

УДК 669.046: 662.74:628.56

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

*Павлович Л.Б., д.т.н., профессор кафедры теплоэнергетики и экологии*

*Коротков С.Г., к.т.н., доцент, зав. кафедрой теплоэнергетики и экологии*

*Осокина А.А., аспирант кафедры теплоэнергетики и экологии (osokina.alina@inbox.ru)*

Сибирский государственный индустриальный университет  
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

**Аннотация.** Проведена оценка экологического риска от загрязнения атмосферного воздуха производственной деятельностью металлургического предприятия ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» от всех организованных и неорганизованных источников выбросов цехов: рудоподготовки, агломерации, доменного, сталеплавильного, прокатного, литейного. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 75 % от всех организованных источников выбросов (208 шт.), высокий риск – 22,1 %, очень высокий – 2,9 %. Неканцерогенный риск от всех неорганизованных источников выбросов (39 шт.) имел превышение предельно допустимого уровня в 40 раз. Для снижения организованных выбросов предлагается в цехах рудоподготовки, агломерации и доменном увеличении высоты дымовых труб, в сталеплавильном, прокатном и литейном – регулирование геометрических параметров горловины трубы Вентури и СИОТа. Предложенные рекомендации по технологическим приемам малозатратны и позволяют снизить содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ и приблизиться к достижению оптимальных условий труда (первый класс).

**Ключевые слова:** организованные, неорганизованные источники выбросов; неканцерогенные, канцерогенные вещества; экологический риск, агломерационное, доменное, сталеплавильное, прокатное, литейное производства.

DOI: 10.17073/0368-0797-2015-12-901-905

В связи с вступлением в ВТО, где контроль окружающей среды осуществляется согласно стандартам ISO 14000 с использованием экологического менеджмента, техносферная безопасность определяется рисками, вследствие чего появляется необходимость в их расчете. Риск – это мера опасности. Риски классифицируются как индивидуальный, технический, экологический, социальный, экономический и др. Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушение дальнейшего нормального функционирования, существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Источником экологического риска наряду с вышеприведенными причинами также может быть техногенное воздействие – загрязнение отходами производства водоемов, почвы и атмосферного воздуха [1 – 4]. Экологический риск может иметь количественное выражение. Для нормирования загрязнений окружающей среды с целью практически полной защиты здоровья человека от загрязнений предлагается внедрение концепции риска, которая лежит в основе государственной политики США 80-х гг. прошлого века [5, 6].

Целесообразность расчета состоит в том, что в России, согласно установленным санитарным нормам проектирования промышленных предприятий (СН 369 – 74), при расчете высоты дымовой трубы максимальная приземная концентрация ( $C_{\max}$ ) должна быть не более

предельно допустимой максимально разовой (ПДК<sub>м.р.</sub>). Но, сравнивая эти величины, значения  $C_{\max}$  всегда будет меньше ПДК<sub>м.р.</sub>, так как среднесуточная ПДК<sub>с.с.</sub>, которая лежит в основе расчета  $C_{\max}$ , в несколько раз меньше ПДК<sub>м.р.</sub>, что значительно занижает расчетную высоту дымовой трубы. Как известно, показатель ПДК<sub>м.р.</sub> нигде в мире не используется. При расчете рисков по международной системе, где используется параметр ПДК<sub>с.с.</sub>, получается более объективная оценка содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Целью настоящей работы является изучение экологических рисков организованных и неорганизованных источников выбросов от производственной деятельности металлургического производства.

Оценка риска для здоровья человека проводилась в два этапа согласно документу «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (Р 2.2.1766 – 63) по следующему алгоритму, приведенному в работе [7]. На первом этапе выполнен расчет максимальных приземных концентраций  $C_{\max}$  согласно методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [8] с использованием отчетной формы 2ТП-воздух (2011 г.) [9]. На втором этапе проводился непосредственно расчет экологических рисков. Далее сравнивали полученные результаты с установленными [10 – 12] приемлемыми значениями риска:

для неканцерогенных веществ 0,02, для канцерогенных веществ  $1 \cdot 10^{-3}$ .

Аглоизвестковое производство включает в себя цехи рудоподготовки и агломерации. В их составе насчитывается 71 источник организованных выбросов (18 труб) загрязняющих веществ: неканцерогенных – оксиды железа и кальция, пыль агломерата и кремнезема, оксид углерода, диоксид серы, оксид и диоксид азота, а также коксовая пыль; канцерогенных – бенз[а]пирен. Расчеты показали, что из 31 источника в цехе рудоподготовки 20 (64,5 %) имели неканцерогенный экологический риск, не превышающий допустимый уровень. Экологический риск составлял 0,0007 – 0,012 при высоте дымовой трубы 18 – 30 м. Для 11 источников (вагоноопрокидыватель, корпуса распределения материалов) наблюдалось превышение приемлемого риска в 5,2 и 1,3 раза. Высота дымовых труб этих источников выбросов составляет 5 – 22 м. Суммарный риск по цеху от организованных источников выбросов за счет превышения приемлемого риска по двум источникам составлял 0,17 (17 %). Превышения по канцерогенному веществу – бенз[а]пирену – выявлено не было. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 64,5 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 25,8 %, очень высокий – 9,7 %. Рекомендуется увеличить высоту труб на вагоноопрокидывателе до 15 м и на корпусе распределения материалов до 30 м. В этом случае по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по цеху [13].

В цехе агломерации 13 источников (32,5 %) показали превышение экологического риска в 1,8 – 5,4 раза. Высота дымовых труб этих источников выбросов составляет 15 – 120 м. Остальные 27 источников не имели превышения по неканцерогенному экологическому риску. Суммарный риск по цеху составлял 0,26 и имел превышение в 13 раз. Превышения по канцерогенному веществу бенз[а]пирену выявлено не было. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 67,5 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 27,5 %, очень высокий – 5 %. Рекомендуется увеличить высоту труб на агломашине № 1 – 3 в зоне спекания до 125 м, в корпусе первичного смешивания – до 20 м и перегрузочных узлах 11, 12, 13 – до 25 м. В этом случае по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по цеху [14].

Доменный цех насчитывает 33 источника организованных выбросов (12 труб). Выбросы загрязняющих веществ: неканцерогенные – оксиды железа, марганца, магния, кальция, углерода, алюминия, коксоагломерационная пыль, пыль кремнезема, сероводород, диоксид серы, оксид и диоксид азота; канцерогенные – бенз[а]пирен. Расчеты показали, что 14 источников (42,4 %) имели

превышение приемлемого уровня риска в 1,6 – 2,45 раз. Экологический риск составлял 0,032 – 0,049 при высоте дымовой трубы 8 – 23 м. Остальные 18 источников не имели превышения по неканцерогенному экологическому риску ( $Risk_{\text{нkc}}$ ). Суммарный риск по цеху составлял 0,16. Превышения по канцерогенному веществу бенз[а]пирену выявлено не было. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 57,6 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 42,4 %. Рекомендуется увеличить высоту труб на перегрузочных станциях 1 – 2, конвейерах АС-1, 2, 6, 7 и в аварийном приемном устройстве № 3 АС-1-2 до 15 м. В этом случае по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по цеху.

Сталеплавильное производство насчитывает 42 источника организованных выбросов (17 труб). Выбросы загрязняющих веществ: неканцерогенные – оксиды железа, марганца, магния, кальция, углерода, алюминия, цинка, фтористый водород, пыль кремнезема, диоксид серы, оксид и диоксид азота; канцерогенные – бенз[а]пирен. Расчеты показали, что 11 источников (26 %) имели превышение приемлемого уровня риска в 2,6 – 2,8 раз. Экологический риск составлял 0,051 – 0,056. Остальные 31 источник не имели превышения по неканцерогенному экологическому риску. Суммарный риск по цеху составлял 0,17. Превышения по канцерогенному веществу бенз[а]пирену выявлено не было. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 74 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 26 %. Рекомендуется провести регулирование сечения горловины трубы Вентури, которая стоит на очистке источников, превышающих приемлемый уровень риска, что позволит достичь максимальной эффективности работы очистного сооружения. В этом случае по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по сталеплавильному производству.

Прокатное производство насчитывает 14 источников организованных выбросов (6 труб). Выбросы загрязняющих веществ: неканцерогенные – оксиды железа и углерода, пыль кремнезема, диоксид серы, оксид и диоксид азота; канцерогенные – бенз[а]пирен. Расчеты показали, что всего 1 источник имел превышение приемлемого уровня риска в 1,3 раза. Экологический риск составлял 0,026. Остальные 13 источников не имели превышения по неканцерогенному экологическому риску. Суммарный риск по цеху составлял 0,041. Превышения по канцерогенному веществу бенз[а]пирену выявлено не было. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 92,9 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 7,1 %. Рекомендуется провести регулирование сечения горловины трубы Вентури, которая стоит на очистке источ-

ника, превышающего приемлемый уровень риска, что позволит достичь максимальной эффективности работы очистного сооружения. В этом случае по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по прокатному производству.

Литейный цех насчитывает 48 источников организованных выбросов (8 труб). Выбросы загрязняющих веществ: неканцерогенные – оксиды железа и углерода, пыль древесная, диоксид серы, оксид и диоксид азота; цианистый и фтористый водород. Расчеты показали, что всего 2 источника имели превышение приемлемого уровня риска в 2,6 – 6,5 раз. Экологический риск составлял 0,051 – 0,13. Остальные 46 источников не имели превышения по неканцерогенному экологическому риску. Суммарный риск по цеху составлял 0,21. Неканцерогенный экологический риск хронической интоксикации, не превышающий приемлемый уровень, составлял 95,8 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск – 2,1 %, очень высокий – 2,1 %. Рекомендуется провести регулирование сечения горловины трубы Вентури и СИОТа, которые стоят на очистке источников, превышающих приемлемый уровень риска. В этом случае эффективность их работы станет максимальной, по расчетам экологический риск не будет превышать допустимый уровень по литейному цеху.

Металлургическое предприятие имеет 208 источников организованных выбросов. Риск по цехам составлял 0,041 – 0,26, превышение в 2,1 – 13,0 раз. Превышения по канцерогенному веществу бенз[а]пирену выявлено не было. Риски можно ранжировать следующим образом: неканцерогенный экологический риск, не превышающий приемлемый уровень, составлял 75 % от всех организованных источников выбросов, высокий риск –

22,1 %, очень высокий – 2,9 %. Превышение в процентном соотношении по металлургическому производству для организованных источников выбросов невысокое, если сравнивать с коксохимическим производством, где высокий уровень превышения составлял 23,3 %, очень высокий – 49,6 % [15].

Кроме того, в металлургическом производстве имеется 39 неорганизованных источников выбросов, общий неканцерогенный риск по которым составляет 0,8, превышение предельно допустимого уровня риска в 40 раз. Результаты расчетов экологического риска от выбросов в атмосферу металлургического комбината представлены в таблице.

В России впервые выполнены расчет и оценка экологического риска от производственной деятельности металлургического предприятия. Предложенные рекомендации по технологическим приемам малозатратны и позволят снизить содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ и приблизиться к достижению оптимальных условий труда (первый класс).

Расчет экологического риска наглядно подтвердил основные экологические проблемы металлургического производства: необходимость увеличения высоты семи дымовых труб в аглоизвестковом и доменном производствах; необходимость регулирования работы существующего очистного оборудования в сталеплавильном, прокатном и литейном производствах; необходимость решать проблему неорганизованных выбросов.

**Выводы.** Установлены количественные характеристики экологического риска для каждого компонента, каждого источника газоздушных выбросов в атмосферу металлургического производства; проведено ран-

### Экологические риски от выбросов в атмосферу металлургического комбината

#### Ecological risks from emissions of metallurgical plant into the atmosphere

Наименование производства	Число источников, шт	Risk <sub>нкц</sub>	Уровень превышения Risk <sub>нкц</sub>
Организованные источники выбросов			
Аглоизвестковое производство	71	0,39000	Очень высокий, в 19,5 раз
Доменный цех	33	0,16000	Очень высокий, в 8 раз
Сталеплавильное производство	42	0,17000	Очень высокий, в 8,5 раз
Прокатное производство	14	0,04100	Высокий, в 2,05 раз
Литейный цех	48	0,21000	Очень высокий, в 10,5 раз
Итого:	208	0,68000	Очень высокий, в 34 раза
Неорганизованные источники выбросов			
Аглоизвестковое производство	4	0,55000	Очень высокий, в 27,5 раз
Доменный цех	16	0,43000	Очень высокий, в 21,5 раз
Сталеплавильное производство	12	0,05400	Высокий, в 2,7 раз
Прокатное производство	5	0,18000	Высокий, в 9 раз
Литейный цех	2	0,00023	Низкий
Итого:	39	0,80000	Очень высокий, в 40 раз

жирование источников выбросов по приоритетности их влияния на здоровье работающих; заложены основы управления техносферной безопасностью металлургического производства; обоснованы приоритетные объекты снижения выбросов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ и оценка риска производственной деятельности: Учебн. пособие / П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. – М.: Абрис, 2012. – 327 с.
2. Меньшиков В.В., Швыряев А.А., Захарова Т.В. Анализ риска при систематическом загрязнении атмосферного воздуха опасными химическими веществами: Учебн. пособие – М.: изд. МГУ, 2005. – 120 с.
3. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: Учебн. пособие. 2-е изд. – СПб.: изд. СПбУ, 2001. – 152 с.
4. Риск воздействия химического загрязнения окружающей среды на здоровье населения: от оценки к практическим действиям / С.М. Новиков, Т.А. Шашина, И.Л. Абалкина, Н.С. Скворцова; под ред. Ю.А. Рахманина. – М.: Издательское товарищество «АдамантЪ», 2003. – 84 с.
5. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) / С.Л. Авалиани, М.М. Андрианов, Е.В. Печеников и др. – М.: Консультационный центр по оценке риска здоровью, 1996. – 159 с.
6. Ларсон Б., Голуб А.А. Основные положения методических рекомендаций по анализу эффективности мероприятий по охране атмосферного воздуха на основе расчета затрат на сокращение риска. – М.-Л.: Гидрометеиздат, 1997. – 22 с.

7. Осокина А.А., Павлович Л.Б., Лупенко В.Г. Оценка экологического риска от загрязнений атмосферного воздуха при выдаче кокса // Вестник СибГИУ. 2012. № 2 С. 46 – 49.
8. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – М., Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 97 с.
9. Бланк инвентаризации источников загрязнения атмосферного воздуха промплощадки ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». – Новокузнецк: изд. ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», 2011. – 53 с.
10. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. – М.: НИИЭЧиГОС, 2002. – 408 с.
11. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска / А.П. Щербо, А.В. Киселев, К.В. Негриенко и др. – СПб: изд. СПб. ун-та, 2002. – 376 с.
12. Меньшиков В.В. Концептуальные основы оценки экологического риска: Учебн. пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 44 с.
13. Павлович Л.Б., Шубина А.О. Оценка экологического риска от выбросов в атмосферу аглоизвесткового производства // Вестник СибГИУ. 2014. № 1. С. 47, 48.
14. Макаров А.В., Радаев А.В. Расчет экологического риска от организованных источников выбросов агломерационного производства. – В кн.: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2014. Вып. 18. Ч. 2. С. 82 – 84.
15. Павлович Л.Б., Медведская Е.В., Суржилов Д.В., Лупенко В.Г. Оценка экологического риска от деятельности коксохимического производства // Кокс и химия. 2013. № 5. С. 33 – 40.

Поступила 26 апреля 2015 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2015. Vol. 58. No. 12, pp. 901–905.

## THE ESTIMATION OF ECOLOGICAL RISK OF PRODUCTION ACTIVITIES OF METALLURGICAL PLANT

**L.B. Pavlovich, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Thermal Power and Ecology”**

**S.G. Korotkov, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor, Head of the Chair “Thermal Power and Ecology”**

**A.A. Osokina, Postraduate of the Chair “Thermal Power and Ecology” (osokina.alina@inbox.ru)**

**Siberian State Industrial University (42, Kirov str., Novokuznetsk, Kemerovo Region, 654007, Russia)**

**Abstract.** The paper presents the estimation of the ecological risk from atmosphere pollution by the practical activities of the metallurgical factory OJSC «EVRAZ ZSMK» from all organized and unorganized emissions sources of manufactories: ore-preparation, agglomeration, blast furnaces, steel-smelting, rolling and foundry. It has been shown, that non-carcinogenic ecological risk of chronic intoxication is not higher than acceptable level of 75 % from all the organized sources (208 items), high risk – of 22.1 %, very high – of 2.9 %. Non-carcinogenic ecological risk from all unorganized sources (39 items) is higher than the acceptable level in 40 times. To reduce organized emissions it has been proposed to increase the height of the pipes in manufactories of ore-preparation, agglomeration and blast furnaces, to control of nose section of the Venturi’s tube and cyclone SIOT in manufactories of steel-smelting, rolling and foundry. The proposed recommendations of technological methods are cost-effective and will allow reducing the content of airborne hazardous substances and closing to achieving optimal working conditions (first class).

**Keywords:** organized sources of emissions, unorganized sources of emissions, carcinogenic and non-carcinogenic substances, ecological risk, agglomeration, blast furnace, steel-smelting, rolling, foundry.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2015-12-901-905

#### REFERENCES

1. Kukin P.P., Shlykov V.N., Ponomarev N.L., Serdyuk N.I. *Analiz i otsenka riska proizvodstvennoi deyatel'nosti: Uchebnoe posobie* [Analysis and estimation of production activity risk: Manual]. Moscow: Abris, 2012. 327 p. (In Russ.).
2. Men'shikov V.V., Shvyryaev A.A., Zakharova T.V. *Analiz riska pri sistematicheskoy zagryaznenii atmosfernogo vozdukha opasnymi khimicheskimi veshchestvami. Uchebn. Posobie* [Risk analysis at systematical pollution of the atmosphere with hazards chemical substances. Manual]. Moscow: MGU, 2005. 120 p. (In Russ.)
3. Vaganov P.A., Man-Sung Im. *Ekologicheskie riski: Uchebn. Posobie* [Ecological risks: Manual]. St. Petesburg: ISPb un-ta, 2001. 152 p. (In Russ.)
4. Novikov S.M., Shashina T.A., Abalkina I.L. etc. *Risk vozdeistviya khimicheskogo zagryazneniya okruzhayushchei sredy na zdorov'e naseleniya: ot otsenki k prakticheskim deistviyam* [Risk of chemical pollution influence of the environment on the population health: from estimation to practical actions]. Rakhmanin Yu.A. ed. Moscow: Adamant, 2003. 84 p. (In Russ.)
5. Avaliani S.L., Andrianov M.M., Pechennikov E.V. etc. *Okruzhayushchaya sreda. Otsenka riska dlya zdorov'ya (mirovoi opyt)* [Environment. Risk estimation for health (world experience)]. Moscow:

- Konsul'tatsionnyi tsentr po otsenke riska zdorov'yu, 1996. 159 p. (In Russ.).
6. Larson B., Golub A.A. *Osnovnye polozheniya metodicheskikh rekomendatsii po analizu effektivnosti meropriyatiy po okhrane atmosfery vozdukh na osnove rascheta zatrat na sokrashchenie riska* [Main positions of recommended practice on the efficiency analysis of the measures on the atmosphere protection based on the calculation of the expenses to risk decrease]. Moscow: 1997. 22 p. (In Russ.).
  7. Osokina A.A., Pavlovich L.B., Lupenko V.G. Estimation of ecological risk from the atmosphere pollution at coke output. *Vestnik SibGIU*. 2012, no. 2, pp. 46–49. (In Russ.).
  8. *Metodika rascheta kontsentratsii v atmosferynom vozdukh vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy. OND–86* [Calculation methods of harmful substances concentration in the atmosphere, contained in enterprise emissions. OND-86]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. 97 p. (In Russ.).
  9. *Blank inventarizatsii istochnikov zagryazneniya atmosferynogo vozdukh promyshchadki OAO "EVRAZ ZSMK"* [Inventory form of pollution sources of the atmosphere of industrial areas of OJSC "EVRAZ ZSMK"]. Novokuznetsk: OAO EVRAZ ZSMK, 2011. 53 p. (In Russ.).
  10. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A. etc. *Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu* [Basics of risk estimation for population health at the exposure of chemical substances, polluting the environment]. Moscow: NIIChIGOS. 2002. 408 p. (In Russ.).
  11. Shcherbo A.P., Kiselev A.V., Negrienko K.V. etc. *Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e: podkhody k otsenke riska* [Environment and health: approaches to risk estimation]. St. Petesburg, 2002. 376 p. (In Russ.).
  12. Men'shikov V.V. *Kontseptual'nye osnovy otsenki ekologicheskogo riska: Uchebn. posobie* [Conceptual basics of ecological risk estimation: Manual]. Moscow: MNEPU. 2001. 44 p. (In Russ.).
  13. Pavlovich L.B., Shubina A.O. Ecological risk estimation from emissions into the atmosphere by agglomerative- calcic production. *Vestnik SibGIU*. 2014, no. 1, pp. 47–48. (In Russ.).
  14. Makarov A.V., Radaev A.V. Calculation of the environmental risk from organized sources of emissions of sinter production. In: *Trudy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh "Nauka i molodezh': problemy, poiski, resheniya"* [Proceedings of All-Russian scientific conference of students, post-graduate students and young scientists "Science and youth: problems, searches, solutions"]. Novokuznetsk: SibGIU. 2014. Vol. 18. Part 2, pp. 82–84. (In Russ.).
  15. Pavlovich L.B., Medvedskaya E.V., Surzhikov D.V., Lupenko V.G. Ecological risk estimation from the activity of by-product coke plants. *Koks i khimiya*. 2013, no. 5, pp. 33–40. (In Russ.).

Received April 26, 2015