

УДК 614.715

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОФИЛАКТИКИ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ

Новикова И.И.^{1,3}, Щербатов А.Ф.², Михеев В.Н.¹, Сорокина А.В.¹, Зубцовская Н.А.¹

¹ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

²Управление Роспотребнадзора по Новосибирской области, Новосибирск, Россия

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет», Новосибирск, Россия

Экологические проблемы в большинстве своем имеют техногенное происхождение и связаны с загрязнением среды обитания промышленными предприятиями. Население, проживающее в зоне воздействия промышленных предприятий, как правило, характеризуется более высокими уровнями заболеваемости. Цель работы – научное обоснование инновационной модели профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнениями приземных слоев атмосферы цементной пылью. Материалы и методы включали гигиеническую оценку загрязнений атмосферного воздуха и снегового покрова выбросами цементного завода, оценку свойств цементной пыли, показателей общей заболеваемости населения по обращаемости. Заключение: в ходе выполнения исследования для разных возрастных групп населения были установлены патологии риска, дополнены данные о токсикометрических свойствах цементной пыли, апробирована малопараметрическая модель оценки загрязнения атмосферного воздуха по результатам загрязнения проб снегового покрова, проведены расчеты риска формирования заболеваний у населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха выбросами цементного производства, определен удельный вес дополнительной заболеваемости по патологиям риска, составивший по болезням эндокринной системы – 54,7%; по болезням кровообращения – 21,2%; кроветворных органов – 13,2%. По результатам работы предложена инновационная модель мониторинга нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, алгоритм действий, риск здоровью, снеговой покров.

Для цитирования: Новикова И.И., Щербатов А.Ф., Михеев В.Н., Сорокина А.В., Зубцовская Н.А. Гигиеническое обоснование инновационной модели профилактики нарушений здоровья населения в условиях воздействия цементной пыли. Медицина труда и экология человека. 2021; 3:76-95.

Для корреспонденции: Новикова Ирина Игоревна, директор ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, доктор медицинских наук, профессор; e-mail: novikova_ii@niig.su.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10306>

HYGIENIC FOUNDATION OF AN INNOVATIVE MODEL OF PUBLIC HEALTH DISORDERS PREVENTION UNDER THE CONDITIONS OF CEMENT DUST EXPOSURE

Novikova I.I.^{1,3}, Shcherbatov A.F.², Mikheev V.N.¹, Sorokina A.V.¹, Zubtsovskaya N.A.¹

1- FBUN "Novosibirsk Research Institute of Hygiene" Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia,
Novosibirsk, Russia

2-Department of the Rospotrebnadzor in the Novosibirsk region, Novosibirsk, Russia

3- FGBOU VO "Novosibirsk State Medical University" of the Ministry of Health of Russia,
Novosibirsk, Russia

Environmental problems are mostly of technogenic origin and are associated with pollution of the habitat by industrial enterprises. The population living in the zone of influence of industrial enterprises as a rule is characterized by higher levels of morbidity. The aim of the paper was to substantiate scientifically an innovative model of preventing health disorders of the population caused by pollution of the surface layers of the atmosphere with cement dust the present study was organized and carried out. Materials and methods included hygienic evaluation of the atmospheric air and snow cover pollution by the cement works emissions, evaluation of the cement dust properties and general morbidity indexes of the population. Conclusions: in the course of the study for different age groups of population risk pathologies were determined; data on toxicometrical properties of cement dust were supplemented; low-parameter model for assessing air pollution based on the results of snow cover samples pollution was approved; calculations of the risk of disease formation in the population caused by air pollution by emissions from cement production were carried out, the proportion of additional morbidity for pathologies of risk was determined, which amounted to 54.7% for diseases of the endocrine system; for circulatory diseases - 21.2%; hematopoietic organs - 13.2%. By results of this work the innovative model of monitoring of violations of health of the population, caused by pollution of atmospheric air is offered.

Key words: atmospheric air pollution, algorithm of actions, health risk, snow cover.

Citation: Novikova I.I., Shcherbatov A.F., Mikheev V.N., Sorokina A.V., Zubtsovskaya N.A. Hygienic foundation of an innovative model of public health disorders prevention under the conditions of cement dust exposure. *Occupational health and human ecology.* 2021;3:76-95.

Correspondence: Irina Igorevna Novikova, Director of the FBUN "Novosibirsk Research Institute of Hygiene" Rospotrebnadzor, Doctor of Medical Sciences, Professor. E-mail: novikova_ii@niig.su

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10306>

Экологические проблемы в большинстве своем имеют техногенное происхождение и связаны с антропогенным загрязнением среды обитания промышленными предприятиями и передвижными источниками загрязнения атмосферного воздуха [1,2,3]. Стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха являются относительно управляемыми в рамках действующих нормативно-правовых регламентов [4,5,6,7].

Показатели заболеваемости населения, проживающего на территориях, характеризующихся антропогенным загрязнением атмосферного воздуха стационарными источниками загрязнения, как правило, характеризуются повышенными уровнями заболеваемости органов дыхания, эндокринной и иммунной систем [8].

Одним из ведущих факторов риска здоровью населения, проживающего на территориях с размещением предприятий по производству цемента, является пыль, образующаяся в результате добычи, транспортировки и измельчения песка и известняка, газ и дым, выходящие из печи, а также цементная пыль, образующаяся в результате транспортировки и фасовки цемента [9-11].

Исследования показывают увеличение числа обострений заболеваний, связанных с выбросами цементных заводов, и госпитализаций населения, проживающего в населенных пунктах дислокации цементных производств [12].

Производство цемента включает в себя комплекс химических процессов, в ходе которых в окружающую среду выделяются углекислый газ (CO_2), диоксид серы (SO_2), летучие органические соединения, монооксид углерода (CO), оксид азота (NO_2) и частицы (PM), в т.ч. с диаметром менее 10 мкм [13]. Мелкодисперсные взвешенные частицы характеризуются по массовой концентрации как взвешенные частицы с диаметром менее 2,5 мкм ($\text{PM}_{2.5}$) или 10 мкм (PM_{10}) и содержат фракции разного вида и степени воздействия на здоровье [14-18].

Несмотря на действующие законодательные акты по охране атмосферного воздуха и здоровья населения в современных условиях проблема регламентации промышленных выбросов остается, разработка предельно допустимых выбросов сопряжена с неопределенностями, а их недоучет может послужить причиной риска здоровью населения. Эта проблема особенно актуальна в связи с последствиями для здоровья экспозиции мелкодисперсных взвешенных частиц в атмосферном воздухе, которые могут быть более точными индикаторами выбросов [19]. Это повысит значимость научного обоснования гигиенических нормативов мелкодисперсных частиц, содержащихся в цементной пыли и изучения прямого и опосредованного влияния их на здоровье, послужит основанием для актуализации структурных элементов системы социально-гигиенического мониторинга для минимизации риска нарушению здоровья [20-23].

Цель настоящего исследования – научное обоснование инновационной модели профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнениями приземных слоев атмосферы цементной пылью.

Материалы и методы. Исследование проводилось на примере монопромышленного населенного пункта - г. Искитим Новосибирской области. Основным предприятием, загрязняющим атмосферный воздух на протяжении длительного времени, является ОАО

«Искитимцемент», и именно оно во многом определяет уровень популяционного здоровья жителей.

Программа исследования включала реализацию трех основных этапов исследования: 1) мониторинговый; 2) экспериментальный; 3) аналитический.

Методы исследования включали в себя: гигиенические, эпидемиологические, социологические и статистические.

В ходе выполнения работы обоснован приоритетный список веществ, выбрасываемых в атмосферу, проведены расчеты рассеивания загрязняющих веществ по максимально-разовым и среднегодовым концентрациям, определены значения канцерогенного и неканцерогенного риска по суммарным коэффициентам опасности для критических органов и систем организма в соответствии с Р 2.1.10.1920-04⁴; проанализирован анализ химического и дисперсного состава цементной пыли; определены параметры токсикометрии для пыли цемента при ингаляционном, пероральном и кожном поступлении в организм лабораторных животных.

С учетом реализации этапа идентификации опасности из списка выбрасываемых в атмосферный воздух ОАО «Искитимцемент» 51 наименования веществ было исключено 36 веществ и отобрано для реализации последующих этапов оценки риска 12 веществ (диоксид азота, азота оксид, керосин, марганец и его соединения, сера диоксид, монооксид углерода, взвешенные вещества, пыль цемента и 4 вещества, обладающие канцерогенными свойствами, - сажа, бензол, бенз(а)пирен, свинец и его соединения).

Проведен расчет величины ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) в атмосферном воздухе в соответствии с методическими указаниями по установлению ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (МУ № 2630-82⁵; СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»)⁶.

Оценка класса опасности пыли цемента проводилась в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»⁷.

Исследования выполнялись в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных целей (Страсбург, 1986).

Характеристику химического состава снежного покрова проводили в аккредитованном ИЛЦ Новосибирского НИИ гигиены общепринятыми методами по РД

⁴ Р 2.1.10.1920-04 // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 19.08.2021).

⁵ МУ № 2630-82 // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/675400120> (дата обращения: 19.08.2021).

⁶ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

⁷ ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 19.08.2021).

52.04.186-89⁸ с применением методов атомной абсорбции и атомно-эмиссионной спектроскопии, а также капиллярного электрофореза.

При оценке распространенности заболеваний среди детского населения использовались интенсивные и экстенсивные показатели.

Для оценки связи между показателями среды обитания и состояния здоровья детей применялся метод линейного корреляционно-регрессионного анализа с достоверностью $p \leq 0,05$ [24].

Результаты. Город Искитим – типичный промышленный центр с небольшой численностью населения (менее 100 тыс. чел.). Основные градообразующие предприятия – цементный завод, завод асбесто-цементных изделий, комбинат строительных материалов, камнеобрабатывающий завод, два завода железобетонных изделий, асфальтный завод, известняковый карьер. Территория промышленного назначения составляет 18,6%.

На этапе мониторинговых исследований установлено, что суммарные валовые выбросы в атмосферный воздух за 2010-2019 гг. составляли от 12,0 до 19,5 тыс. тонн, выбросы ОАО «Искитимцемент» в суммарной структуре выбросов составляли 14,2-47,2%. При этом начиная с 2016 г. величина предельно допустимого выброса превышалась в 1,6-2,4 раза (рис. 1).

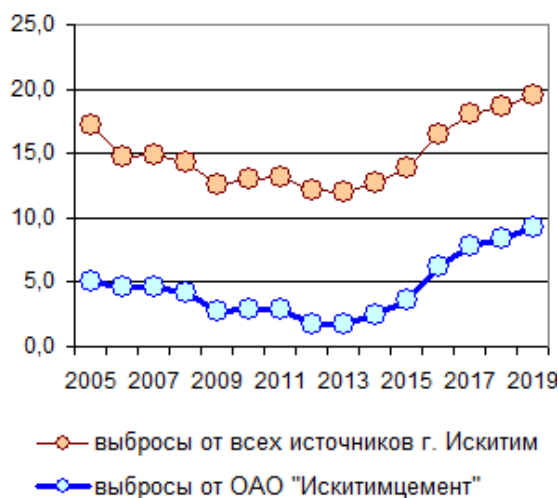


Рис. 1. Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух в тыс. тонн от источников выбросов за 1995-2019 гг. (по данным ф. 2-ТП воздух)

Максимально разовые концентрации взвешенных веществ за период наблюдения составляли 1,5-1,9 ПДК, по диоксиду серы и сероводороду были ниже 1,0 ПДК. Было установлено, что в периоды неблагоприятных метеорологических условий, кроме пыли и бенз(а)пирена, в селитебной зоне максимально разовые концентрации превышали значения

⁸ РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы (в ред. РД 52.04.667-2005, утв. Росгидрометом) // docs.cntd.ru [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> (дата обращения: 03.02.2021)

предельно допустимых концентраций еще по двум веществам – диоксиду азота и саже (4,5-4,9 ПДК_{мр.}).

Проанализированы результаты лабораторных исследований содержания вредных веществ в атмосферном воздухе в санитарно-защитной зоне АО «Искитимцемент» (n=1134). Максимальные из разовых концентраций взвешенных веществ составляли за период наблюдения 1,6–3,2 ПДК, диоксида азота - 0,6 ПДК, оксида углерода - 1,6 ПДК (1 км от источника).

Для достижения большей точности информации о загрязнении атмосферного воздуха и уточнения плотности выпадений полидисперсной примеси была проведена оценка загрязнения снегового покрова с последующей экстраполяцией результатов на загрязнение атмосферного воздуха с использованием малопараметрической математической модели переноса.

Было исследовано 15 проб снега, отобранных в соответствии со схемой отбора проб. Концентрация пыли в исследуемых пробах составляла от 0,033-0,063 г/л на расстоянии 4 км и более от ОАО «Искитимцемент»; на территории размещения жилой зоны и образовательных организаций (в 1,5 км от ОАО «Искитимцемент») – 0,146-0,190 г/л; в 0,5 км от ОАО «Искитимцемент» - 0,303-1,523 г/л.

Суммарная концентрация всех исследованных химических веществ и соединений имела тенденцию к снижению концентрации с увеличением расстояния от источника загрязнения. Вынос пыли в зимнее время в северо-западном направлении был преобладающим и обусловлен, по-видимому, особенностями местности (табл. 1).

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований отобранных проб снега на содержание химических элементов

Номер точки	Расстояние от источника (км)	Направление маршрута пробоотбора	Раствор + осадок, мкг/кг снега							
			Fe	Ni	Pb	Ti	Cd	Cr	V	Zn
1	0,64	СВ	3,608	0,032	0,101	0,425	0,013	0,046	0,027	0,280
2	0,67	СЗ	3,925	0,015	0,074	0,512	0,080	0,116	0,090	0,255
3	1,32	СЗ	3,160	0,019	0,070	0,404	0,008	0,036	0,023	0,355
4	1,65	СЗ	3,902	0,051	0,051	0,322	4,059	0,039	0,019	0,467
5	2,11	СЗ	5,013	0,01	0,05	0,73	0,00	0,04	0,03	0,26

				2	9	7	2	7	5	2
6	2,49	СЗ	3,507	0,01 0	0,07 6	0,31 9	0,00 1	0,03 6	0,02 5	0,29 5
7	3,39	ЗСЗ	2,058	0,00 5	0,04 3	0,19 1	0,00 1	0,01 4	0,00 9	0,16 5
8	1,18	С	2,029	0,02 3	0,05 1	0,25 4	0,00 1	0,02 4	0,01 6	0,20 4
9	0,8	С	3,361	0,00 5	0,08 3	0,53 4	0,00 3	0,04 9	0,02 8	0,25 5
10	0,67	С	3,712	0,02 5	0,08 6	0,70 4	0,00 0	0,05 3	0,03 3	0,37 6
11	0,46	ЮВ	16,26 1	0,19 4	0,14 6	0,55 6	0,51 8	2,04 7	0,02 8	0,59 1
12	0,93	ЮВ	2,344	0,01 5	0,04 9	0,22 5	0,00 1	0,02 6	0,01 7	0,60 9
13	5,24	СВ	0,736	0,00 8	0,02 7	0,08 0	0,00 1	0,00 7	0,00 1	0,16 1
14	5,75	С	1,223	0,01 8	0,03 9	0,15 3	0,00 2	0,01 5	0,00 4	0,28 8
15	4,44	ЗСЗ	0,712	0,00 9	0,02 0	0,06 4	0,00 1	0,01 0	0,00 5	0,07 4

Было установлено, что компонентный состав цементной пыли, недостаточно улавливаемый очистными сооружениями, включает CaO (62-67%), SiO₂ (17-25%), Al₂O₃ (3-8%), Fe₂O₃ (0,1-5%), MgO (1-2%), Cr⁶⁺ (1-2%), Ni (0,5-2%) и представлен частицами 2,5-10 мкм, содержание которых в структуре пыли цемента увеличивалось в зависимости от удаления от промышленной площадки (рис. 2,3).

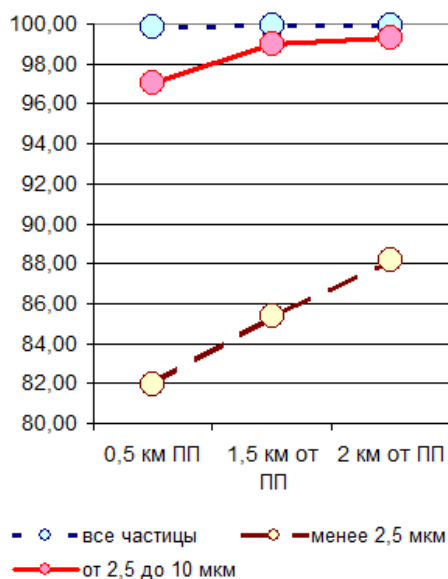


Рис.2. Эффективность очистных сооружений ОАО «Искитимцемент» в % на различных расстояниях от ПП (промплощадки)

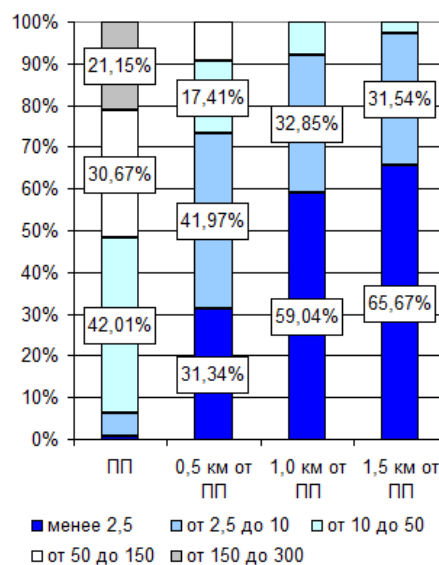


Рис.3. Структура пыли цемента по размерам частиц в зависимости от удаления от ПП (промплощадки)

Принимая это во внимание, в эксперименте были дополнительно изучены токсикологические свойства цементной пыли. В соответствии с расчетными формулами с учетом компонентного состава данной пыли были получены значения ОБУВ: ингаляционного (ОБУВ = 0,41 мг/м³), перорального (ОБУВ = 0,12 мг/л) и перкутанного (ОБУВ = 0,10 г/кг), что по всем показателям соответствует 3 классу опасности химических соединений.

Проведена оценка риска от загрязнения атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент». При расчетных процедурах оценки риска были реализованы стандартные этапы: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристики риска.

Дозы поступления вредных веществ рассчитывались с учетом стандартных параметров легочной вентиляции для взрослых (20 м³) и детей (10 м³). При определении приоритетного перечня веществ для оценки риска использовались следующие критерии: референтные концентрации, ПДК, факторы канцерогенного потенциала, индексы сравнительной канцерогенной и неканцерогенной опасности (табл. 2).

Таблица 2

Перечень химических веществ, включенных для оценки риска

№ п/п	Наименование вещества	CAS	Критерии приоритетности	Ранг канцерогенного риска	Ранг неканцерогенного риска
1	Сажа		К, Ф	1	8
2	Бензол	71-43-2	К, Ф, КС	2	10
3	Бенз(а)пирен	50-32-8	К, КС	3	9
4	Свинец и его неорганические соединения	7439-92-1	К, КС	4	11
5	Диоксид азота	10102-44-0	П, В, Ф, КС	-	1
6	Взвешенные вещества		П, В	-	2
7	Азота оксид	10102-43-9	П, В, Ф	-	3
8	Керосин	8008-20-6	П	-	4
9	Марганец и его соединения	7439-96-5	П, Ф	-	5
10	Сера диоксид	7446-09-5	П, Ф, КС	-	6
11	Монооксид углерода	630-08-0	КС	-	7
12	Пыль цемента		П	-	не установлен

Примечание: П – высокий приоритет (ранг по HRI с учетом существующего положения (СП) и перспективы (П)); К – канцерогены; Ф – есть фоновые концентрации; В – высокий объем выброса; КС - Короткий список основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Российской Федерации.

Вероятность развития канцерогенных эффектов определялась воздействием углерода (сажи), бенз(а)пирена, бензола, свинца и его соединений. Основной вклад в величину канцерогенного риска вносила сажа (77,9- 97,5%), индивидуальный канцерогенный риск от воздействия сажи составлял $1,33 \cdot 10^{-6}$, т.е. был на уровне приемлемого риска. Пересчет значений канцерогенного риска с учетом фактических выбросов ОАО «Искитимцемент», а также фоновых концентраций канцерогенов не превысил значения $1,0 \cdot 10^{-5}$, соответственно, продолжал оставаться на уровне приемлемого риска. При оценке неканцерогенного риска наибольшие коэффициенты опасности при регламентированных значениях предельно допустимых выбросов были получены от воздействия керосина и азота диоксида с наибольшими величинами от 0,39 до 0,62.

Были установлены вещества, определяющие индекс опасности формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент».

В таблице 3 представлены вещества, определяющие индекс опасности формирования болезней органов дыхания от выбросов ОАО «Искитимцемент», преобладающих в структуре заболеваемости населения. Суммарный индекс опасности был выше 1,0, как при всех значениях превышений предельно допустимых выбросов (ПДВ) - 2016-2019 гг., так и при нормативном значении ПДВ. Следует отметить, что по отдельным коэффициентам опасности значения также превысили 1,0: по $PM_{2,5}$ (при выбросах, соответствующих 2 ПДВ и выше); по диоксиду азота (при выбросах, соответствующих 2,2 ПДВ и выше); по марганцу и его соединениям (при выбросах, соответствующих 2,4 ПДВ).

Таблица 3

Вещества, определяющие индекс опасности формирования болезней органов дыхания от выбросов ОАО «Искитимцемент» у жителей, проживающих в 1,5 км от промышленной площадки данного предприятия

Вещества	ПДВ*	1,6*ПДВ	2*ПДВ	2,2*ПДВ	2,4*ПДВ
	HQ (коэффициенты опасности)				
Марганец	0,103	0,165	0,331	0,728	1,748
Свинец	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Азота диоксид	0,189	0,303	0,606	1,333	3,199
Азота оксид	0,020	0,032	0,040	0,044	0,048
Сажа	0,004	0,006	0,011	0,025	0,060
Серы диоксид	0,010	0,017	0,033	0,073	0,176

Пыль (более 70% SiO ₂)	0,016	0,026	0,051	0,113	0,272
Пыль (SiO ₂ 20-70%)	0,002	0,003	0,006	0,012	0,029
PM 2,5	0,580	0,928	1,160	1,276	1,392
PM 10,0	0,156	0,250	0,312	0,343	0,374
Суммарный индекс опасности	1,081	1,729	2,551	3,949	7,299

*ПДВ - предельно допустимый выброс.

Индекс опасности, определяющий риск формирования у населения заболеваний органов дыхания, обусловленных фоновым загрязнением атмосферного воздуха, был стабильно выше 1 и составлял 6,5, в т.ч. за счет коэффициентов опасности, определяющих фоновое загрязнение атмосферного воздуха по PM 2,5 – 3,3, азота диоксиду – 1,75, азота оксиду – 0,83, саже – 0,1, диоксиду серы – 0,52 и марганцу – 0,019. Суммарный индекс опасности, определяющий риск заболеваний органов дыхания (фоновое загрязнение + загрязнение от площадного источника), составлял при соблюдении регламентированных значений ПДВ (2010-2015 г.) – 7,6; при превышениях значений ПДВ в 1,6 раза, соответствующих 2016 г., – 8,3; в 2,0 раза (2017 г.) – 9,1; в 2,2 раза (2018 г.) – 10,5; в 2,4 раза – 13,8.

Суммарные индексы опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент» (с учетом фоновое загрязнение), при всех изученных вариациях выбросов были выше 1,0 по риску формирования заболеваний органов дыхания, болезней кроветворной системы, заболеваний печени, репродуктивной системы, нарушений роста и развития детей (табл. 4).

Таблица 4

Суммарные индексы опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего на территории, расположенной в 1,5 км от промышленной площадки ОАО «Искитимцемент» (с учетом фоновое загрязнение)

Показатели	ПДВ*	1,6*ПДВ	2,0*ПДВ	2,2*ПДВ	2,4*ПДВ
	(HI) Индексы опасности				
Органы дыхания	7,60	8,25	9,07	10,47	13,82

Кроветворная система	4,32	4,58	5,10	6,27	9,21
Печень	2,01	2,23	2,52	3,02	4,23
Иммунная система	0,96	1,03	1,22	1,68	2,85
Система кровоснабжения	0,96	1,03	1,21	1,67	2,82
Нервная система	0,85	0,92	1,11	1,54	2,67
Эндокринная система	0,23	0,29	0,46	0,87	1,93
Процессы роста и развития детей	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22
Репродуктивная система	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22

*ПДВ - предельно допустимый выброс.

При сравнительной оценке показателей заболеваемости населения, проведенной по двум территориям – г. Искитим (условно грязная территория - территория, на которой расположены промышленные предприятия, источники пыли цемента, в т.ч. PM2,5 и PM10,0) – территория наблюдения и г. Бердск (условно чистая территория - территория, на которой отсутствуют источники загрязнения атмосферного воздуха пылью, в т.ч. частицами PM2,5 и PM10,0) – контрольная территория, установлено, что население территории наблюдения подвержено рискам более высоких уровней заболеваемости по классам болезней, этиологически связанным с загрязнениями атмосферного воздуха от выбросов ОАО «Искитимцемент». Удельный вес дополнительной заболеваемости населения на территории наблюдения по патологиям риска, обусловленным воздействием выбросов ОАО «Искитимцемент», составил по болезням эндокринной системы – 54,7%; по болезням кровообращения – 21,2%; кроветворных органов – 13,2%. С учетом удельного веса дополнительной заболеваемости в структуре общей заболеваемости населения по обращаемости для территории наблюдения (г. Искитим) было определено среднегодовое количество дополнительных к фоновому значению случаев заболеваний, регистрируемых ежегодно по трем возрастным группам.

Таблица 5

Среднемноголетние показатели случаев заболеваний жителей территории наблюдения, обусловленных загрязнениями атмосферного воздуха выбросами ОАО «Искитимцемент» (дополнительная к фоновой заболеваемость)

Классы заболеваний	Всего дополнительных случаев		
	0-14 лет	15-17 лет	18 лет и старше
Класс IV. Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	203	88	3548
Класс IX. Болезни системы кровообращения	26	16	3748
Класс III. Болезни крови, кроветворных органов	17	3	526
Класс X. Болезни органов дыхания, в т.ч.:	1239	220	2901
болезни верхних дыхательных путей	842	176	1790
болезни нижних дыхательных путей	154	11	326
хронические болезни миндалин	41	11	141
астма и астматический статус	125	19	242
аллергический ринит	34	2	5
хронический бронхит	1	1	133
другие болезни органов дыхания	42		264
Итого	1485	327	10723

Обсуждение. Полученные в ходе исследования результаты во многом согласуются с ранее проведенными исследованиями. Так, в США, Великобритании, где уровень загрязнения воздуха достаточно низкий, появляются все новые свидетельства того, что неблагоприятные последствия для здоровья сохраняются в том числе на уровне ниже действующих нормативных ограничений [25-27]. В этих странах определяют территориально обусловленные уровни повышенной заболеваемости населения и делают вывод о необходимости пересмотра действующих гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны [25, 26]. Как и в настоящем исследовании, большинство

зарубежных гигиенистов отмечают проблему загрязнения атмосферного воздуха с рисками здоровью и недоучтенными рисками в связи с отсутствием референсных концентраций по значительному количеству контаминаций, что требует дополнительных токсикометрических исследований для обеспечения должной информативности результатов и сокращения их неопределенности. Эпидемиологические и токсикологические данные указывают на повышение значимости мелкодисперсных взвешенных частиц (PM_{2.5}, PM₁₀) в рисках здоровью и необходимость комплексных систем профилактики, так как они проникают в легкие, оказывая патогенетическое воздействие на развитие заболеваний органов дыхания и обострение имеющейся патологии [28-34].

Различные размеры частиц, их состав, а также характеристики могут соотноситься с конкретными источниками выбросов лучше, чем другие загрязнители воздуха и, следовательно, являются лучшими индикаторами загрязнения [8,28, 35-37], что подтверждается результатами данного исследования.

Заключение. Таким образом, в результате исследования установлено, что динамически изменяющаяся структура размещения стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах не позволяет посредством существующей сети стационарных постов наблюдения с должной степенью точности оценивать фактические уровни загрязнения воздуха на селитебной территории и вероятные последствия воздействия на здоровье населения. В связи с чем для территорий с устойчивым снеговым покровом целесообразно использовать его в качестве дополнительного источника информации.

С учетом преобладания в составе цементной пыли, определяемой на расстоянии 1,5 км от источника выбросов, частиц 2,5-10 мкм, представляющих угрозу риска здоровью населения, подтвержденного установленными суммарными индексами опасности риска формирования заболеваний у населения, проживающего в зоне влияния ОАО «Искитимцемент», планирование мониторинговых наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха на основе теоретических представлений о процессах переноса полидисперсных аэрозолей в приземных слоях атмосферы может существенно дополнить информативность результатов лабораторно-инструментальных исследований загрязнений атмосферного воздуха. Это позволит совершенствовать систему мониторинга и меры профилактики заболеваний, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха цементной пылью.

Полученные результаты были положены в основу инновационной модели мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха, которая может быть в перспективе реализована в рамках задач национального проекта «Экология». Инновационная модель мониторинга и профилактики нарушений здоровья населения, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха выбросами неподвижных (стационарных) источников, определяет алгоритмы действий и принятия управленческих решений, направленных на снижение рисков здоровью и социальную защиту населения, проживающего на территории риска.

Список литературы:

1. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха селитебных территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения. Пермский медицинский журнал. 2010; 27(2): 130–138.
2. Май И.В., Клейн С.В., Седусова Э.В. Опыт доказательства вреда здоровью населения при воздействии факторов среды обитания. Здоровье и окружающая среда. 2015; 1(25): 59-63.
3. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий Федерального проекта «Чистый воздух». Анализ риска здоровью. 2010; 4: 4-13.
4. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России). Новосибирск: СО РАМН, 2002.
5. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Анализ риска здоровью. 2020; 2: 4–15.
6. Май И.В., Кокоулина А.А., Загороднов С.Ю., Е.В. Попова. Оценка экспозиции населения к мелкодисперсной пыли в зонах влияния выбросов промышленных стационарных источников. Анализ риска здоровью. 2014; 1: 21–30.
7. Винокурова М.В., Винокуров А.В., Гурвич В.Б., Кузьмин С.С., Малых О.Л. Оценка качества атмосферного воздуха населенных мест расчетным методом в системе социально-гигиенического мониторинга. Гигиена и санитария. 2004; 4: 25-27.
8. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний. Анализ риска здоровью. 2019; 4: 30-36.
9. Ерофеев Ю.В., Турбинский В.В., Щербатов А.Ф., Новикова И.И. Гигиеническая оценка загрязнений атмосферного воздуха цементной пылью. Вопросы гигиены. 2017; 4(26): 189 – 192.
10. Юдович Б. Э., Дмитриев А.М., Лямин Ю.А., Зубехин С.А. Цементная промышленность и экология // allbeton.ru: [сайт]. – URL: <https://www.allbeton.ru/upload/iblock/ac6/cementnaya-promishlennost-i-ekologiya-iyudovichk.pdf> (дата обращения: 26.08.2021 г.).
11. Рапуга В.Ф., Симоненков Д.В., Белан Б.Д., Ярославцева Т.В. Оценка выбросов диоксида серы в атмосферу Норильского промышленного района. Оптика атмосферы и океана. 2019; 32(06): 465–470.
12. Holmgren A., Lu J. Thioredoxin and thioredoxin reductase: current research with special reference to human disease. Biochem. Biophys. Res. Commun. 2010; 396(1): 120-4.
13. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015 a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet. 2016; 388(10053): 1659–1724.

14. Барскова Л. С., Виткина Т.И., Янькова В.И. Метод отбора и анализа проб атмосферного воздуха для определения фракционного состава твердых взвешенных частиц микроразмерного ряда. Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения: материалы междунар. форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды. Москва, 2017.
15. Просвирякова И.А., Гриценко Т.Д., Ганькин А.Н., Фираго А.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов твердыми частицами дисперсностью 10 и 2,5 микрон на показатели заболеваемости населения. Современные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и терапии : сб. материалов Респ. научно-практич. конф. с междунар. участием, Гродно, 24-25 сентября 2020 г. Гродно, 2020: 243-248.
16. Холодов А.С., Кириченко К.Ю., Задорнов К.С., Голохваст К.С. Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека. Вестник Камчатского гос. технич. университета. 2019; 49: 81-88.
17. Noël A., Xiao R., Perveen Z. Incomplete lung recovery following sub-acute inhalation of combustion- derived ultrafine particles in mice. Part. Fibre Toxicol. 2016; 13: 10.
18. Liu Y., Wang H.D., Yu Z.X. Influence of air pollution on hospital admissions in adult asthma in northeast China. Chin. Med. J. 2018; 131: 1030–1033.
19. Siljamo P., Sofiev M., Filatova E., Grewling L., Jäger S., Khoreva E., Linkosalo T., Ortega Jimenez S., Ranta H., Rantio-Lehtimäki A., Svetlov A., Veriankaite L., Yakovleva E., Kukkonen J. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Model evaluation and sensitivity analysis. Int. J. Biometeorol. 2013; 57: 125–136.
20. Онищенко Г.Г. Актуальные вопросы методологии оценки риска и ее роль в совершенствовании системы социально-гигиенического мониторинга. Гигиена и санитария. 2005; 2: 3-6.
21. Рахманин Ю. А., Новиков С.М., Русаков Н.В. Научные основы теории риска в системе СГМ. Гигиена и санитария. 2004; 5: 4-5.
22. Савченков М.Ф., Савилов М.Ф. Проблемы медицины окружающей среды Сибири. Гигиена и санитария. 2006; 1: 19-20.
23. Синицина О.О. Научные основы системы регионального нормирования химических веществ в окружающей среде с учетом комплексного действия на организм: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора мед. наук. Синицына Оксана Олеговна; ГУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды РАМН». Москва, 2004.
24. Славин М.Б. Методы системного анализа в медицинских исследованиях. Москва: Медицина; 1989.
25. Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, Dominici F, Schwartz JD. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. N Engl J. Med. 2017; 376(26): 2513-22. DOI:[10.1056/NEJMoa1702747](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1702747) .

26. Refsnes M., Hetland R.B., Ovreivik J. Different particle determinants induce apoptosis and cytokine release in primary alveolar macrophage cultures. Part. Fibre Toxicol. 2006; 3: 10.
27. Zhang Y., Wang J., Chen L. Yang H., Zhang B. Ambient PM_{2.5} and clinically recognized early pregnancy loss: A case-control study with spatiotemporal exposure predictions. Environment International. 2019; 126: 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.062>
28. Yang A., Janssen N.A.H., Brunekreef B., Cassie F.R., Hook D., Gehring U. Children's respiratory health and oxidative potential of PM_{2.5}: the PIAMA birth cohort study. Occup. Environ. Med. 2016; 73: 154–160.
29. Zinellu E., Zinellu A., Giuseppe F.A., Carru C., Pirina P. Circulating biomarkers of oxidative stress in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. Respiratory Research. 2016; 17(1): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12931-016-0471-z>
30. Pardo M., Porat Z., Rudich A. Repeated exposures to roadside particulate matter extracts suppresses pulmonary defense mechanisms, resulting in lipid and protein oxidative damage. Environ. Pollut. 2015; 210: 227–237.
31. Hamad S.H., Schauer J.J., Antkiewicz D.S. ROS production and gene expression in alveolar macrophages exposed to PM_{2.5} from Baghdad, Iraq: Seasonal trends and impact of chemical composition. Science of the Total Environment. 2016; 543: 739–745.
32. Stowell J.D., Kim Y.M., Gao Y., Fud J.S., Change H.H., Liu Y. The impact of climate change and emissions control on future ozone levels: Implications for human health. Environ Int. 2017; 108: 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.001>
33. Голохваст К.С., Чекрыжов И.Ю., Ревуцкая И.Л., Соболева Е.В., Щека О.Л., Чернышев В.В., и др. Некоторые аспекты моделирования атмосферных взвесей исходя из вещественного состава. Известия Самарского НЦ РАН. 2012; 14(1-9): 2401–2404.
34. Thomson E.M., Breznan D., Karthikeyan S., MacKinnon-Roy Ch. [et al.] Cytotoxic and inflammatory potential of size-fractionated particulate matter collected repeatedly within a small urban area. Part. Fibre Toxicol. 2015; 12(1): 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12989-015-0099-z>
35. Davies M.J. Protein oxidation and peroxidation. Biochem J. 2016; 473(7): 805-825. <https://doi.org/10.1042/BJ20151227>
36. Rodriguez-Villamizar L.A., Magico A., Osornio-Vargas A. [et al.] The effects of outdoor air pollution on the respiratory health of Canadian children: A systematic review of epidemiological studies. Can. Respir. J. 2015; 22(5): 282–292.
37. Bhatia M., McGrath K.L., Di Trapani G. [et al.] The thioredoxin system in breast cancer cell invasion and migration. Redox Biology. 2016; 8: 68–78.

References:

1. Zaitseva N.V., May I.V., Klein S.V. Optimization of observation programs for the quality of atmospheric air in residential areas in the system of socio-hygienic monitoring based on spatial analysis and risk assessment for public health. Perm Medical Journal. 2010; 27(2): 130-138.

2. May I.V., Klein S.V., Sedusova E.V. The experience of proving harm to public health under the influence of environmental factors. *Health and the Environment*. 2015; 1(25): 59-63.
3. Popova A.Y., Zaitseva N.V., May I.V., Popova A.Y. Health of the Population as a Target Function and Efficiency Criterion of the Federal Project "Clean Air" Measures. *Health Risk Analysis*. 2010; 4: 4-13.
4. Gichev Y.P. Pollution of the environment and human health. (Sad experience of Russia). Novosibirsk: Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences, 2002.
5. Zaitseva N.V., May I.V. New mechanisms of rationing emissions into the atmosphere: a conceptual view of the prospects and problems from the standpoint of sanitary and epidemiological well-being of the population. *Health Risk Analysis*. 2020; 2: 4-15.
6. May I.V., Kokoulina A.A., Zagorodnov S.Y. Assessment of public exposure to fine dust in zones of influence of emissions from industrial stationary sources. 2014; 1: 21-30.
7. Vinokurova M.V., Vinokurov A.V., Gurvich V.B., Kuzmin S.S., Malykh O.L. Assessment of the quality of atmospheric air in populated areas by calculation method in the system of social and hygienic monitoring. *Hygiene and sanitation*. 2004; 4: 25-27.
8. Rakitskiy V.N., Avaliani S.L., Novikov S.M. Health risk analysis from exposure to air pollution as part of a strategy to reduce the global epidemic of noncommunicable diseases. *Health risk analysis*. 2019; 4: 30-36.
9. Erofeev Yu.V., Turbinsky V.V., Shcherbatov A.F., Novikova I.I. Hygienic assessment of atmospheric air pollution with cement dust. *Hygiene issues*. 2017; 4 (26): 189 - 192.
10. Yudovich B.E., Dmitriev A.M., Lyamin Yu.A., Zubekhin S.A. Cement industry and ecology // allbeton.ru: [site]. - URL: <https://www.allbeton.ru/upload/iblock/ac6/cementnaya-promishlennost-i-ekologiya-iyudovichk.pdf> (date of access: 26.08.2021).
11. Raputa V.F., Simonenkov D.V., Belan B.D., Yaroslavtseva T.V. Estimation of sulfur dioxide emissions into the atmosphere of the Norilsk industrial region. *Optics of the atmosphere and ocean*. 2019; 32 (06): 465-470.
12. Holmgren A., Lu J. Thioredoxin and thioredoxin reductase: current research with special reference to human disease. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 2010; 396(1): 120-4.
13. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015 a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2016; 388(10053): 1659–1724.
14. Barskova L.S., Vitkina T.I., Yankova V.I. A method for taking and analyzing atmospheric air samples to determine the fractional composition of suspended solid particles of the microsize range. *Environmental problems of our time: identification and prevention of the adverse impact of anthropogenically determined factors and climatic changes on the environment and public health: materials of the international. Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene*. Moscow, 2017: 43–44.
15. Prosviryakova I.A., Gritsenko T.D., Gankin A.N., Firago A.V. Influence of atmospheric air pollution in settlements with solid particles with a dispersion of 10 and 2.5 microns on the morbidity rates of the population. *Modern issues of radiation and environmental medicine*,

- radiation diagnostics and therapy: collection of articles. materials Rep. scientific and practical conf. with int. participation, Grodno, September 24-25, 2020 Grodno, 2020: 243-248.
16. Kholodov A.S., Kirichenko K.Yu., Zadornov K.S., Golokhvast K.S. Influence of solid suspended particles of atmospheric air of settlements on human health. Bulletin of the Kamchatka State. technical university. 2019; 49: 81-88.
 17. Noël A., Xiao R., Perveen Z. Incomplete lung recovery following sub-acute inhalation of combustion- derived ultrafine particles in mice. Part. Fibre Toxicol. 2016; 13: 10.
 18. Liu Y., Wang H.D., Yu Z.X. Influence of air pollution on hospital admissions in adult asthma in northeast China. Chin. Med. J. 2018; 131: 1030–1033.
 19. Siljamo P., Sofiev M., Filatova E., Grewling L., Jäger S., Khoreva E., Linkosalo T., Ortega Jimenez S., Ranta H., Rantio-Lehtimäki A., Svetlov A., Veriankaite L., Yakovleva E., Kukkonen J. A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Model evaluation and sensitivity analysis. Int. J. Biometeorol. 2013; 57: 125–136.
 20. Onishchenko G.G. The topical issues of risk assessment methodology and its role in improving the system of socio-hygienic monitoring. Hygiene and Sanitation. 2005; 2: 3-6.
 21. Rakhmanin Yu. A., Novikov S.M., Rusakov N.V. Scientific foundations of risk theory in the SHM system. Hygiene and sanitation. 2004; 5:4-5.
 22. Savchenkov M.F., Savilov E.D. Environmental medicine problems of Siberia. Hygiene and sanitation. 2006; 1: 19-20.
 23. Sinitsina O.O. Scientific bases of system of regional normalization of chemical substances in environment taking into account complex action on organism: doctor of medical sciences / Oksana O. Sinitsina, Research Institute of Human Ecology and Environmental Health RAMS. - Moscow, 2004.
 24. Slavin M.B. Systems analysis methods in medical research. Moscow: Medicine; 1989. 304 p.
 25. Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, Dominici F, Schwartz JD. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population // N Engl J. Med. – 2017; 376(26): 2513-22. doi: 10.1056/NEJMoa1702747. PMID: 28657878; PMCID: PMC5766848.
 26. Refsnes M., Hetland R.B., Ovreik J. Different particle determinants induce apoptosis and cytokine release in primary alveolar macrophage cultures. Part. Fibre Toxicol. 2006; 3: 10.
 27. Zhang Y., Wang J., Chen L. Yang H., Zhang B. Ambient PM_{2.5} and clinically recognized early pregnancy loss: A case-control study with spatiotemporal exposure predictions. Environment International. 2019; 126: 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.062>
 28. Yang A., Janssen N.A.H., Brunekreef B., Cassie F.R., Hook D., Gehring U. Children's respiratory health and oxidative potential of PM_{2.5}: the PIAMA birth cohort study. Occup. Environ. Med. 2016; 73: 154–160.
 29. Zinellu E., Zinellu A., Giuseppe F.A., Carru C., Pirina P. Circulating biomarkers of oxidative stress in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. Respiratory Research. 2016; 17(1): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12931-016-0471-z>

30. Pardo M., Porat Z., Rudich A. Repeated exposures to roadside particulate matter extracts suppresses pulmonary defense mechanisms, resulting in lipid and protein oxidative damage. *Environ. Pollut.* 2015; 210: 227–237.
31. Hamad S.H., Schauer J.J., Antkiewicz D.S. ROS production and gene expression in alveolar macrophages exposed to PM_{2.5} from Baghdad, Iraq: Seasonal trends and impact of chemical composition. *Science of the Total Environment.* 2016; 543: 739–745.
32. Stowell J.D., Kim Y.M., Gao Y., Fud J.S., Change H.H., Liu Y. The impact of climate change and emissions control on future ozone levels: Implications for human health. *Environ Int.* 2017; 108: 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.001>
33. Golokhvast KS, Chekryzhov I.Yu., Revutskaya I.L., Soboleva E.V., Shcheka O.L., Chernyshev V.V., et al. Some aspects of modeling atmospheric suspensions based on the material composition. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2012; 14 (1-9): 2401-2404.
34. Thomson E.M., Breznan D., Karthikeyan S., MacKinnon-Roy Ch. [et al.] Cytotoxic and inflammatory potential of size-fractionated particulate matter collected repeatedly within a small urban area. *Part. Fibre Toxicol.* 2015; 12(1): 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12989-015-0099-z>
35. Davies M.J. Protein oxidation and peroxidation. *Biochem J.* 2016; 473(7): 805-825. <https://doi.org/10.1042/BJ20151227>
36. Rodriguez-Villamizar L.A., Magico A., Osornio-Vargas A. [et al.] The effects of outdoor air pollution on the respiratory health of Canadian children: A systematic review of epidemiological studies. *Can. Respir. J.* 2015; 22(5): 282– 292.
37. Bhatia M., McGrath K.L., Di Trapani G. [et al.] The thioredoxin system in breast cancer cell invasion and migration. *Redox Biology.* 2016; 8: 68–78.

Поступила/Received: 03.08.2021

Принята в печать/Accepted: 08.09.2021.