

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

УДК 504.3.054, 504.054, 504.064.2, 614.71, 613.15, 504.055

© Коллектив авторов, 2019

Май И.В., Кокоулина А.А., Балашов С.Ю.

К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух»

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Введение. Город Чита Забайкальского края — один из городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферы. Из порядка 130 примесей, выбрасываемых источниками города, на 5 постах сети Росгидромета ведется мониторинг 12. Максимальные среднемесячные концентрации формируются по бенз(а)пирену (до 56,8 ПДК), сероводороду (12,3 ПДК), взвешенным частицам (до 4ПДК), фенолу (до 3,6 ПДК). Значительные объемы выбросов (59,73 тыс. тонн в 2018 г.) усугубляются использованием угля как топлива предприятиями теплоэнергетики и частным сектором, климатическими и географическими особенностями. В рамках федерального проекта «Чистый воздух» нацпроекта «Экология» предусмотрено снижение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу г. Читы на 8,75 тыс. тонн к 2024 г., что должно привести к существенному улучшению безопасности и качества жизни горожан. Необходимо выявление наиболее «рисковых» для здоровья компонентов загрязнения.

При этом важно понять: отражает ли система экологического мониторинга реальную картину опасностей, формируемых загрязнением атмосферы города; существует ли необходимость оптимизации системы мониторинга для последующей оценки результативности и эффективности мероприятий; какие примеси и в каких точках должны мониторироваться в интересах населения, администрации и хозяйствующих субъектов, реализующих воздухоохраные мероприятия.

Цель исследования — разработка рекомендаций по оптимизации программы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы с учетом критериев опасности для здоровья населения для последующей оценки эффективности, а также результативности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. Обоснование оптимизации программ мониторинга выполнялось через расчет индексов опасности, учитывающих: массу выбросов и токсикологическую характеристику каждого химического вещества; численность населения под воздействием. В качестве топоосновы использовалась векторная карта города со слоем «плотность населения». Индексы рассчитывались для ячеек регулярной сетки, покрывающей селитебную территорию. Для каждой ячейки учитывались повторяемость ветров по 8 румбам со стороны приоритетных предприятий и численность населения в пределах расчетной ячейки. В итоге каждая расчетная ячейка характеризовалась суммарным коэффициентом, учитывающим опасность потенциальных воздействий выбросов. По результатам оценок формулировались рекомендации по оптимизации размещения постов на территории города и формирования программ мониторинга.

Результаты. Индексы канцерогенной опасности для здоровья населения г. Читы составили от 584 805,96 до 0,03 (приоритеты: углерод (сажа), бензол, бенз(а)пирен); индексы неканцерогенной опасности — от 1 443 558,24 до 0,00 (приоритеты: диоксид серы, пыль неорганическая с содержанием 70–20% SiO₂, мазутная зола). Максимальную опасность для здоровья населения стационарные источники выбросов формируют в северо-западной, западной и юго-восточной частях города. Посты Росгидромета в этих зонах отсутствуют.

Выводы. В рамках задач проекта «Чистый воздух» рекомендуется действующую государственную сеть наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Читы дополнить двумя постами; в программы мониторинга включить марганец, ксилол, пятиокись ванадия, определение бенз(а)пирена проводить на всех постах, что позволит полнее и адекватнее оценить опасность выбросов хозяйствующих субъектов, а также результативность и эффективность предусмотренных воздухоохраных мероприятий.

Ключевые слова: федеральный проект «Чистый воздух»; мониторинг атмосферного воздуха; программа мониторинга; пост мониторинга; опасность выбросов

Для цитирования: Май И.В., Кокоулина А.А., Балашов С.Ю. К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух». *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

Для корреспонденции: Май Ирина Владиславовна, зам. дир. по науке ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р биол. наук, проф. E-mail: may@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina V. May, Anastasia A. Kokoulina, Stanislav Yu. Balashov

On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the Federal project «Clean Air»

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. The city of Chita of Zabaikalsky region is one of the cities of Russia, priority on level of pollution of atmosphere. Of the order of 130 impurities emitted by the sources of the city, 12 are monitored at 5 posts of the

Roshydromet network. Maximum monthly average concentrations are formed by benz (a) pyrene (up to 56.8 MPC), hydrogen sulfide (12.3 MPC), suspended particles (up to 4PDC), phenol (up to 3.6 MPC). Significant emissions (59.73 thousand tons in 2018) are aggravated by the use of coal as a fuel by heat and power enterprises and the private sector, climatic and geographical features. Within the framework of the Federal project “Clean Air” of the national project “Ecology”, it is envisaged to reduce the gross emission of pollutants into the atmosphere of Chita by 8.75 thousand tons by 2024, which should lead to a significant improvement in the safety and quality of life of citizens. It is necessary to identify the most “risky” components of pollution for health.

It is important to understand: whether the environmental monitoring system reflects the real picture of the dangers posed by pollution of the city’s atmosphere; whether there is a need to optimize the monitoring system for the subsequent assessment of the effectiveness and efficiency of measures; what impurities and at what points should be monitored in the interests of the population, administration and economic entities implementing air protection measures.

The aim of the study is to develop recommendations for optimizing the program of environmental monitoring of air quality in the city of Chita, taking into account the criteria of danger to public health for the subsequent evaluation of the effectiveness and effectiveness of the Federal project “Clean Air”.

Materials and methods. Justification of optimization of monitoring programs was carried out through the calculation of hazard indices, considering: the mass of emissions and toxicological characteristics of each chemical; the population under the influence. A vector map of the city with a layer “population density” was used as a topographic base. The indices were calculated for regular grid cells covering the residential area. For each cell, the repeatability of winds of 8 points from the priority enterprises and the population within the calculated cell were taken into account. As a result, each calculation cell was characterized by a total coefficient, taking into account the danger of potential impacts of emissions. Based on the results of the assessments, recommendations were formulated to optimize the placement of posts in the city and the formation of monitoring programs.

Results. Indices of carcinogenic danger to the health of the population of Chita ranged from 584,805. 96 to 0.03 (priorities: carbon (soot), benzene, benz (a) pyrene); indices of non-carcinogenic danger — from 1,443,558. 24 to 0.00 (priorities: sulfur dioxide, inorganic dust containing 70–20% SiO₂, fuel oil ash). The greatest danger to public health stationary sources of emissions form in the North-Western, Western and South-Eastern parts of the city. Roshydromet posts in these zones are absent.

Conclusions. As part of the objectives of the project “Clean Air”, it is recommended to Supplement the existing state network of observations of atmospheric air quality in Chita with two posts; to include manganese, xylene, vanadium pentoxide in the monitoring programs, to carry out the determination of Benz(a)pyrene et al posts, which will allow to fully and adequately assess the danger of emissions of economic entities, as well as the effectiveness and efficiency of the provided air protection measures.

Keywords: Federal project “Clean Air”; atmospheric air monitoring; monitoring program; monitoring post; emission hazard

For citation: May I.V., Kokoulina A.A., Balashov S.Yu. On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the Federal project “Clean Air”. *Med truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

For correspondence: Irina V. May, Deputy director of science of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Biol.), prof. E-mail: may@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Город Чита Забайкальского края — один из городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В течение последних 10 лет этот уровень характеризуется как «чрезвычайно высокий» и «очень высокий». При этом из общего перечня примесей, выбрасываемых стационарными и передвижными источниками (порядка 130 наименований), на 5 постах сети Росгидромета (ФГБУ «Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды») ведется мониторинг только 12: взвешенных веществ¹, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота, сероводорода, фенола, углерода (сажи), формальдегида, озона, аммиака и бенз(а)пирена. При этом общераспространенные вещества изменяются на 3–5 постах, специфика — на 1–4 постах в зависимости от вещества.

Данные примеси включены в программы мониторинга не случайно, что подтверждается результатами измерений. Средняя за 2018 г. концентрация бенз(а)пирена по данным наблюдений сети Росгидромета составила 10,5 ПДК, пыли (взвешенных частиц) — 1,4 ПДК. В 2018 г. среднемесячные концентрации бенз(а)пирена превышали значения 10

ПДК в 14 раз, сероводорода — в 3 раза. Максимальная из среднемесячных концентрация бенз(а)пирена составила 56,8 ПДК, сероводорода — 12,3 ПДК, пыли (взвешенных частиц) — 4,0 ПДК, фенола — 3,6 ПДК, оксида углерода — 2,2 ПДК. Концентрации аммиака, формальдегида, углерода (сажи) фиксировались на уровне 1,0–1,1 ПДК [1]. Повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, формируемые источниками на территории города, отмечаются чаще в холодное время года. Это обусловлено как использованием угля в качестве топлива объектов теплоэнергетики, так и региональными климатическими и географическими особенностями (продолжительная холодная зима, расположение города в Читино-Ингодинской котловине).

Основной вклад в валовый выброс по территории вносят стационарные источники предприятий топливно-энергетического комплекса, многочисленные мелкие котельные и печное отопление частного сектора. В 2018 г. по данным статистической отчетности в атмосферу города от стационарных и передвижных источников выбросов поступило 59,73 тыс. тонн загрязняющих веществ, что составляет порядка 45% от валового выброса по Забайкальскому краю.

¹ Недифференцированная по составу пыль.

Значительное количество выбросов опасных веществ усугубляется частой повторяемостью метеорологических условий, неблагоприятных для рассеивания примесей в воздухе (НМУ). В 2018 году было зарегистрировано 30 случаев НМУ разной продолжительности.

На уровне Правительства РФ признана необходимость кардинального улучшения качества атмосферного воздуха города [2]. В рамках федерального проекта «Чистый воздух» нацпроекта «Экология» предусмотрено снижение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу г. Читы на 8,75 тыс. тонн к 2024 г.²

Вместе с тем нельзя не принимать во внимание, что сокращение выбросов должно иметь следствием, прежде всего, существенное улучшение безопасности и качества жизни жителей города. Снижение валового выброса далеко не всегда напрямую существенно понижает уровень угроз и опасностей для здоровья населения, поскольку может не затрагивать наиболее «рисковые» компоненты загрязнений. В этой связи актуальной представляется решение задачи оценки рисков для здоровья населения г. Читы с выделением приоритетов — вкладов отдельных примесей в эти риски на текущий момент (до старта мероприятий федерального проекта «Чистый воздух») и условий реализации запланированных мер [3]. При этом важно ответить на следующие вопросы:

- отражает ли в полной мере система экологического мониторинга реальную картину опасностей и рисков, которые формируются в результате загрязнения атмосферного воздуха всем комплексом выбросов;
- существует ли необходимость оптимизации системы мониторинга качества атмосферного воздуха для последующей адекватной оценки результативности и эффективности программных мероприятий;
- если такая необходимость существует, то какие примеси и в каких точках территории города должны подлежать мониторингу в интересах как населения и администрации города, так и хозяйствующих субъектов, реализующих воздухоохраные мероприятия.

Исследования, касающиеся оптимизации сети мониторинга, вписываются в комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ федерального проекта «Чистый воздух», где наряду с действиями по снижению выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и промышленных предприятий предусматривается блок мер по реконструкции существующей наблюдательной сети за состоянием атмосферного воздуха.

Цель исследования — разработка рекомендаций по оптимизации программы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы с учетом критериев опасности для здоровья населения для последующей оценки эффективности и результативности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. В условиях отсутствия в городе единой базы данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ, позволяющей провести сводные расчеты рассеивания, обоснования оптимизации программ мониторинга выполняли через расчет индексов опасности³, которые учитывают:

- массу выбросов каждого химического вещества от каждого хозяйствующего субъекта, расположенного на территории города;
- токсикологическую характеристику выбрасываемых примесей (через весовой коэффициент влияния на здоровье или канцерогенного эффекта);
- численность населения под воздействием.

$$HRI = E \times W \times P / 10000,$$

где HRI — индекс сравнительной канцерогенной/неканцерогенной опасности вещества; E — величина условной экспозиции (т/год); W — весовой коэффициент канцерогенного эффекта/влияния на здоровье; P — численность популяции под воздействием конкретного загрязнения.

В качестве топоосновы использовалась векторная карта города со слоем «плотность проживания населения». Индексы рассчитывались для ячеек регулярной сетки, которая покрывала всю селитебную территорию города. Шаг регулярной сетки — 500 м. Количество расчетных точек — более 500.

Дополнительно для каждой ячейки учитывалась повторяемость ветров по 8 румбам со стороны приоритетных предприятий и численность населения, проживающего в пределах расчетной ячейки. В итоге каждый квадрат расчетной сетки характеризовался суммарным коэффициентом, который учитывал опасность потенциальных воздействий выбросов хозяйствующих субъектов территории.

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города принимали в соответствии с данными форм статистической отчетности 2-ТП (воздух). В целом были учтены выбросы 133 веществ общей массой более 49,00 тыс. тонн от 211 предприятий.

По результатам оценок формулировались рекомендации по оптимизации размещения постов на территории города. При формировании программ мониторинга на постах оценивалось соответствие реализуемых программ факторам опасности на территории. Программы мониторинга на каждом посту верифицировали данными расчетов индексов опасности от предприятий, расположенных в радиусе 5 км от поста.

Результаты и обсуждение. Ранжирование примесей по индексу опасности показало, что индексы канцерогенной опасности варьируются в диапазоне от 584805,96 до 0,03; индексы неканцерогенной опасности — от 1443558,24 до 0,00. Наибольшие уровни неканцерогенной опасности для здоровья населения г. Читы формируют выбросы диоксида серы, пыли неорганической с содержанием двуокиси кремния 70–20%, мазутной золы теплоэлектростанций; среди канцерогенов — углерода (сажи), бензола, бенз(а)пирена (табл. 1).

Максимальную опасность для здоровья населения стационарные источники предприятий формируют в северо-западной, западной и юго-восточной частях города (рисунок).

Все 5 постов Росгидромета расположены в зонах со средними или низкими уровнями коэффициентов опасности. Это позволяет рекомендовать размещение по меньшей мере еще двух постов (стационарных или маршрутных) в зонах наибольших уровней угроз здоровью жителей (в северо-западной части города (зона влияния выбросов ТЭЦ 1 и других предприятия), в юго-восточной (зона влияния выбросов ТЭЦ-2, АБЗ, Силикатного завода). Это обеспечить:

² Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Чите, утв. Зам. Председателя Правительства Российской Федерации 28.12.2018 г.

³ Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Чите, утв. Зам. Председателя Правительства Российской Федерации 28.12.2018 г.

Максимальные коэффициенты опасности выбросов загрязняющих веществ на территории г. Читы
Maximum hazard factors of pollutant emissions on the territory of Chita

Загрязняющее вещество	Коэффициент опасности	
	неканцерогенной	канцерогенной
Диоксид серы	1 443 558,2	—
Пыль неорганическая: 70–20% SiO ₂	928 880,5	—
Мазутная зола теплоэлектростанций	874 867,6	—
Углерод (Сажа)	584 806,0	584 806,0
Диоксид азота	545 161,6	—
Оксид (II) азота	90 990,5	—
Марганец и его соединения	66 845,4	—
Керосин	27 237,2	—
Диметилбензол (Ксилол)	17 826,9	—
Пыль неорганическая: ниже 20% SiO ₂	15 544,5	—
Оксид углерода	8 878,4	—
Хлор	6 826,3	—
Пыль древесная	4 878,1	—
Сульфит свинца	4 310,0	43,1
Бензол	3 064,2	3 064,2
Взвешенные вещества	2 098,0	—
Пыль зерновая	1 841,6	—
Азотная кислота	1 750,5	—
Триоксид диЖелеза	1 672,6	—
Бенз(а)пирен	1 630,0	163,0

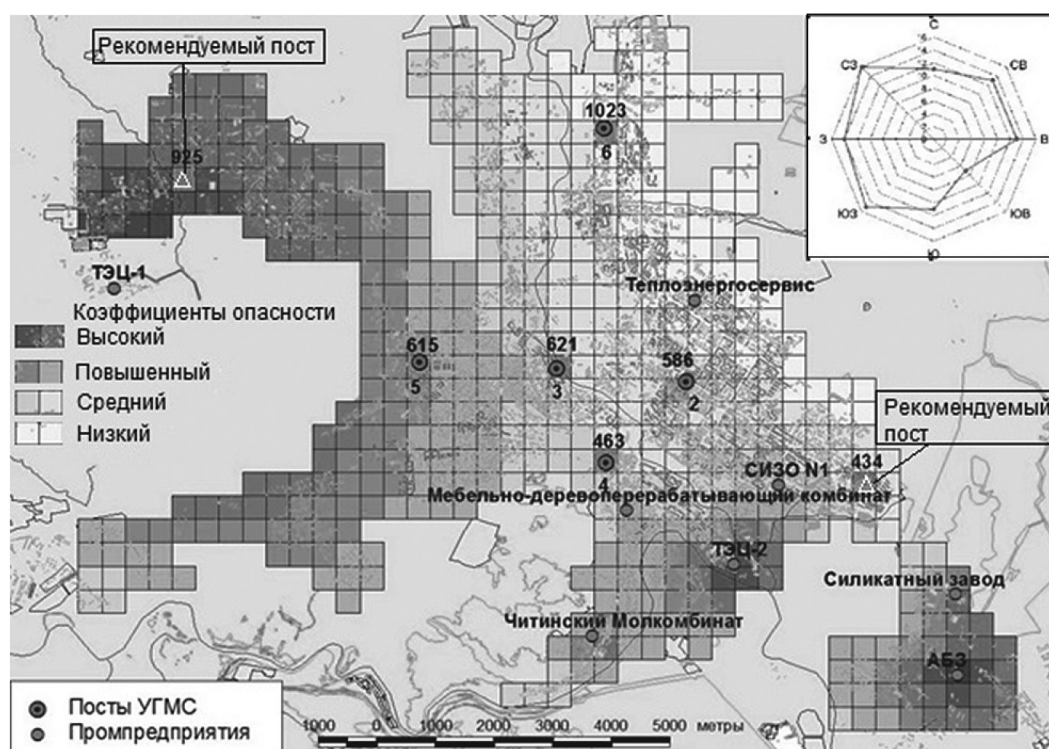


Рисунок. Карта пространственного распределения сравнительного индекса опасности для здоровья человека по г. Чите, формируемого выбросами стационарных источников

Figure. The map of the spatial distribution of a comparative index of risk to human health for the city of Chita, emissions generated by stationary sources

- максимально объективную оценку уровней воздействия загрязнения на население и рисков для здоровья жителей;

- возможность оценки результативности и эффективности воздухоохраных мер, принимаемых на промышленных объектах;

Действующие и рекомендуемые программы мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы на постах Росгидромета

Current and recommended programs for monitoring atmospheric air quality in the city of Chita at Roshydromet posts

	Пыль (взвешенные вещества)	PM _{2.5} , PM ₁₀	Серы диоксида	Углерода оксида	Азота диоксида	Азота оксида	Сероводорода	Фенол	Углерод (сажа)	Формальдегид	Озон	Аммиак	Марганец	Ванадия пятиокись	Ксилол*	3,4-Бензпирен
Пост № 2, ул. Чкалова, 148																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	–	+	++	+	+
Пост № 3, ул. Набережная, 66																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	–	+	–	+	+
Пост № 4, ул. Ладо, 30																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+	++	+	+
Пост № 5, ул. Октябрьская, 9																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+/-	–	–	+	++	+	+
Пост № 6, ул. Красной звезды, 75																
Текущая ситуация	–	–	+	+	+	+	+	–	–	–	+	+	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+/-	+/-	+	++	+	+
Новый пост (квадрат 925)																
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+	++	–	+
Новый пост (квадрат 434)																
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	–	–	++	–	+

Примечания: * — ароматические углеводороды из одной пробы; + — вещество мониторируется/рекомендуется включить в программу мониторинга; – — вещество не мониторируется; +/- — рекомендуется исключить из программы мониторинга или оставить на усмотрение Росгидромета; ++ — рекомендуется включить в программу мониторинга при переходе ТЭЦ-1 и/или ТЭЦ-2 на резервное топливо.

Notes: * — aromatic hydrocarbons from one sample; + — the substance is monitored /recommended to be included in the monitoring program; – — the substance is not monitored; +/- — it is recommended to exclude from the monitoring program or to leave at the discretion of Roshydromet; + ** — it is recommended to include in the monitoring program at transition of CHPP-1 and / or CHPP-2 to reserve fuel.

• получение данных о качестве атмосферного воздуха по всей территории города, а не только в центральной его части, где размещено большинство постов мониторинга.

Сопоставительный анализ действующих программ экологического мониторинга и параметров индексов опасности показал, что (табл. 2):

• программы мониторинга всех действующих постов наблюдения рекомендуется дополнить определением концентрации в атмосферном воздухе марганца, ксилола (ароматических углеводородов из одной пробы);

• программы мониторинга 4 постов (кроме Поста №6, ул. Красной звезды, 75) рекомендуется дополнить определением мелкодисперсных частиц PM₁₀ и PM_{2.5}, опасность которых доказана зарубежными и отечественными исследованиями [4–7];

• бенз(а)пирен рекомендуется контролировать на всех постах;

• при переходе ТЭЦ-1 и/или ТЭЦ-2 на резервное топливо на постах рекомендуется дополнительно контролировать пятиокись ванадия;

• формальдегид, озон и аммиак не относятся к приоритетам с точки зрения опасности выбросов для здоровья,

поэтому их можно исключить или оставить в программе мониторинга на усмотрение Росгидромета.

На двух новых постах оптимальной представляется программа наблюдений, включающая определение диоксида серы, оксида углерода, пыли и мелкодисперсных частиц PM_{2.5} и PM₁₀, углерода (сажи), оксида и диоксида азота, бенз(а)пирена, пятиокиси ванадия. Определение марганца рекомендовано только для одного нового поста (в квадрате 434 — юго-восточная часть города), который ориентирован на контроль выбросов Силикатного завода, АБЗ, ТЭЦ-2.

Выводы:

1. В рамках задач проекта «Чистый воздух» рекомендуется действующую государственную сеть наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Читы дополнить двумя постами.

2. В программы мониторинга рекомендуется дополнительно включить марганец, ксилол, пятиокись ванадия, определение бенз(а)пирена проводить на всех постах.

3. Расширенные программы мониторинга позволяют в перспективе более полно и адекватно оценить опасность выбросов отдельных хозяйствующих субъектов, а также результа-

тивность и эффективность воздухоохраных мероприятий, предусмотренных федеральным проектом «Чистый воздух».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2018 год. <http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcbgck3f0q.xn--p1ai/action/ohrana-okrujayushchey-sredy/ekologicheskaya-situaciya-v-zabaykalskom-krae/>
2. Паспорт федерального проекта «Чистый воздух». http://xn--80aavcebfcm6cza.xn--p1ai/upload/iblock/799/CHisty-vozdukh-_obnov.-red_.pdf
3. Андреева Е.Е., Онищенко Г.Г., Клейн С.В. Гигиеническая оценка приоритетных факторов риска среды обитания и состояния здоровья населения г. Москвы. *Анализ риска здоровью*. 2016; 3: 23–34.
4. Загороднов С.Ю., Кокоулина А.А., Попова Е.В. Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015; Т. 17 (5–2Ж): 451–6.
5. Segersson D., Eneroth K., Gidhagen L., Johansson C., Omstedt G., Nylén A.E., Forsberg B. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(7): 742. DOI: 10.3390/ijerph14070742.
6. Yu-Fei Xing, Yue-Hua Xu, Min-Hua Shi, Yi-Xin Lian. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016; 8(1): E69 — E74. DOI: 10.3978/j.issn. 2072–1439.2016.01.19.
7. Janssen N.A.H., Fischer P., Marra M., Ameling C., Cassee F.R. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5–10} on daily mortality in the Netherlands. *Science of The Total Environment*. 2013; 463–4: 20–6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.062.

REFERENCES

1. Report on the environmental situation in the Trans-Baikal Territory for 2018. <http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcbgck3f0q.xn--p1ai/action/ohrana-okrujayushchey-sredy/ekologicheskaya-situaciya-v-zabaykalskom-krae/>
2. Passport of the federal project «Clean Air». http://xn--80aavcebfcm6cza.xn--p1ai/upload/iblock/799/CHisty-vozdukh-_obnov.-red_.pdf
3. Andreeva E.E., Onishchenko G.G., Kleyn S.V. Hygienic assessment of priority risk factors for the environment and the state of health of the population of Moscow. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; 3: 23–34.
4. Zagorodnov S.Yu., Kokoulina A.A., Popova E.V. The study of the component and disperse composition of dust emissions of metallurgical complex enterprises for the tasks of assessing the exposure of the population. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015; T. 17 (5–2Ж): 451–456.
5. Segersson D., Eneroth K., Gidhagen L., Johansson C., Omstedt G., Nylén A.E., Forsberg B. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(7): 742. DOI: 10.3390/ijerph14070742
6. Yu-Fei Xing, Yue-Hua Xu, Min-Hua Shi, Yi-Xin Lian. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016; 8(1): E69 — E74. DOI: 10.3978/j.issn. 2072–1439.2016.01.19
7. Janssen N.A.H., Fischer P., Marra M., Ameling C., Cassee F.R. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5–10} on daily mortality in the Netherlands. *Science of The Total Environment*. 2013; 463–4: 20–6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.062.

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 08.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019