

УДК 504.06:628.56

DOI: 10.30838/P.СММ.2415.250918.227.157

ВЛИЯНИЕ КОКСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ДНЕПРОКОКС» НА СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА

ИВАНОВ И. И.^{1*}, к. т. н., доц.,
ПОЛИЩУК С. З.^{2*}, д. т. н., проф.,
ПОЛИЩУК А. В.^{3*}, к. т. н., доц.,
ПОЛТОРАЦКАЯ В.Н.^{4*}, к. т. н., доц.

^{1*}Кафедра экологии, теплотехники и охраны труда, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (063) 839-45-72, e-mail: ivan_ivanov48@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2945-5853

^{2*}Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (050) 320-33-52, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X

^{3*} Кафедра высшей математики государственное высшее учебное заведение Украинский государственный химико-технологический университет, пр. Гагарина, 8, 49000, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-24-64, e-mail: polalvik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2488-8900

^{4*}Кафедра экологии и охраны окружающей среды, ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 756-33-71, e-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6244-8439

Цель. Оценка влияния пылегазовых выбросов коксового производства ОАО «Днепрококс» на уровень загрязнения воздушного бассейна и степень его опасности. **Методика.** Рассчитывались индексы показателей загрязнения для различных источников выбросов и отдельных загрязнителей, определялся их вклад в общее загрязнение воздушного бассейна коксовым цехом, выполнялся расчет интегрального показателя загрязнения и путем сравнения с его предельно допустимым нормативным значением давалась оценка уровня и степени опасности загрязнения воздуха. **Результаты.** Установлено превышение предельно допустимого уровня загрязнения по 5 ингредиентам выбросов, главными из которых являются азота диоксид, бенз(а)пирен и серы диоксид. Среди источников наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят выбросы из дымовых труб, из вагонов тушения кокса и через не плотности дверей камер коксования; показатель загрязнения превышает допустимый уровень также для выбросов при загрузке шихты в печи и из трубы установки беспылевой выдачи кокса. **Научная новизна.** Получено значение интегрального показателя загрязнения воздуха выбросами коксового производства ОАО «Днепрококс». Превышение этим показателем нормативного значения в 13,2 раза свидетельствует о недопустимом уровне загрязнении атмосферного воздуха выбросами коксового цеха, которое, согласно гигиеническим требованиям, следует считать очень опасным для здоровья. **Практическая значимость.** Установленные количественные характеристики загрязнения воздушного бассейна для различных компонентов и источников выбросов позволяют обоснованно выбрать приоритетные объекты для разработки и реализации мероприятий по повышению техноферной безопасности коксового цеха.

Ключевые слова: коксовое производство; пылегазовые выбросы; вредные вещества; воздушный бассейн; показатель загрязнения; защита окружающей среды

ВПЛИВ КОКСОВОГО ВИРОБНИЦТВА ВАТ "ДНІПРОКОКС" НА СТАН ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ

ИВАНОВ И. И.^{1*}, к. т. н., доц.,
ПОЛИЩУК С. З.^{2*}, д. т. н., проф.,
ПОЛИЩУК А. В.^{3*}, к. т. н., доц.,
ПОЛТОРАЦКА В. М.^{4*}, к. т. н., доц.

^{1*} Кафедра екології, теплотехніки та охорони праці, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 839-45-72, e-mail: ivan_ivanov48@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2945-5853

^{2*}Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 320-33-52, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID 0000-0002-6473-253X

^{3*} Кафедра вищої математики державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет пр. Гагаріна, 8, 49000, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-24-64, e-mail: polalvik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2488-8900

^{4*}Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-33-71, e-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6244-8439

Мета. Оцінка впливу пилогазових викидів коксового виробництва ВАТ "Дніпрококс" на рівень забруднення повітряного басейну і ступень його небезпеки. **Методика.** Розраховувалися індекси показників забруднення для різних джерел викидів і окремих забруднювачів, визначався їх вклад в загальне забруднення повітряного басейну коксовим цехом, виконувалася розрахунок інтегрального показника забруднення і шляхом порівняння з його гранично допустимим нормативним значенням давалася оцінка рівня та ступеня небезпеки забруднення повітря. **Результати.** Встановлено перевищення гранично допустимого рівня забруднення по 5 інгредієнтам викидів, головними з яких є азоту діоксид, бенз(а)пірен і сірки діоксид. Серед джерел найбільший вклад в забруднення повітряного басейну вносять викиди з димарів, з вагонів гасіння коксу і через нещільності дверей камер коксування; показник забруднення перевищує допустимий рівень також для викидів при завантаженні шихти в печі і з труби установки безпилової видачі коксу. **Наукова новизна.** Отримано значення інтегрального показника забруднення повітря викидами коксового виробництва ВАТ "Дніпрококс". Перевищення цим показником нормативного значення в 13,2 разу свідчить про неприпустимий рівень забрудненні атмосферного повітря викидами коксового цеху, яке, згідно з гігієнічними вимогами, слід вважати дуже небезпечним для здоров'я. **Практична значущість.** Встановлені кількісні характеристики забруднення повітряного басейну для різних компонентів і джерел викидів дозволяють обгрунтовано вибрати пріоритетні об'єкти для розробки і реалізації заходів щодо підвищення техносферної безпеки коксового цеху.

Ключові слова: коксове виробництво; пилогазові викиди; шкідливі речовини; повітряний басейн; показник забруднення; захист довкілля

INFLUENCE OF COKE PRODUCTION OJSC «DNEPROKOKS» ON THE STATE OF AIR POOL

IVANOV I. I. ^{1*}, Ph.D. (Tech.), Ph D

POLISCHUK S. Z. ^{2*}, D. Sc. (Tech.), Prof.

POLISCHUK A. V. ^{3*}, Ph.D. (Tech.), Ph D

POLTORATSKAYA V.N. ^{4*} Ph.D. (Tech.), Ph D

^{1*}Department of Ecology, Heat Engineering and Labor Protection, National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarina Ave., 4, 49005, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (063) 839-45-72, e-mail: ivan_ivanov48@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2945-5853

^{2*}Department of Heating, Ventilation and Air Quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernishevskogo str., 24-a, 49600, Dnipro, Ukraine, tel.+38 (050) 320-33-52, e-mail: psz@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID 0000-0002-6473-253X

^{3*} Department of Higher Mathematics State higher educational establishment the Ukrainian state chemical-technological university, pr. Gagarina, 8, Dnipro 49000, Ukraine, phone +38 (0562) 47-24-64, e-mail: polalvik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2488-8900

^{4*} Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernishevskogo str., 24-a, 49600, Dnipro, Ukraine, phone +38 (0562) 756-33-71, e-mail: keko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6244-8439

Purpose. Estimation of influence of dust and gas emissions of coke production of OJSC "Dneprokoks" on the level of contamination of air pool and degree of his danger. **Methodology.** Calculations of pollution indices for various emission sources and individual pollutants were carried out, determined their contribution to the general air pollution by the coke shop, the integral pollution index was calculated and, by comparison with its maximum permissible normative value, the level and degree of air pollution hazard were estimated. **Findings.** The exceedance of the maximum permissible level of pollution by 5 ingredients of emissions is established, the main of them are nitrogen dioxide, benz(a)pyrene and sulfur dioxide. Among sources a most contribution to contamination of air pool is brought in by emissions from flues, from the coke extinguishing wagons and through the leakiness of doors of coking chambers; the index of contamination exceeds a possible level also for emissions at loading of charge in the furnace and from the pipe of setting of unloading of coke without dust. **Originality.** The value of integral index of contamination of air the emissions of coke production of OJSC "Dneprokoks" is got. Exceeding by this index of normative value in 13,2 time testifies to the impermissible level contamination of atmospheric air the emissions of coke workshop, which, according to hygienic requirements, should be considered as very dangerous to health. **Practical value.** The set quantitative descriptions of contamination of air pool for different components and sources of emissions allow reasonably to choose priority objects for development and realization of events on the increase of technospheric safety of coke workshop.

Keywords: coke production, dust and gas emissions, harmful substances, air pool, index of contamination, defence of environment

Введение

Центральное место в концепции устойчивого развития Украины занимают вопросы защиты окружающей среды. Поэтому перспективы развития экономики тесно связаны с обеспечением ее экологической безопасности. Предприятия металлургического комплекса расположены в

регионах со значительной концентрацией промышленного производства, высокой плотностью населения и являются мощным источником негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Выбросы предприятий Донецко-Приднепровского региона составляют более 86% всех промышленных выбросов в стране. Днепропетровская область в последние два года прочно занимает последнее,

24-е место в рейтинге по экологии, а г. Днепр лидирует по индексу загрязнения воздуха; продолжительность жизни в области — самая низкая в Украине после поражённой радиацией Житомирской области [6, 11].

Постановка проблемы

В Украине расположено 13 крупных коксохимических предприятий. По данным [13] сегодня в отрасли стопроцентный износ имеют 54% коксовых батарей. Газообразные выбросы, сбросы и твердые отходы этих производств отличаются широким спектром загрязнителей, высокой токсичностью, специфическим запахом и могут создавать значительную угрозу природе и здоровью населения. Только в атмосферу выделяется в среднем 5,2...8,0 кг/т кокса вредных веществ [12]. Поэтому крайне остро стоит проблема повышения экологической безопасности коксохимического производства за счет его технического переоснащения и реализации системы природоохранных мероприятий.

Анализ последних исследований и публикаций

Все стадии коксохимического процесса характеризуются как организованными выбросами загрязнителей в атмосферу, так и неорганизованными, возникающими в результате не герметичности технологического оборудования, газоотводящих устройств, из открытых источников. При этом каждая стадия имеет как общие с другими, так и характерные только для нее загрязняющие вещества [1].

Коксовый блок является источником 75...80 и более % газопылевых выбросов предприятия. Их основными вредными ингредиентами являются угольная и коксовая пыль, оксиды углерода, серы и азота, аммиак, сероводород, фенол, бензол, цианистый водород, нафталин, сажистый углерод; особую опасность представляет бенз(а)пирен. Некоторые сочетания этих веществ обладают эффектом суммации негативного действия; коксовая пыль может содержать соединения марганца, железа, меди, цинка, кадмия и свинца [4].

Помимо организованного отвода продуктов горения из отопительной системы коксовых батарей через дымовые трубы, значительные выбросы наблюдаются на стадиях загрузки, коксования угля, выдачи, охлаждения и сортировки кокса [3].

При загрузке влажной угольной шихты в раскаленную печную камеру образуется около 5м³ газов на 1 т угля. Они содержат 10...60 г/м³ взвешенных частиц угольной и полукоксовой пыли. В пересчете на 1 т производимого кокса выделение пыли при загрузке печей достигает 150...400 г/т.

Выбросы при выдаче кокса из коксовых печей связаны с выделением коксовой пыли и газов при разрушении коксового пирога в коксоприемном вагоне, которое происходит в течение 30...40 с. Над раскаленным коксом, падающим в тушильный вагон, возникает интенсивный восходящий поток, который увлекает значительные массы окружающего атмосферного воздуха. Этот воздух подхватывает образующиеся при разрушении коксового пирога частицы пыли и увлекает их вверх. В результате возникает пылевое облако, в котором содержатся также газообразные вредные вещества, выделяющиеся из кокса. Иногда образуются густые облака плотного черного или черно-зеленого дыма. Такие явления наблюдаются при незавершенности процесса коксования в центре угольной загрузки или неравномерном обогреве печей, приводящем к образованию в загрузке холодных зон.

Выделение коксового газа через не плотности дверей, люков и стояков печей относительно невелики и зависят от конструкции уплотняющих элементов и уровня эксплуатации. Однако коксовый газ содержит ряд опасных компонентов, поэтому воздействие этих выбросов на загрязнение воздушного бассейна в ряде случаев является существенным.

Следует учесть также, что выбросы названных источников происходят на небольшой высоте, плохо рассеиваются и поэтому вносят существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха на рабочей площадке предприятия [7, 8].

Степень загрязнения природной среды оценивается на основе сравнения фактических концентраций химических веществ с безопасными уровнями и она определяет риск развития неблагоприятных последствий для здоровья нынешних и будущих поколений. Особое значение имеет изучение загрязнения атмосферного воздуха, т.к. он является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и его загрязнение – это основной фактор негативного воздействия как на человека, так и на биосферу в целом и все ее экологические системы [9, 14, 15].

Поэтому оценка опасности при загрязнении воздушного бассейна крайне актуальна, т.к. позволяет предупредить увеличение заболеваемости населения в крупных городах, сохранить биологические ресурсы промышленных регионов и предотвратить деградацию природных экосистем.

Цель

Целью настоящей работы является количественная оценка влияния пылегазовых выбросов коксового производства ОАО «Днепрококс» на уровень загрязнения воздушного бассейна и степень его опасности, а также определение вклада различных источников выбросов и отдельных поллютантов в формирование этого загрязнения.

Изложение основного материала исследований

Исследования выполнялись в условиях коксового цеха ОАО «Днепрококс». Цех включает два блока по 2 коксовые батареи (КБ) в каждом: в первом – КБ №№ 1, 2; во втором – КБ №№ 4, 5. В батареях №№ 1, 2, 5 по 37 печей типа ПВР с боковым подводом отопительного газа и полезным объемом камеры коксования 21,6 м³; в батарее № 4 – 39 печей.

Для уменьшения выбросов при загрузке шихты в камеры коксования предусмотрен отсос газов через стояки в газосборники коксовой батареи за счет инжекции паром давлением 4 атм. Батареи оснащены также установкой беспылевой выдачи кокса (УБВК), в состав которой входят зонт на косонаправляющей двересъемной машины сечением 20,3 м²; стыковочный узел; коллектор длиной 133,5 м и диаметром 1420 мм с отсечными клапанами, установленный на опорах вдоль фронта печей. Очистка от пыли выполняется сначала с помощью двух групп циклонов ЦН-15 по 8 шт. в каждой, а затем двумя пылеуловителями КМП-7,1 с трубой Вентури. Разрежение в коллекторе и эвакуация газов в атмосферу обеспечивается вентиляторами ВМ-18А производительностью 104000 м³/ч.

На первом этапе согласно ОНД-86 [5] выполнены расчеты максимальных приземных концентраций C_{\max} с учетом мощности и состава выбросов из различных

источников по данным инструментальных замеров и приведенных в [10] (табл. 1).

Таблица 1

Выбросы в атмосферу в коксовом цехе М, г/с и максимальные концентрации загрязнителей в приземном слое воздуха C_{\max} , мг/м³
Emissions to the atmosphere in the coke shop M, g/s and the maximum concentrations of pollutants in the surface air layer C_{\max} , mg/m³

Загрязняющее вещество	М, г/с	C_{\max} , мг/м ³	М, г/с	C_{\max} , мг/м ³
	Загрузка шихты*		Выдача кокса (мимо зонта)*	
1	2	3	4	5
Азота диоксид	0,016	0,0032	0,0184	0,00095
Аммиак	0,0156	0,0031	0,0037	0,00018
Водород цианистый	0,0009	0,0002	0,00055	0,00009
Ангидрид сернистый	0,0119	0,0024	0,0184	0,00095
Сероводород	0,0046	0,0009	0,0009	0,00005
Углерода оксид	0,032	0,0064	0,0184	0,00095
Бензол	0,0069	0,0014	0,0083	0,00043
Бенз(а)пирен	$35 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$91 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Фенол	0,0046	0,0009	0,0009	0,00005
Пыль угольная	0,068	0,0407		
Нафталин			0,00055	0,0427
Пыль кокса			0,276	0,0427
	Стояки (неплотности)*		Люки (неплотности)*	
Азота диоксид	0,0124	0,0007	0,00082	0,0001
Аммиак	0,0048	0,0003	0,00165	0,0003
Водород цианистый	0,0012	0,00007	0,00041	0,00007
Ангидрид сернистый	0,0058	0,0003	0,0041	0,0007
Сероводород	0,0014	0,00008	0,00082	0,0001
Углерода оксид	0,0087	0,0005	0,0041	0,0007
Бензол	0,0041	0,0002	0,0082	0,0014
Бенз(а)пирен	$3 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-8}$	$124 \cdot 10^{-8}$	$20 \cdot 10^{-8}$
Фенол	0,00054	0,00003	0,0004	0,00007
	Двери (неплотности)*		Тушильные вагоны**	
Азота диоксид	0,00165	0,00015	0,009	0,0064
Аммиак	0,0082	0,0007	0,0018	0,0013
Водород цианистый	0,0033	0,0003	0,0008	0,0006
Ангидрид сернистый	0,0099	0,0009	0,0184	0,0132
Сероводород	0,0082	0,0007	0,00368	0,0026
Углерода оксид	0,0412	0,0037	0,046	0,0329
Бензол	0,0124	0,0011	0,0092	0,0066

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Бенз(а)пирен	$820 \cdot 10^{-8}$	$70 \cdot 10^{-8}$	$138 \cdot 10^{-8}$	$100 \cdot 10^{-8}$
Фенол	0,0026	0,0002	0,00018	0,0001
Нафталин	0,0049	0,0004	0,0037	0,0026
Бенз(а)пирен	$820 \cdot 10^{-8}$	$70 \cdot 10^{-8}$	$138 \cdot 10^{-8}$	$100 \cdot 10^{-8}$
Фенол	0,0026	0,0002	0,00018	0,0001
Нафталин	0,0049	0,0004	0,0037	0,0026
Пыль кокса	0,0041	0,0004	0,0092	0,01977
	Башни тушения**		Коксовые рампы**	
Азота диоксид			0,00184	0,0226
Аммиак	0,721	0,0216	0,00184	0,0226
Водород цианистый	0,036	0,0011	0,000276	0,0003
Ангидрид сернистый	0,022	0,0007	0,00018	0,0002
Сероводород	0,018	0,0005	0,00018	0,0002
Углерода оксид	0,46	0,0138	0,0092	0,01132
Бенз(а)пирен	$390 \cdot 10^{-8}$	$10 \cdot 10^{-8}$		
Фенол	0,045	0,0013	0,00004	0,00005
Нафталин				
Пыль кокса	0,184	0,0055		
	УБВК (труба)		Дымовые трубы*	
Азота диоксид	0,383	0,016	8,8906	0,0673
Аммиак	0,0998	0,0041		
Водород цианистый	0,0166	0,0007		
Ангидрид сернистый	0,2728	0,0114	3,8639	0,0285
Сероводород	0,0399	0,0017		
Углерода оксид	0,499	0,0208	7,7052	0,0607
Бензол	0,06	0,0025		
Бенз(а)пирен	$130 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$1160 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-8}$
Фенол	0,0166	0,0007		
Нафталин	0,02	0,0008		
Пыль кокса	1,663	0,1389		
Сажа			1,0259	0,0074
	Газосбросное устройство		Коксортировка (труба вент. уст-ки)	
Азота диоксид	1,189	0,0077		
Ангидрид сернистый	2,98	0,0194		
Углерода оксид	0,793	0,0052		
Пыль кокса			0,8087	0,0483
	П/у № 1 (№ 2) (труба вент. уст-ки)			
Пыль кокса	0,0744	0,0043		

* - усредненные значения на коксовую батарею;

** - усредненные значения на блок батарей.

На втором этапе согласно методике[2] выполнялась оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха с учетом кратности превышения показателей загрязнения (ПЗ) их предельно допустимого нормативного значения (ПДЗ).

Если значение $ПЗ \leq ПДЗ$, то степень опасности загрязнения воздуха считается безопасной; если $1,0 ПДЗ < ПЗ \leq 2,0 ПДЗ$, то – слабо опасной; если $2,0 ПДЗ < ПЗ \leq 4,4 ПДЗ$ – умеренно опасной; если $4,4 ПДЗ < ПЗ \leq 8,0 ПДЗ$ – опасной; если $ПЗ > 8,0 ПДЗ$ – степень опасности загрязнения воздуха является очень опасной.

ПДЗ определяется по величине коэффициента комбинированного действия сложной смеси $К.к.д. с.с.$:

$$ПДЗ = К.к.д. с.с. \cdot 100 \%,$$

$$\text{где } К.к.д. с.с. = \sqrt{\sum (К.к.д.с.с. \cdot \delta_i^2 + К.к.д.с.с. \cdot \delta_2^2 + \dots + К.к.д.с.с. \cdot \delta_m^2) + n};$$

$К.к.д.с.с.$, $К.к.д.с.с.$, $К.к.д.с.с.$ – коэффициенты комбинированного действия соединений веществ, обладающих эффектом суммации биологического действия при совместном присутствии. К ним относятся 5 соединений:

- азота диоксид, серы диоксид;
 - азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол;
 - серы диоксид, углерода оксид, фенол и коксовая пыль;
 - серы диоксид, фенол;
 - серы диоксид, аммиак и окислы азота;
- n – число веществ в смеси, которые не проявляют эффекта суммации. К ним относятся цианистый водород, бензол, бенз(а)пирен, нафталин и сажа, т. е., $n = 5$.

С учетом этих значений получим:

$$К.к.д. с.с. = \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 5} = 3,1623;$$

$$ПДЗ = 316,23 \%$$

Индекс ПЗ представляет собой относительный интегральный критерий, который характеризует интенсивность и характер совместного влияния всей совокупности присутствующих в воздухе вредных примесей:

$$ПЗ = \sum_{i=1}^n \left(\frac{ПЗ_i}{K_i} \right),$$

$$\text{где } ПЗ_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ПДК_{с.с.и}} \right) - \text{индекс ПЗ для } i - \text{того загрязнителя};$$

где $ПЗ_i$ – индекс ПЗ для i – того загрязнителя;

K_i – коэффициент, который учитывает класс опасности i –ого вещества: для веществ 1-го класса опасности $K_i = 0,8$; для 2-го $K_i = 0,9$; для 3-го и 4-го – соответственно 1,0 и 1,1;

C_i и $ПДК_{с.с.и}$ – фактические (максимальные приземные C_{\max}) и предельно допустимые среднесуточные концентрации веществ, которые входят в состав смеси.

В табл. 2 приведены расчетные значения ПЗ для различных источников выбросов и отдельных загрязнителей воздушного бассейна, а также их вклад в общее загрязнение воздушного бассейна коксовым цехом ПЗ, величина которого 4171,2 %.

Кратность превышения индекса загрязнения воздушного бассейна своего предельно допустимого нормативного значения составляет:

Таблица 2

Распределение ПЗ по загрязнителям и источникам выбросов в коксовом цехе
The distribution of PI for the pollutants and sources of emissions in coke shop

Ингредиент	Вклад в суммарный ПЗ	
	ПЗ _i	%
Азота диоксид	11,096	26,6002
Аммиак	3,4186	8,1958
Водород цианистый	0,8482	2,0335
Ангидрид сернистый	3,8834	9,31
Сероводород	2,1722	5,2076
Углерода оксид	0,1284	0,3077
Бензол	0,3869	0,9275
Бенз(а)пирен	9,46	22,6792
Фенол	3,1859	7,6379
Нафталин	2,6727	6,4076
Пыль кокса	2,7916	6,6926
Пыль угольная	1,0847	2,6004
Сажа	0,584	1,4001
ПЗ	41,712	100
Источник	Вклад в суммарный ПЗ	
	ПЗ _i	%
Загрузка шихты	4,2715	10,2404
Выдача кокса (мимо зонта)	2,0834	4,9946
Двери (неплотности)	5,1763	12,4096
Люки (неплотности)	1,3523	3,242
Стояки (неплотности)	1,247	2,9895
Тушильные вагоны	6,3783	15,2912
Коксовые рампы	2,4569	5,8901
Дымовые трубы	11,634	27,8899
Башни тушения	2,6878	6,4437
УБВК	3,4424	8,2527
Коксортировка	0,322	0,772
Трубы в/у ПУ№1,2	0,0573	0,1374
Газосбросное устройство	0,6035	1,4468
ПЗ	41,712	100

$$ПЗ / ПДЗ = 4171,2 / 316,23 = 13,191.$$

Такой уровень загрязнения является недопустимым ($ПЗ > ПДЗ$), а степень его опасности квалифицируется согласно [2] как очень опасная, поскольку $ПЗ > 8,0 ПДЗ$.

Как видно из табл. 2, имеет место превышение предельно допустимого уровня загрязнения по 5 ингредиентам выбросов, приоритетными из которых являются азота диоксид, бенз(а)пирен и серы диоксид.

Среди источников наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят выбросы из дымовых труб, из тушильных вагонов и через неплотности дверей; показатель загрязнения превышает допустимый уровень также для выбросов при загрузке шихты в камеры коксования и из трубы установки беспылевой выдачи кокса из коксовых батарей.

Выводы

Превышение интегрального показателя загрязнения нормативного значения свидетельствует о недопустимом загрязнении атмосферного воздуха выбросами коксового цеха, которое, согласно гигиеническим требованиям, можно считать очень опасным для здоровья. Установленные

количественные характеристики уровня загрязнения воздушного бассейна для каждого компонента и источника выбросов позволяют обоснованно выбрать приоритетные

объекты для разработки и реализации мероприятий по повышению техносферной безопасности цеха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Большина Е.П. Экология металлургического производства: курс лекций / Е.П.Большина. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. – 155 с.
2. Звягинцева А. В. Системы оценки опасности при загрязнении атмосферного воздуха: попытка обобщения подходов / А. В. Звягинцева//Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе: сб. науч. трудов. - Донецк, ДонНТУ, 2014. – №1 (6) – 2 (7). - с. 131-143. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sait.csm.donntu.org>.
3. Иванов І.І. Аналіз джерел забруднення атмосфери при виробництві коксу / І. І. Иванов // Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.(5-7 квіт. 2017 р.). – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2017. - с. 140.
4. Капранов С.В. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в городе с крупными производствами черной металлургии и коксохимии / С.В. Капранов, А.А. Ноженко //Гігієна населених місць.- №62. – 2013.- с. 50–54.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 97 с.
6. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2015 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. Офіц. веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://menr.gov.ua/news/31768.html>
7. Осокина А. А. Оценка экологического риска от производственной деятельности металлургического производства / А. А. Осокина, Л. Б. Павлович, С. Г. Коротков // Проблемы техносферной безопасности – 2015: сборник статей I междунар. заочной науч.-практ. конф. (10 февраля 2015 г.); под ред. А. А. Мельберг, М. Н. Вишняк. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2015. - с. 88 – 94.
8. Павлович, Л. Б. Оценка экологического риска от производственной деятельности коксохимического производства / Л. Б. Павлович, Е. В. Медведская, Д. В. Суржиков, В. Г. Лупенко // Кокс и химия. – 2013. – № 5. – с. 33–40.
9. Поліщук С. З. Аналіз розподілу приземних концентрацій забруднюючих речовин на границі СЗЗ коксохімічного виробництва «ПАТ Євраз ДМЗ ім. Петровського» за даними натурних спостережень та розрахунків на ПЕОМ / С. З. Поліщук, В. М. Полторацька, Ю. І. Мінков // Неделя еколога – 2012 : тези доповідей міжнарод. симпозіума (1–5 жовтня 2012 г.). – Днепродзержинск: ДДТУ, 2012. – с. 20– 23.
10. Постоянный технологический регламент коксового цеха. – Днепропетровск: ПАО «Евраз – ДМЗ им. Петровского», 2010. – 124 с.
11. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2016 році/ Міністерство екології та природних ресурсів України. Офіц. веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://menr.gov.ua/news/31778.html>
12. Сухоруков В. И. Научные основы совершенствования техники и технологии производства кокса / В. И. Сухоруков. – Екатеринбург: ВУХИН, 1999. – 393 с.
13. Зінченко В. Ю., Фалько В. В., Поліщук С. З., Поліщук А. В. Прогнозна оцінка екологічного ризику для людини від площадного джерела викидів при довільному напрямку вітру//Строительство, материаловедение, машиностроение.-2014.- №76.С.132-136.
14. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка): монографія / В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Токовенко (Артамонова); за ред. С. З. Поліщука. – Дніпропетровськ: ПБП «Економіка», 2014. – 194 с.
15. Шматков Г. Г. Экологический анализ загрязнения атмосферного воздуха выбросами стационарных источников г. Днепропетровска с учетом групп суммации / Г. Г. Шматков, В. М. Полторацька, Ю. І. Мінков, Л.А. Архангельська // Екологія та природокористування. - Вип.18. – Дніпропетровськ, 2014. – с. 147-152.
16. Троценко А. В., Поліщук С. З., Поліщук А. В., Левченко О.О. Вплив зниження температури димових і вентиляційних викидів при їх утилізації на зміну приземної концентрації забруднюючих атмосферу речовин// Строительство, материаловедение, машиностроение.-2016.-№92.

REFERENCES

1. Bolshina E.P. *Ekologiya metallurgicheskogo proizvodstva* [The ecology of metallurgical production]. Novotroitsk: NF NITU "MISiS", 2012, 155 p. (in Russian).
2. Zvyagintseva A.V. *Sistemy I otsenki opasnosti pri zagryazneni iatmosfernogo vozduha: popyitka obobscheniya podhodov* [Hazard assessment systems for air pollution: an attempt to generalize approaches]. *Sistemnyy analiz I informatsionnyye tehnologii v naukah o prirode I obschestve* [System analysis and information technology in the sciences of nature and society]. Donetsk: DonNTU, 2014, № 1 (6) - 2 (7), pp. 131-143. Available at: <http://sait.csm.donntu.org>. (in Russian).
3. Ivanov I. I. *Analiz dzherel zabrudnennyya atmosfery pri virobniitviI koks* [Analysis of sources of atmospheric pollution in the production of coke]. *Prikladni naukovo-tehnichni doslidzhennyya* [Applied scientific and technical research]. Ivano-Frankivsk: Simfoniya forte, 2017. p. 140. (in Ukrainian).
4. Kapranov S.V. and Nozhenko A.A. *Otsenka riska dlya zdorovya naseleniya ot zagryazneniya atmosfernogo vozduha v gorode s krupnyim iproizvodstvom ichernoy metallurgii I koksohimii* [Assessment of the public health risk from air pollution in a city with large-scale ferrous metallurgy and coke chemistry]. *Gigiena naselenih mist* [Hygiene of populated places]. № 62, 2013, pp. 50 – 54. (in Russian).
5. *Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduhe vrednyih veschestv, soderzhaschihsya v vyibrosah predpriyatij. OND–86* [The procedure for calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in the emissions of enterprises. OND-86]. L.: Gidrometeoizdat, 1987, 97 p. (in Russian).

6. *Natsionalna dopovid pro stan navkolishnogo seredovischa v Ukraini u 2015 rotsi* [National report on the state of the environment in Ukraine in 2015]. *Ministerstvo ekologiyi ta prirodnih resursiv Ukraini. Ofits. veb-sayt* [Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Official website]. Available at: <https://menr.gov.ua/news/31768.html> (in Ukrainian).
7. Osokina A. A., Pavlovich L. B. and Korotkov S. G. *Otsenka ekologicheskogo riska otproizvodstvennoydeyatelnostimetallurgicheskogoproizvodstva* [Assessment of environmental risks from the production activities of metallurgical production]. *Problemyteh-nosfernoybezopasnosti – 2015* [Problems of technospheric security - 2015]. Barnaul: Izd-voAltGTU, 2015, pp. 88 – 94. (in Russian).
8. Pavlovich L.B., Medvedskaya E.V., Surzhikov D.V. and Lupenko V.G. *Otsenka ekologicheskogo riska otproizvodstvennoydeyatelnost ikoksohimicheskogo proizvodstva* [Assessment of environmental risks from the production activity of by-product coke]. *Koksohimiya* [Coke and chemistry]. 2013, № 5, pp. 33 – 40. (in Russian).
9. Polishchuk S.Z., Poltoratska V.M. and Minkov Yu.I. *Analiz rozpodilu prizemnih kontsentratsiy zabrudnyuyuchih rechovin na granitsi SZZ koksohimichnogo virobnitstva «PAT Evraz DMZ im. Petrovskogo» za danim inaturnih sposterezhen ta rozrahunkiv na PEOM* [Analysis of the distribution of ground concentrations of pollutants at the boundary of the SPZ of coke-chemical production at PJSC Evraz DMZ named after Petrovsky according to the data of physical observations and calculations on the PC]. *Nedelyaekologa– 2012* [Ecology Week - 2012]. Dneprodzerzhinsk: DDTU, 2012, pp. 20 – 23. (in Ukrainian).
10. *Postoyamnyiy tehnologicheskyy reglament koksovogo tseha* [Constant technological regulations of the coke shop]. Dnepropetrovsk: PAO «Evraz – DMZ im. Petrovskogo», 2010, 124 p. (in Russian).
11. *Regionalni dopovidi pro stan navkolishnogo prirodnogo seredovischa u 2016 rotsi* [Regional reports on the state of the environment in 2016]. *Ministerstvo ekologiyi ta prirodnih resursiv Ukraini. Ofits. veb-sayt* [Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Official website]. Available at: <https://menr.gov.ua/news/31778.html> (in Ukrainian).
12. Suhorukov V.I. *Nauchnyie osnovy I sovershenstvovaniya tehniki I tehnologii proizvodstva koksa* [Scientific fundamentals of improving the technique and technology of coke production]. Ekaterinburg: VUHIN, 1999, 393 p. (in Russian).
13. Zinchenko V.Yu., Falko V.V., Polishchuk S.Z., Polishchuk A.V. Forecasted estimation of ecological risk for a person from a district source of emissions at an arbitrary wind direction // Construction, materials science, machine-building.-2014.-№ 76.C.132-136.14. Falko V.V., Polishchuk S.Z. and Tokovenko (Artamonova) A.V. *Ekologichniy rizik dlyayudini vid zabrudnennya atmosferного povitrya (teoretich naotsinka)* [Ecological risk for a person from atmospheric air pollution (theoretical assessment)]. Dnipropetrovsk: PBP «Ekonomika», 2014, 194 p. (in Ukrainian).
15. Shmatkov G. G., Poltoratska V.M., Minkov Yu.I. and Arhangelska L. A. *Ekologicheskyy analiz zagryazneniya atmosferного vozduha vyibrosami statsionarnyih istochnikov g. Dnepropetrovska s uchetom grupp summatsii* [Ecological analysis of atmospheric air pollution by stationary sources in Dnepropetrovsk, taking into account the summation groups]. *Ekologiya ta prirodo-koristuvannya* [Ecology and nature management]. Dnipropetrovsk, 2014, no.18, pp. 147 – 152. (in Ukrainian).
16. Trotsenko AV, Polishchuk S. S., Polishchuk AV, Levchenko O. O. Effect of lowering the temperature of smoke and ventilation emissions during their utilization on the change of the surface concentration of polluting the atmosphere of substances // Construction, materials science, machine-building.-2016.-№92.

Надійшла до редколегії 07.10.2018 р.