

## Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, Россия, 654041;

<sup>2</sup>РГП «Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова», ул. Университетская, 28, Караганда, Республика Казахстан, 100028

**Введение.** Изучение влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья населения промышленных городов является актуальной задачей профилактической медицины.

**Цель исследования** — оценка риска для здоровья населения г. Новокузнецка, связанного с поступлением в атмосферный воздух загрязняющих веществ от АО «Кузнецкая ТЭЦ».

**Материалы и методы.** В работе представлены результаты оценки риска для здоровья населения г. Новокузнецка от воздействия атмосферных выбросов угольной теплоэлектроцентрали. Риски рассчитывались в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

**Результаты.** Выявлено, что в индексе неканцерогенной опасности выбросов наибольший удельный вес имели сера диоксида, зола углей, азот диоксида. Максимальный индекс опасности канцерогенных веществ выявлен у шестивалентного хрома. Наибольший риск немедленного действия, проявляющийся в развитии рефлекторных реакций, выявлен в двух точках воздействия концентраций; он определялся влиянием золы углей. При формировании риска хронической интоксикации наибольшим воздействием обладали зола углей, диоксид серы, диоксид азота, оксид азота; наибольший риск выявлен в трех точках. Коэффициенты опасности концентраций находились в пределах от  $2,04 \times 10^{-4}$  до 6,723. Максимальный индекс опасности, равный 29,31, соответствовал микрорайону площади Ленина. Наибольшие уровни канцерогенного риска, выявленные в трех точках, определялись воздействием шестивалентного хрома.

**Заключение.** В работе определены экологически неблагоприятные микрорайоны города. Показано, что основной вклад в формирование неканцерогенного риска нарушения здоровья населения города вносят оксид азота и диоксид азота, зола углей, диоксид серы. Основным канцерогенным веществом является шестивалентный хром. Суммарные значения рисков, выраженные в кратностях превышения приемлемого риска, по большинству точек превышают 1, свидетельствуя о значительном влиянии выбросов предприятия на здоровье населения. Рекомендован комплекс атмосфероохранных мероприятий, направленных на снижение рисков для здоровья населения.

**Ключевые слова:** теплоэлектроцентраль; атмосферный воздух; загрязняющие вещества; риск для здоровья

**Для цитирования:** Голиков Р.А., Кислицына В.В., Суржигов Д.В., Олешенко А.М., Мукашева М.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия теплоэнергетики на здоровье населения Новокузнецка. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (6). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352>

**Для корреспонденции:** Кислицына Вера Викторовна, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», канд. мед. наук. E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2495-6731

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Roman A. Golikov<sup>1</sup>, Vera V. Kislytsyna<sup>1</sup>, Dmitry V. Surzhikov<sup>1</sup>, Anatoly M. Oleshchenko<sup>1</sup>, Manara A. Mukasheva<sup>2</sup>

## Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk

<sup>1</sup>Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova Str., Novokuznetsk, Russia, 654041;

<sup>2</sup>Karaganda State University named after E.A. Buketov, 28, Universitetskaya Str., Karaganda, Kazakhstan Republic, 100028

**Introduction.** The study of the influence of air pollution on the health of the population of industrial cities is an urgent task of preventive medicine.

**The purpose of the study** — assessment of risk for population health of the city of Novokuznetsk, associated with the receipt in atmospheric air of polluting substances from SC «Kuznetsk TPP».

**Materials and methods.** The paper presents the results of risk assessment for the health of the population of Novokuznetsk from the impact of atmospheric emissions of coal thermal power plant. Risks were calculated in accordance with the «Guidelines for the assessment of public health risks from exposure to chemicals that pollute the environment».

**Results.** It was found that sulfur dioxide, coal ash, nitrogen dioxide had the largest share in the index of non-carcinogenic hazard of emissions. The maximum hazard index of carcinogenic substances was detected in hexavalent chromium. The greatest risk of immediate action, manifested in the development of reflex reactions, was detected at two points of exposure to concentrations; it was determined by the influence of coal ash. In the formation of the risk of chronic intoxication, coal ash, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, nitrogen oxide had the greatest impact; the greatest risk was detected at three points.

The hazard coefficients of the concentrations ranged from  $2.04 \times 10^{-4}$  to 6.723. The maximum index of danger equal to 29.31, corresponded to the residential district of Lenin square. The highest levels of carcinogenic risk identified at three points were determined by exposure to hexavalent chromium.

**Conclusion.** *The work identified environmentally disadvantaged neighborhoods of the city. It is shown that the main contribution to the formation of non-carcinogenic risk of health disorders of the city's population is made by nitric oxide and nitrogen dioxide, coal ash, sulfur dioxide. The main carcinogen is hexavalent chromium. The total values of risks expressed in the multiplicities of excess of acceptable risk, for most points exceed 1, indicating a significant impact of emissions on the health of the population. A set of atmospheric protection measures aimed at reducing risks to public health is recommended.*

**Key words:** thermal power plant; atmospheric air; pollutants; health risk

**For citation:** Golikov R.A., Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Oleshchenko A.M., Mukasheva M.A. Assessment of the impact of air pollution by heat power plant emissions on the health of the population of Novokuznetsk. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (6). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-348-352>

**For correspondence:** Vera V. Kislitsyna, Leading researcher of human ecology and environmental hygiene laboratory, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2495-6731

**Funding.** The study had no funding.

**Conflict of interests.** The authors state that there is no conflict of interests.

**Введение.** Одной из важных задач профилактической медицины является охрана здоровья населения промышленных городов от загрязнения атмосферного воздуха. Для определения взаимосвязи и анализа вероятности воздействия различных факторов окружающей среды, в том числе и атмосферного воздуха, на здоровье человека используется методология оценки риска здоровью, которая широко применяется в России с середины 90-х годов прошлого века. Методология оценки риска здоровью является одним из наиболее быстро развивающихся междисциплинарных направлений в современной науке и практике. Оценка риска является важнейшей частью процесса принятия управленческих решений, относящихся к охране окружающей среды и здоровья населения [1–5]. За последние годы методология анализа и оценки риска совершила качественный и количественный рывок в деятельности природоохранных агентств многих стран [6,7].

В индустриальных центрах с численностью населения около 500 тыс. человек загрязнение атмосферного воздуха определяется стационарными источниками (промышленными предприятиями) [8]. Новокузнецк является одним из крупнейших промышленных центров России. Экологическая ситуация в городе крайне неблагоприятная, большой вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят предприятия теплоэнергетики [9].

**Цель исследования** — оценка риска для здоровья населения г. Новокузнецка, связанного с поступлением в атмосферный воздух загрязняющих веществ от АО «Кузнецкая ТЭЦ».

**Материалы и методы.** В работе использовался том предельно допустимых выбросов (ПДВ) теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), который содержит характеристики предприятия: наименование и количество источников выбросов атмосферных загрязнителей, высота и диаметр источников, скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника, температура отходящих газов и объем выбросов каждого загрязняющего вещества.

Для оценки распространения и воздействия загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников ТЭЦ в воздушную среду города, на основе карты Новокузнецка выбраны точки воздействия концентраций (ТВК) в девяти микрорайонах. Население города составляет примерно 550 тыс. человек.

Расчеты максимальных и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ осуществлялись с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог». Риски для здоровья рассчитывались в соответствии с «Руководством по оценке риска для здо-

ровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04<sup>1</sup>. Полученные величины рисков сравнивались с приемлемыми значениями [10,11].

**Результаты.** АО «Кузнецкая ТЭЦ» — главное предприятие теплоэнергетики г. Новокузнецка. Основными видами деятельности АО «Кузнецкая ТЭЦ» являются производство и реализация электрической и тепловой энергии потребителям и энергосбытовым организациям. В настоящее время установленная электрическая мощность ТЭЦ составляет 108 МВт, тепловая мощность — 890 Гкал/час. Основным топливом служит уголь марки ДГр Кузнецкого угольного бассейна. Зольность используемого угля составляет 14–18%, выход летучих веществ — 47%. В состав основного генерирующего оборудования предприятия входят 10 паровых котлов, 2 водогрейных котла, 7 генераторов, 7 паровых турбин. АО «Кузнецкая ТЭЦ» имеет 22 основных источника выбросов, высота которых колеблется от 6 до 250 м, диаметр составляет от 0,2 до 9,6 м, скорость выхода газовоздушной смеси — 1,27–39,47 м/с, опасная скорость ветра — от 0,5 до 4,46 м/с, температура отходящей газовоздушной смеси — от 20 до 100 °С.

Город Новокузнецк характеризуется резко континентальным климатом со значительными годовыми и суточными колебаниями температур. Это обусловлено расположением города в Кузнецкой котловине юго-западной части Западной Сибири, а также приближением к месту соединения Кузнецкой впадины с горными массивами Кузнецкого Алатау, Горной Шории и Салаира. Среднегодовая температура воздуха составляет +0,8°С. Коэффициент рельефа местности в городе равен 1,5. Среднегодовая скорость ветра составляет 2,8 м/с. Юго-западное направление ветров является преобладающим (26% в розе ветров), повторяемость штиля составляет 25%.

В перечень загрязняющих веществ, выбранных для оценки неканцерогенного риска, вошли диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, оксид углерода, мазутная зола, зола углей (с содержанием SiO<sub>2</sub> 20–70%), дижелезо триоксида, марганец и его соединения, неорганическая пыль, серная кислота, фтористые газообразные соединения, неорганические фториды, абразивная пыль, взвешенные вещества (пыль древесная, пыль каменноугольная), углерод (сажа), шестивалентный хром, оксид

<sup>1</sup> Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ; 2004.

никеля. Оценка канцерогенного риска проводилась от воздействия углерода (сажа), оксида никеля, шестивалентного хрома.

Количество выбросов неканцерогенных веществ составляет суммарно 12079,9 т/год (735,5 г/с). Основными загрязняющими веществами являются зола углей (с содержанием  $\text{SiO}_2$  20–70%) и диоксид азота, выбросы которых составляют 3265,4 т/год (197,04 г/с) и 2983,96 т/год (187,7 г/с) соответственно. Выбросы канцерогенных веществ составляют 0,024 т/год (0,011 г/с), основной вклад вносит углерод (сажа), выбросы которого составляют 0,02 т/год (0,009 г/с). Воздействие вредных веществ от АО «Кузнецкая ТЭЦ» осуществляется ингаляционным путем.

Индексы неканцерогенной опасности выбросов в сумме составляют 66057,83, наибольшим удельным весом обладают зола углей, диоксид азота, диоксид серы, оксид азота. Суммарный индекс опасности канцерогенных веществ равен 22,13, наибольший индекс опасности канцерогенных веществ имеет шестивалентный хром — 22.

Максимальные концентрации неканцерогенных веществ по ТВК варьируются от  $3,40 \times 10^{-6}$  до  $1,305 \text{ мг/м}^3$ , максимальные концентрации канцерогенных веществ — от  $3,40 \times 10^{-6}$  до  $5,54 \times 10^{-3} \text{ мг/м}^3$ . При расчете максимальных концентраций неканцерогенных и канцерогенных веществ по точкам воздействия, выраженных в кратностях превышения ПДК, выявлено, что наибольшее значение имеет зола углей (15,74 ПДК<sub>м.р.</sub>) в ТВК №4, наиболее близкой к предприятию.

Средние концентрации ряда загрязняющих веществ по ТВК, выраженные в кратностях превышения ПДК (ПДК<sub>с.с.</sub>), превышают гигиенические нормативы и варьируются от  $2,4 \times 10^{-6}$  ПДК<sub>с.с.</sub> у серной кислоты в микрорайоне проспекта Авиаторов (ТВК № 9) до 15,8 ПДК<sub>с.с.</sub> у золы углей в микрорайоне площади Ленина (ТВК №4).

Согласно расчетам, наибольшее раздражающее действие на органы дыхания и слизистые оболочки (риск немедленного действия) установлено в микрорайонах площади Ленина (ТВК №4) и Новобайдаевки (ТВК №3); риск составляет 0,999 и определяется влиянием золы углей.

Определено, что наибольший риск хронической интоксикации у жителей микрорайонов площади Ленина (ТВК №4), где его значение находится в пределах от  $5,66 \times 10^{-7}$  до 0,368 в зависимости от воздействующего загрязнителя; Новобайдаевки (ТВК № 3) — риск в пределах от  $5,46 \times 10^{-7}$  до 0,358; цирка (ТВК № 5) — от  $3,85 \times 10^{-7}$  до 0,268, а также в микрорайоне «Белые дома» (ТВК №2) — от  $3,29 \times 10^{-7}$  до 0,235. Наибольшим удельным весом в риске хронической интоксикации обладают зола углей, диоксид серы, диоксид азота, оксид азота. Наибольшие значения суммарного риска развития хронической интоксикации характеризуют микрорайон площади Ленина (ТВК №4) — 0,654; наименьший суммарный риск (0,199) выявлен в микрорайоне проспекта Авиаторов (ТВК №9), который расположен в наибольшем отдалении от АО «Кузнецкая ТЭЦ».

Коэффициенты опасности концентраций определены в пределах от  $2,04 \times 10^{-4}$  до 6,723. Наибольшему риску воздействия загрязняющих веществ подвержены жители микрорайонов площади Ленина (ТВК №4), где индекс опасности составляет 29,31 и Новобайдаевки (ТВК №3) — 28,5.

Канцерогенный риск наибольший у жителей микрорайонов площади Ленина, Новобайдаевки, цирка (ТВК

№№4, 3, 5) и связан с воздействием углерода (сажи), шестивалентного хрома и никеля. Наибольший удельный вес в канцерогенном риске для жителей микрорайона площади Ленина имеет шестивалентный хром — 99,05%; в Новобайдаевке вклад этого загрязнителя в значение канцерогенной ингаляционной опасности составляет 98,40%; в микрорайоне цирка — 98,48%. Наименьшее значение суммарного канцерогенного риска выявлено в микрорайоне проспекта Авиаторов (ТВК №9) —  $6,74 \times 10^{-5}$ ; наибольший суммарный риск — в микрорайоне площади Ленина (ТВК №4) —  $5,62 \times 10^{-4}$ .

Суммарные значения рисков немедленного действия, хронической интоксикации и канцерогенного риска, выраженные в кратностях превышения приемлемого риска, по большинству ТВК превышают 1.

**Обсуждение.** Неудовлетворительное состояние среды обитания является одним из ведущих факторов снижения продолжительности и качества жизни [12], о чем свидетельствуют результаты исследований, проведенных в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой [13–18].

Среди основных направлений практического использования методологии оценки риска от воздействия вредных веществ особое значение имеет ранжирование территорий по уровням загрязнения и опасности для здоровья населения [19], выявление районов, наиболее неблагоприятных для проживания, определение региональных особенностей формирования загрязнения окружающей среды. Кроме того, концепция оценки риска имеет большое значение при выделении приоритетных загрязняющих веществ, вносящих наибольший вклад в нарушение состояния здоровья жителей. Это также подтверждается результатами наших предыдущих исследований по оценке риска влияния на здоровье населения Новокузнецка загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу города от предприятий различных отраслей промышленности. Их сравнение с результатами настоящего исследования показало, что атмосферные выбросы угольной ТЭЦ оказывают большее воздействие на состояние здоровья городского населения. В работе выявлено, что суммарные значения всех типов рисков, обусловленные воздействием загрязняющих веществ предприятия теплоэнергетики, в несколько раз превышают уровни приемлемого риска.

Использование методологии оценки риска необходимо для обоснования управленческих мероприятий по повышению экологической безопасности, установления взаимосвязи между уровнями риска и выбросами предприятий для выбора вариантов экономически эффективной стратегии снижения риска; анализа эффективности затрат на атмосфероохранные проекты [20,21].

**Заключение.** На основании результатов проведенного исследования можно сделать вывод, что выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ АО «Кузнецкая ТЭЦ» оказывают значительное воздействие на нарушение состояния здоровья населения г. Новокузнецка. Наиболее неблагоприятны для проживания микрорайоны площади Ленина, Новобайдаевки, цирка. Основной вклад в формирование неканцерогенного риска нарушения здоровья населения города вносят азот оксид и азот диоксид, зола углей, сера диоксид. Шестивалентный хром является основным канцерогенным веществом. Руководству предприятия рекомендовано планирование комплекса атмосфероохранных мероприятий, направленных на сокращение объема выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн города и повышение эффективности очистных установок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (8): 701–7.
2. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования. *Анал. риска здоровью.* 2015; (2): 4–11.
3. Авалиани С.Л., Безпалько Л.Е., Бобкова Т.Е., Мишина А.А. Перспективные направления развития методологии анализа риска в России. *Гигиена и сан.* 2013; 92 (1): 33–5.
4. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Мишина А.А. Проблемы совершенствования системы управления качеством окружающей среды на основе анализа риска здоровью населения. *Гигиена и сан.* 2014; 93 (6): 5–8.
5. Новиков С.М., Фокин М.В., Унгурияну Т.Н. Актуальные вопросы методологии и развития доказательной оценки риска здоровью населения при воздействии химических веществ. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (8): 711–6.
6. Baldauf R.W., Lane D.D., Marotz G.A., Barkman H.W., Pierce T. Application of a risk assessment-based approach to designing ambient air quality monitoring networks for evaluating non-cancer health impacts. *Environ. Monit. Assess.* 2002; 78 (3): 213–27.
7. Keller D.A., Juberg D.R., Catlin N., Farland W.H., Hess F.G., Wolf D.C. et al. Identification and Characterization of Adverse Effects in 21st Century Toxicology. *Toxicol. Sci.* 2012; 126 (2): 291–7.
8. Сучков В.В., Семаева Е.А. Оценка риска здоровью населения Самары и Новокуйбышевска от загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и сан.* 2017; 96 (8): 729–33.
9. Рябов В.А., Мамасев П.С., Егорова Н.Т. Антропогенная нагрузка на природную среду как фактор, формирующий качество жизни населения индустриального Кузбасса. *Экол. урбанизир. территорий.* 2018; (2): 84–90.
10. Щербо А.П., Киселев А.В., Негриенко К.В., Мироненко О.В., Филатов В.Н. *Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска.* СПб.: СПбМАПО; 2002.
11. Щербо А.П., Киселев А.В. *Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье.* СПб.: СПбМАПО; 2005.
12. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Сбоев А.С. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (1): 17–22.
13. Иваненко А.В., Судакова Е.В., Скворцов С.А., Бестужева Е.В. Оценка риска здоровью населения от воздействия атмосферных загрязнений на отдельных территориях города Москвы. *Гигиена и сан.* 2017; 96 (3): 206–11.
14. Гасилин В.В., Бочаров Е.П., Вахитов К.Х., Попов Г.О., Айзатуллин А.А. Санитарно-гигиеническая оценка атмосферного воздуха и оценка канцерогенного риска для здоровья населения в крупном промышленном городе. *Здоровье населения и среда обитания.* 2013; (4): 42–4.
15. Май И.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю. Использование методологии оценки риска при разработке генерального плана городского поселения. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (1): 22–8.
16. Катульский Ю.Н. Об унификации показателей возможности заболевания в методологии оценки риска и определение вероятности неканцерогенных эффектов в токсиколого-гигиенических, клинико-эпидемиологических исследованиях и по данным об обращаемости за медицинской помощью. *Гигиена и сан.* 2016; 95 (10): 998–1002.
17. Сучков В.В., Семаева Е.А. Взаимосвязь величин предельно допустимых концентраций и уровня риска здоровью для аэрополлютантов. *Гигиена и сан.* 2017; 96 (5): 442–5.

18. Ганюков С.П., Алиекберова Е.М. Обоснование нового подхода к оценке риска здоровью населения, обусловленного воздействием техногенных выбросов и продуктами их трансформации. *Экол. урбанизир. территорий.* 2012; (4): 62–9.
19. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Воробьева Л.М., Горьев Д.В. и др. Сравнительная оценка канцерогенных рисков здоровью населения при многосредовом воздействии химических веществ. *Гигиена и сан.* 2015; 94 (2): 88–92.
20. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.А., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и сан.* 2017; 96 (12): 1125–9.
21. Артюхов И.П., Сульдин С.А., Протасова Н.П. Методические подходы к оценке факторов риска здоровья населения. *Сиб. мед. обозрение.* 2012; 6 (78): 80–5.

## REFERENCES

1. Rakhmanin Yu.A. Actualization of methodological problems of regulation of chemical pollution on the environment. *Gigiena i sanitariya.* 2016; 95 (8): 701–7 (in Russian).
2. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Analiz riska zdorov'yu.* 2015; (2): 4–11 (in Russian).
3. Avaliani S.L., Bezpalko L.E., Bobkova I.E., Mishina A.L. The perspective directions of development of methodology of the analysis of risk in Russia. *Gigiena i sanitariya.* 2013; 92 (1): 33–5 (in Russian).
4. Avaliani S.L., Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A., Mishina A.L. The urgent problems of the improvement of the environment management system based on the analysis of health risk assessment. *Gigiena i sanitariya.* 2014; 93 (6): 5–8 (in Russian).
5. Novikov S.M., Fokin M.V., Unguryanu T.N. Actual problem of methodology and development of evidence-based health risk assessment associated with chemical exposure. *Gigiena i sanitariya.* 2016; 95 (8): 711–6 (in Russian).
6. Baldauf R.W., Lane D.D., Marotz G.A., Barkman H.W., Pierce T. Application of a risk assessment-based approach to designing ambient air quality monitoring networks for evaluating non-cancer health impacts. *Environ. Monit. Assess.* 2002; 78 (3): 213–27.
7. Keller D.A., Juberg D.R., Catlin N., Farland W.H., Hess F.G., Wolf D.C. et al. Identification and Characterization of Adverse Effects in 21st Century Toxicology. *Toxicol. Sci.* 2012; 126 (2): 291–7.
8. Suchkov V.V., Semaeva E.A. Air pollution risk to health of the population of the cities Samara and Novokuibyshevsk. *Gigiena i sanitariya.* 2017; 96 (8): 729–33 (in Russian).
9. Ryabov V.A., Mamasyov P.S., Egorova N.T. Anthropogenic load on the environment as a factor forming the quality of life of the population of the industrial Kuzbass. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy.* 2018; (2): 84–90 (in Russian).
10. Shcherbo A.P., Kiselev A.V., Negrienko K.V., Mironenko O.V., Filatov V.N. *Environment and health: approaches to risk assessment.* St. Petersburg: SPbMAPO; 2002 (in Russian).
11. Shcherbo A.P., Kiselev A.V. *Assessment of the risk from the effects of environmental factors on health.* St. Petersburg: SPbMAPO; 2005 (in Russian).
12. Zaytseva N.V., Ustinova O.Y., Sboev A.S. Medical and preventive technologies for risk management of health problems associated with exposure to environmental factors. *Gigiena i sanitariya.* 2016; 95 (1): 17–22 (in Russian).
13. Ivanenko A.V., Sudakova E.V., Skvortsov S.A., Bestuzheva E.V. Assessment of risks to the health of the population from air

borne contaminants in certain areas of Moscow. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (3): 206–11 (in Russian).

14. Gasilin V.V., Bocharov E.P., Vakhitov K.Kh., Popov G.O., Ayzatullin A.A. Sanitary and hygienic assessment of the ambient air and assessment of the carcinogenic risks to public health in a major industrial city. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2013; (4): 42–4 (in Russian).

15. May I.V., Kleyn S.V., Vekovshinina S.A., Balashov S.Yu. The use of the methodology of risk assessment in the elaboration of the general layout of an urban settlement. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (1): 22–8 (in Russian).

16. Katulskiy Yu.N. About unification of indices of the possibility of disease occurrence in risk assessment methodology and the determination of the probability of non-carcinogenic effects in toxicological-hygienic, clinical and epidemiological studies and according to data about health-seeking behavior. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95 (10): 998–1002 (in Russian).

17. Suchkov V.V., Semaeva E.A. Relationship between maximum permissible concentrations and level of health risk for air pollutants. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (5): 442–5 (in Russian).

18. Ganyukov S.P., Aliyaekbekova E.M. Substantiation of a new approach Ecological Risks to the assessment of health risks caused by the influence of industrial and Economic Damages emissions and products of their transformation. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2012; (4): 62–9 (in Russian).

19. Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsyn V.A., Vorobiova L.M., Goryaev D.V. et al. Comparative assessment of the multimedia cancer health risks caused by contamination of the Krasnoyarsk Krai regions' environment. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94 (2): 88–92 (in Russian).

20. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (12): 1125–9 (in Russian).

21. Artyukhov I.P., Sul'din S.A., Protasova N.P. Methodical approaches to the assessment of risk factors for public health. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie*. 2012; 6 (78): 80–5 (in Russian).

Дата поступления / Received: 01.04.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 31.05.2019

Дата публикации / Published: 14.06.2019