2008/papers/Micro\\_Nano-scale\\_Heat\\_Transfer/MNH\\_14.pdf](http://www.eurotherm2008.tue.nl/Proceedings_Eurotherm2008/papers/Micro_Nano-scale_Heat_Transfer/MNH_14.pdf). (Accessed 10 September 2015).

12. Mashukin, V.I. Boundary conditions for gas-dynamical modeling of evaporation processes [Virtual Resource] / V. I. Mashukin, A. A. Samokhin // X International Seminar "Mathematical Models & Modeling in Laser-Plasma Processes & Advanced Science Technologies". – 2012. - Vol XXIV – pp. 8–11.– Access Mode : [http://lppm3.ru/files/journal/XXIV/MathMontXXIV-](http://lppm3.ru/files/journal/XXIV/MathMontXXIV-Mazhukin.pdf)

Mazhukin.pdf. – Title from Screen. – Date of Access: 10 September 2015.

Mashukin V. I., Samokhin A. A. Boundary conditions for gas-dynamical modeling of evaporation processes. *International Seminar "Mathematical Models & Modeling in Laser-Plasma Processes & Advanced Science Technologies"*, 2012. pp. 8–11. Available at: <http://lppm3.ru/files/journal/XXIV/MathMontXXIV-Mazhukin.pdf>. (Accessed 10 September 2015).

13. Sone, Y. Kinetic theory of and fluid dynamics. Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology / Yoshio Sone – Springer Science & Business Media, 2012 – 353 p.

Sone Y. Kinetic theory of and fluid dynamics. Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology. Springer Science & Business Media, 2012, 353 p. [http://www.dissland.com/catalog/obobshchennaya\\_teoriya\\_teploperenosa\\_v\\_gazovoy\\_srede\\_pri\\_vseh\\_chislah\\_knudsen.html](http://www.dissland.com/catalog/obobshchennaya_teoriya_teploperenosa_v_gazovoy_srede_pri_vseh_chislah_knudsen.html)

*Статья рекомендована до публикации д-ром. техн. наук, проф. С. З. Полищуком (Украина); д-ром. техн. наук, проф. А. С. Беліковим (Украина)*

Статья поступила в редколлегию 10.09.2015

УДК 628.543:628.16.08

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ И УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

ВЫСОЦКИЙ С. П.<sup>1</sup>, *д.т.н, проф.*,  
СТЕПАНЕНКО Т. И.<sup>2\*</sup>, *ассистент*

<sup>1</sup> Кафедра охраны труда, безопасности жизнедеятельности и гражданской защиты, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Державина, 2, 86123, Макеевка, Украина

<sup>2\*</sup> Кафедра охраны труда, безопасности жизнедеятельности и гражданской защиты, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Державина, 2, 86123, Макеевка, Украина, тел. +38 (050) 216-18-94, e-mail: [tatyana\\_stepanenko@list.ru](mailto:tatyana_stepanenko@list.ru), РИНЦ SPIN-код: 2094-0277

**Аннотация.** *Целью работы* является определение влияния pH на растворимость тяжелых металлов: железа, алюминия, никеля и хрома, обоснование причин повышения содержания соединений железа после предочистки в системах подготовки воды, а также влияния температуры и концентрации кислоты в сточных водах металлургических производств на степень и скорость осаждения соединений железа. **Методика.** Выполнение исследований включало использование аналитических методов определения соединений металлов с применением модельных растворов в лабораторных условиях, а также определение условий осаждения соединений железа из промышленных сточных вод металлургических производств в зависимости от концентрации кислоты и температуры растворов. **Результаты исследований.** Процесс осаждения тяжелых металлов из сточных вод наиболее целесообразно осуществлять с использованием извести. Значения оптимального pH, при котором имеет место минимальная концентрация отдельных металлов, существенно отличается. При превышении оптимального значения pH остаточная концентрация металла увеличивается. **Научная новизна.** Определены оптимальные условия осаждения тяжелых металлов. Выведены аналитические зависимости и приведена интерпретация причин повышения содержания железа на промышленных установках. Определены характеристики осаждения соединений железа из растворов в зависимости от концентрации кислоты и температуры раствора. Приведены аналитические зависимости, характеризующие влияние указанных факторов на процесс осаждения. **Практическая значимость.** Тяжелые металлы являются источником загрязнения питьевой воды и технологических вод промышленных предприятий. Оптимизация условий удаления металлов из водных растворов является важным условием сохранения здоровья человека и повышения надежности работы предприятия.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, реагентный метод, сточные воды, известь, соединения железа.

## ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ТА ВИДАЛЕННЯ СПОЛУК ЗАЛІЗА ІЗ СТІЧНИХ ВОД

ВИСОЦЬКИЙ С. П.<sup>1</sup>, *д.т.н, проф.*,  
СТЕПАНЕНКО Т. І.<sup>2\*</sup>, *асистент*

<sup>1</sup> Кафедра охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, вул. Державіна, 2, 86123, Макіївка, Україна

<sup>2\*</sup> Кафедра охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту, Донбаська національна академія будівництва і архітектури, вул. Державіна, 2, 86123, Макіївка, Україна, тел. +38 (050) 216-18-94, e-mail: [tatyana\\_stepanenko@list.ru](mailto:tatyana_stepanenko@list.ru), РИНЦ SPIN-код: 2094-0277

**Анотація.** *Метою роботи* є визначення впливу рН на розчинність важких металів: заліза, алюмінію, нікелю та хрому, обґрунтування причин підвищення вмісту сполук заліза після попереднього очищення в системах підготовки води, а також впливу температури і концентрації кислоти в стічних водах металургійних виробництв на ступінь і швидкість осадження сполук заліза. *Методика.* Виконання досліджень включало використання аналітичних методів визначення сполук металів із застосуванням модельних розчинів в лабораторних умовах, а також визначення умов осадження сполук заліза з промислових стічних вод металургійних виробництв в залежності від концентрації кислоти і температури розчинів. *Результати досліджень.* Процес осадження важких металів із стічних вод найбільш доцільно здійснювати з використанням вапна. Значення оптимального рН, при якому має місце мінімальна концентрація окремих металів, істотно відрізняється. При перевищенні оптимального значення рН залишкова концентрація металу збільшується. *Наукова новизна.* Визначено оптимальні умови осадження металів. Виведено аналітичні залежності і наведена інтерпретація причин підвищення вмісту заліза на промислових установках. Визначені характеристики осадження сполук заліза з розчинів залежно від концентрації кислоти і температури розчину. Наведено аналітичні залежності, які характеризують вплив зазначених факторів на процес осадження. *Практична значимість.* Важкі метали є джерелом забруднення питної води та технологічних вод промислових підприємств. Оптимізація умов видалення металів із водних розчинів є важливою умовою збереження людського здоров'я та підвищення надійності роботи підприємств.

**Ключові слова:** важкі метали, реагентний метод, стічні води, вапно, сполуки заліза.

## FEATURES OF HEAVY METALS BEHAVIOUR IN WATER SOLUTIONS AND REMOVAL OF COMPOUNDS OF IRON FROM SEWAGE

VYSOTSKIY S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
STEPANENKO T.<sup>2\*</sup>, *Assistant*

<sup>1</sup> Occupational Safety and Health, Safety of Leaving and Civil Defence Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Derzhavin str., 2, 86123, Makiyivka, Donetsk region, Ukraine

<sup>2\*</sup> Occupational Safety and Health, Safety of Leaving and Civil Defence Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Derzhavin str., 2, 86123, Makiyivka, Donetsk region, Ukraine, tel. +38 (050) 216-18-94, e-mail: [tatyana\\_stepanenko@list.ru](mailto:tatyana_stepanenko@list.ru), РИНЦ SPIN-код: 2094-0277

**Abstract.** *The purpose* is to determine the effect of pH on the solubility of heavy metals: iron, aluminum, nickel and chromium, the rationale for increasing the content of iron compounds after pretreatment in water treatment systems, as well as the influence of temperature and concentration of the acid in the wastewater metallurgical industries on the degree and rate of deposition of iron. *Methodology.* Performing research involved the use of analytical methods for the determination of metals with the use of model solutions in the laboratory, as well as to determine the conditions of deposition of iron compounds from industrial wastewater metallurgical industries, depending on the acid concentration and solution temperature. *Findings.* The process of deposition of heavy metals from waste water is most expedient to carry out using lime. The values of optimum pH at which there is a minimum concentration of individual metals is significantly different. When exceeding the optimum pH values the residual metal concentration increases. *Originality.* The optimal conditions for the deposition of heavy metals identified. Analytic depending are received and is given the interpretation of the causes of increasing iron content in industrial units. The characteristics of the precipitation of iron compounds from solution, depending on the acid concentration and temperature of the solution are defined. Analytical dependences characterizing the influence of these factors on the process of deposition are given. *Practical value.* Heavy metals are a source of contamination of drinking water and process water industry. Optimization of conditions for the removal of metals from aqueous solutions is important for the preservation of human health and improve the reliability of the company.

**Keywords:** heavy metal reagent method, wastewater, lime, iron compounds.

## Введение

Большинство промышленных предприятий используют технологические процессы, приводящие к образованию токсичных сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, таких как хром, железо, никель и др. Тяжелые металлы относятся к одним из наиболее опасных для здоровья соединений. Присутствие в воде нескольких тяжелых металлов может усилить токсическое действие в несколько раз [5]. Токсическое действие тяжелых металлов на живые организмы проявляются в виде изменений функционирования центральной и периферической нервной системы, внутренней секреции, системы кроветворения [9, 1]. Попадание их в организмы инициирует злокачественные новообразования и нарушает работу аппарата наследственности.

## Цель

Целью данной работы является исследование влияния pH на растворимость тяжелых металлов в воде, обоснование причин повышения содержания соединений железа после предочистки в системах подготовки воды, а также определение условий осаждения соединений железа в зависимости от концентрации кислоты в водном растворе и его температуры.

## Методика

При выполнении исследований были использованы аналитические методы определения соединений металлов с применением модельных растворов в лабораторных условиях, а также определение условий осаждения соединений железа из промышленных сточных вод металлургических производств в зависимости от концентрации кислоты и температуры растворов.

## Результаты

В общем виде содержание тяжелых металлов в водных растворах зависит от активности водородных ионов или pH раствора, константы диссоциации кислоты, полученной при гидролизе солей и произведения растворимости осадка [8, 10].

Безопасность жизнедеятельности в большей мере зависит от качества основного продукта – воды, которую мы употребляем в чистом виде и в составе пищи. Как известно, алюминий, соединения которого применяются на городских установках очистки природной воды для питьевых целей, является одной из основных причин возникновения болезни Альцгеймера. При изменении показателя pH на единицу в допустимых нормами ВОЗ пределах приводит к изменению содержания алюминия более чем в 11 раз. В системах водоподготовки предприятий энергетики, химической и металлургической промышленности при предочистке воды применяется, как правило, умягчение воды

известью и коагуляция загрязнителей коллоидной степени дисперсности серноокислым железом. При изменении гидратной щелочности воды в пределах нормируемых величин от 0 до 0,3 мг-экв/л равновесное содержание железа изменяется в 25-30 раз. Приведенные данные указывают на важность решения проблемы уменьшения содержания тяжелых металлов в водных растворах.

Для трехвалентных металлов (алюминий, железо) их содержание в растворе определяется суммой катионов:

$$P = [M(OH)_2^+] + [M(OH)^{2+}] + [M^{3+}] \quad (1)$$

Основным компонентом, определяющим содержание соединений железа в растворе является  $[Fe(OH)_2^+] \approx 4 \cdot 10^{-10}$  моль/л. Содержание всех составляющих в пересчете на железо составит примерно 0,02 мкг/л. По эксплуатационным данным систем водоподготовки содержание железа после предочистки воды составляет 75-150 мкг/л, т.е. больше указанного значения в 3500-7500 раз. Это обусловлено как отклонением pH от оптимальных значений так и не полным окислением соединений двухвалентного железа, присутствующего в природной воде в трехвалентное соединение.

Важным с практической точки зрения является определение более точного влияния изменения pH вблизи области оптимальных значений этого показателя. Для отдельных металлов оптимальные значения показателя pH, при которых имеет место минимальное равновесное содержание этих металлов изменяются в очень широких пределах от примерно 7 для алюминия до 11,2 для кадмия и 11,7 до двухвалентного железа (рис. 1). Таким образом, активность ионов водорода при этом изменяется более чем в 50 тысяч раз.

Обработка полученных авторами, а также из литературных источников [12,1], экспериментальных данных показала, что зависимость с высокой степенью корреляции (коэффициент регрессии на уровне 0,95–0,99) описывается следующим уравнением, полученным авторами (рис. 2):

$$\lg \frac{C}{C_0} = a(pH - pH_{opt})^2 + b = a(\Delta pH)^2 + b \quad (2)$$

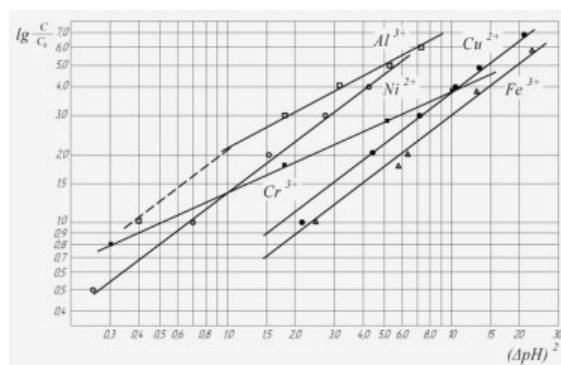


Рис. 1. Зависимость показателя, характеризующего растворимость металлов от

разницы текущего и оптимального значений pH /  
Dependence index characterizing the solubility of metals  
from the difference of the current and optimum pH

При этом для соединений железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 0,52(\Delta pH)^{1,5} \quad (3)$$

для соединений меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 0,66(\Delta pH)^{1,5} \quad (4)$$

для соединений никеля ( $\text{Ni}^{2+}$ ):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 1,33(\Delta pH)^{1,5} \quad (5)$$

для соединений алюминия ( $\text{Al}^{3+}$ ):

$$\lg \frac{C}{C_0} = 2,13(\Delta pH)^{1,04} \quad (6)$$

где  $C$ ,  $C_0$  – текущее значение равновесной концентрации металла и минимальное значение при оптимальном уровне pH соответственно, моль/л;

pH, pH<sub>опт</sub> – текущее и оптимальное значение pH соответственно;

$\Delta pH$  – разница текущего и оптимального значений pH.

Разница уровней pH соответствует определенной активности водородных ионов. Значения  $C_0$  для отдельных металлов следующие  $\text{Al}^{3+} = 8,91 \cdot 10^{-7}$ ;  $\text{Fe}^{3+} = 1,51 \cdot 10^{-6}$ ;  $\text{Cu}^{2+} = 1 \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{Ni}^{2+} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Отличие характера прямых для алюминия и хрома обусловлено более высокими амфотерными свойствами этих металлов.

Основными методами очистки являются нейтрализация стоков и их отстаивание [11, 9, 3]. На процесс очистки влияют активность водородных ионов, температура раствора и время осаждения. Согласно предложенной авторами модели процесс осветления описывается показательной функцией величины обратной времени осаждения:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = K \cdot \frac{1}{\tau} + b \quad (7)$$

где  $\alpha$  – степень осаждения загрязнителя, долей.

Показатель  $\frac{1-\alpha}{\alpha}$  характеризует

«концентрационный напор» загрязнителя. На рис. 3 показана зависимость указанного показателя при изменении в качестве параметра концентрации кислоты 0,01, 0,02 и 0,04 моль/л.

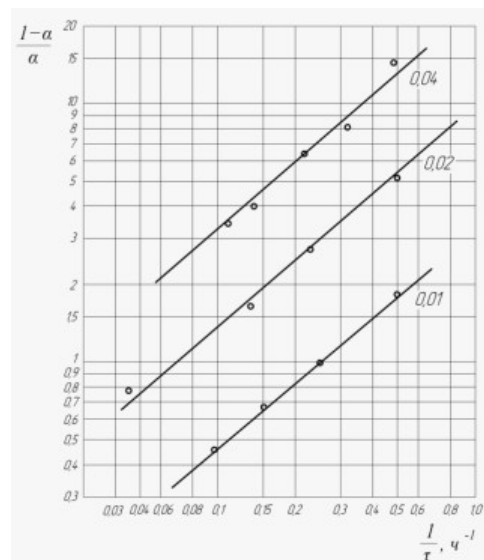


Рис. 2. Зависимость параметра, характеризующего степень осаждения взвешенных веществ от величины, обратной времени процесса (цифры на прямых соответствуют концентрации (активности) водородных ионов, моль/л) / The dependence of the parameter characterizing the degree of deposition of suspended matter from the inverse process time (the numbers on the lines correspond to the concentration (activity) of hydrogen ions, mol/l)

Влияние концентрации раствора и времени осаждения на показатель, характеризующий степень осаждения соединений железа описывается следующей аналитической зависимостью:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = 3,165 \cdot 10^3 \left( \frac{1}{\tau} \right)^{0,86} \cdot C^{1,50} \quad (8)$$

где  $\tau$  – время осаждения, ч;

$C$  – концентрация кислоты, моль/л.

Влияние времени на изменение параметра  $\frac{\alpha}{1-\alpha}$

при разной температуре процесса показано на рис. 4. Эта зависимость со степенью корреляции  $\geq 0,97$  также описывается показательной функцией величины, обратной времени процесса.

Влияние температуры раствора и времени осаждения на показатель, характеризующий степень осаждения соединений железа, описывается следующей зависимостью:

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = 2,04 \cdot 10^{-36} \exp \left( 3,073 \cdot 10^4 \frac{1}{T} \right) \times \left( \frac{1}{\tau} \right)^{0,86} \quad (9)$$

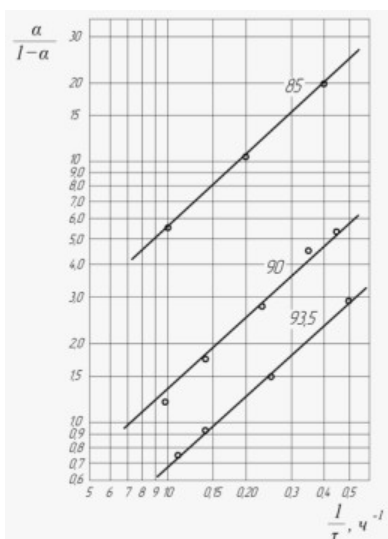


Рис. 3. Зависимость параметра, характеризующего степень осаждения взвешенных частиц от величины, обратной времени процесса (цифры на кривых соответствуют температуре раствора в °C) / Dependence of the parameter characterizing the degree of deposition of suspended particles from the inverse process of time (the numbers on the curves correspond to the solution temperature in °C)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Аверин Г.В. Опасность и риск как характеристики особых состояний экологических и техногенных систем / Г.В. Аверин, А.В. Звягинцева // Экологічна безпека. – 2008. – № 2. – С. 22-30.  
Averin G.V., Zvyagintseva A.V. Opasnost i risk kak harakteristiki osobyyh sostoyaniy ekologicheskikh i tehnogennykh sistem [Danger and risk as descriptions of the special states of the ecological and technogenic systems]. Ekologichna bezpeka – Ecological safety, 2008., no 2, pp. 22-30.  
[http:// .....](http://.....)
2. Васильев А.Н. Технологии распространения тяжелых металлов в окружающей среде / А.Н. Васильев, Н.Н. Тундель // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2000. - № 2. – С. 36-44.  
Vasilev A.N., Tundel N.N. Tehnologii rasprostraneniya tyazhelykh metallov v okruzhayushchey srede [Technology of heavy metals in the environment]. Ekotehnologiya i resursosberezhenie. – Environmental technology and resources, 2000, no 2, pp. 36-44.  
[http:// .....](http://.....)
3. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Лурье Ю.Ю. – М. : Химия, 1984. – 464 с.  
Lure Yu.Yu. Analiticheskaya himiya promyshlennykh stochnykh vod [Analytical chemistry of industrial waste water]. Moscow: Chemistry, 1984. – 464 p.  
[http:// .....](http://.....)
4. Пилипенко А.Т. Аналитическая химия, Т.1 / А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий. – М. : Химия, 1990. – 480 с.  
Pilipenko A.T., Pyatnitskiy I.V. Analiticheskaya himiya [Analytical Chemistry]. Vol.1 Moscow: Chemistry, 1990. –

#### Научная новизна и практическая значимость

Тяжелые металлы являются источником загрязнения питьевой воды и технологических вод промышленных предприятий. Оптимизация условий удаления металлов из водных растворов является важным условием сохранения здоровья человека и повышения надежности работы предприятия.

#### Выводы

1. Исследовано влияние pH на растворимость тяжелых металлов в воде и выведены аналитические зависимости для растворимости отдельных металлов.
2. Определены условия осаждения соединений железа в зависимости от концентрации кислоты в растворе и его температуры.
3. Выведены аналитические зависимости, характеризующие процесс осаждения соединений железа.

480 p.

[http:// .....](http://.....)

5. Bernard Aube. The Science of Treating Acid Mine Drainage and Smelter Effluents / [www.enviraube.com](http://www.enviraube.com), 21 p.

Bernard Aube. The Science of Treating Acid Mine Drainage and Smelter Effluents. 21 p.

<http://www.infomine.com/publications/docs/Aube.pdf>

6. David M. Ayres. Removing Heavy Metals from Wastewater / David M. Ayres, Allen P. Davis, Paul M. Gietka. Engineering Research Center Report. University of Maryland. 1994. – 21 p.

David M. Ayres. Removing Heavy Metals from Wastewater Engineering Research Center Report. University of Maryland. 1994, 21 p.

[http:// .....](http://.....)

7. Gameiro M.L.F. Nano seed-mediate precipitation of iron as crystalline natrojarosite / Gameiro M.L.F., Pereira M.F.C., Farelo F. Centre for Chemical Processes, IST, Technical University of Lisbon, Portugal. 2011. – pp. 4.

Gameiro M.L.F. Nano seed-mediate precipitation of iron as crystalline natrojarosite Technical University of Lisbon, Portugal, 2011, pp. 4.

[http:// .....](http://.....)

8. Heavy metals in wastewaters. Removal and Analyses. Ramboll. Heavy metals in wastewaters. 2013/3/22.

[http://www.ecoprofi.info/docs/event\\_2013-03-22\\_presentation\\_Ramboll\\_Varpula\\_en.pdf](http://www.ecoprofi.info/docs/event_2013-03-22_presentation_Ramboll_Varpula_en.pdf)

9. M. Vrijheid. Hazard potential ranking of hazardous waste sites and risk of congenital anomalies / M. Vrijheid, H. Dolk, B. Armstrong // Occupational Environmental Medicine. – 2002. - № 59 (II). – pp. 768-776.

M. Vrijheid. Hazard potential ranking of hazardous waste sites and risk of congenital anomalies. Occupational Environmental Medicine, 2002. issue 59 (II), pp. 768-776.

[http:// .....](http://.....)

10. Piero M. Armenante. Precipitation of Heavy Metals

from Wastewater / NJIT, 1999. – pp. 41.

Piero M. Armenante. Precipitation of Heavy Metals from Wastewater. NJIT. 1999. pp. 41.

<http://.....>

11. Robert W. Peters. Separation of heavy metals: Removal from industrial wastewater and contaminated soil / Robert W. Peters and Linda Shem. Energy System Division. Argonne National Laboratory. Argonne, Illinois 60439. 2009. – pp. 62.

Robert W. Peters and Linda Shem. Separation of heavy metals: Removal from industrial wastewater and contaminated soil Energy System Division. Argonne National Laboratory. Argonne, Illinois 60439, 2009, pp. 62.

<http://.....>

12. Roger Batstone. The Safe Disposal of Hazardous Wastes. The special Needs and Problems of Developing Countries. Volume II / Roger Batstone, James E. Smith, Jr. and David Wilson. A joint study: The World Bank, World Health Organization, United Nation Environment Programme. Washington, D.C. 1989. – pp. 270-552.

Roger Batstone, James E. Smith, Jr. and David Wilson. The

Safe Disposal of Hazardous Wastes. The special Needs and Problems of Developing Countries. Volume II. A joint study: The World Bank, World Health Organization, United Nation Environment Programme. Washington, D.C., 1989, pp. 270-552.

<http://.....>

13. Sultan I. Amer. Treating Metal Fishing Wastewater / Environmental Technology. March/April, 1998. – pp. 7.

Sultan I. Amer. Treating Metal Fishing Wastewater / Environmental Technology. March/April, 1998, pp. 7.

<http://.....>

14. Teresia Wällstedt. Influence of acidification and liming on metals in lake sediments. Doctoral Thesis in Applied Environmental Science. Stockholm's University, Stockholm. 2005. – pp. 30.

Teresia Wällstedt. Influence of acidification and liming on metals in lake sediments. Stockholm's University, Stockholm, 2005, pp. 30.

<http://.....>

*Статья рекомендована к публикации д-ром техн. наук, проф. Беликовым А.С. (Украина), д-ром техн. наук, проф. С. З. Полищуком (Украина)*

Статья поступила в редколлегию 04.09.2015

УДК 628.511.4

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКРАНИРОВАННЫХ ВЫТЯЖНЫХ ЗОНТОВ В СИСТЕМАХ МЕСТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

ГОЛЫШЕВ А.А.

Кафедра теплогазовоснабжения, водоотведения и вентиляции, Государственное высшее учебное заведение "Криворожский национальный университет", ул. XII Партсъезда, 11, 50027, г. Кривой Рог, Украина, тел. +38 (056) 409-06-39, e-mail: golyshev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-9593-5161

**Аннотация.** *Цель.* Вытяжной зонтик является распространенным типом местного отсоса на промышленных предприятиях, он отличается простотой конструкции и невысокой стоимостью. Вместе с этим нужно заметить, что не всегда его эффективность достаточно высока, а для полноценного улавливания вредных выделений могут потребоваться значительные объемы удаляемого воздуха. Для решения этой проблемы в статье предложены пути оптимизации конструкции вытяжных зонтов. Поставлена задача исследования поля скоростей воздушного потока вытяжных зонтов с кольцевым уступом-экраном и без него. *Методика.* В работе использованы методы математического моделирования. Для оценки качества работы вытяжного зонтика определялись значения скоростей воздуха на уровне вентилируемой поверхности в зоне действия его приемного отверстия. *Результаты.* Для удобства восприятия результаты математического моделирования представлены в виде графиков. На графиках можно оценить зависимость скорости воздушного потока от расстояния до приемного отверстия зонтика, от угла конусности и от ширины кольцевого экрана-уступа. Установлено, что при экранировании вытяжного зонтика кольцевым уступом имеет место скачкообразное изменение скорости при переходе в зону, ограниченную кольцевым уступом и вентилируемой поверхностью. Величина скачка зависит от расстояния между плоскостью приемного отверстия зонтика и вентилируемой поверхностью. Использование кольцевого экрана-уступа позволяет увеличить скорости вытяжного воздуха в зоне действия приемного отверстия зонтика. Изменяя ширину кольцевого уступа возможно в широких пределах уменьшать угол при вершине конуса вытяжного зонтика. *Научная новизна.* С помощью полученных зависимостей для определения скорости воздуха на уровне вентилируемой поверхности рассмотрено влияние кольцевого уступа на величину этой скорости. Также была установлена зависимость между углом конусности и площадью обслуживания вытяжного зонтика. *Практическая значимость.* Использование кольцевого уступа в приемном отверстии вытяжного зонтика делает целесообразным его применение для локализации вредных выделений от крупноплощадных источников в условиях ограниченной высоты размещения местных отсосов.

**Ключевые слова:** вытяжной зонтик; кольцевой экран-уступ; вредные выделения; местная вентиляция; поле скоростей