

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.06:613.1/9

DOI: 10.15372/GIPR20210105

Е.С. АНДРЕЕВА, П.В. КЛИМОВ, К.С. ШТЕНСКЕ

Донской государственный технический университет, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия, espmeteo@yandex.ru, pvk05@inbox.ru, miss.shtenske@yandex.ru

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ РОСТОВА-НА-ДОНУ

Выполнена оценка неканцерогенного риска здоровью населения г. Ростова-на-Дону по материалам наблюдений на стационарных постах Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации, в частности, по данным Ростовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2015–2017 гг. Анализ полученной информации показал, что наибольший вклад в риск нарушения здоровья населения города в настоящее время вносят взвешенные вещества, диоксид азота, оксид углерода, формальдегид. В роли основного источника загрязнения атмосферы города выступает автотранспорт. Для осуществления оценки неканцерогенного риска в пределах городской черты выделено три самостоятельных района по специфике деятельности населения и, как следствие, возникающему воздействию на его здоровье: первый, расположенный в центральной части города; второй — в промышленной; и третий — в жилой зоне. По результатам оценки риска хронической интоксикации выявлено, что в первом и втором районах наибольшую опасность представляют взвешенные вещества. В третьем наиболее опасное вещество — это формальдегид. Суммарный риск немедленного действия в первом и втором районах определен как максимальный риск, связанный с воздействием на население взвешенных веществ, а в третьем — с воздействием оксида углерода. Обобщение полученных результатов произведенной оценки неканцерогенного риска позволяет сделать вывод о том, что в центральной части Ростова-на-Дону уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2015–2017 гг. достигал опасных для здоровья населения значений.

Ключевые слова: источники загрязнения атмосферы, загрязняющие вещества, хроническая интоксикация, взвешенные вещества, стационарные посты наблюдения за состоянием атмосферного воздуха, районирование городской черты по специфике деятельности населения и воздействию на его здоровье.

E.S. ANDREEVA, P.V. KLIMOV, K.S. SHTENSKE

Don State Technical University, 344000, Rostov-on-Don, pl. Gagarina, 1, Russia, espmeteo@yandex.ru, pvk05@inbox.ru, miss.shtenske@yandex.ru

ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AS ONE OF THE FACTORS OF THE NON-CARCINOGENIC RISK TO HUMAN HEALTH IN ROSTOV-ON-DON

An assessment is made of the non-carcinogenic risk to human health in Rostov-on-Don from observations at fixed stations of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of the Russian Federation, in particular, data of the Rostov Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring for the period 2015–2017. Analysis of information available showed that the largest contribution to the risk of health disorders of the population of the city is made by suspended matter, nitrogen dioxide, carbon monoxide, and formaldehyde. Motor transport is the main source of air pollution in the city. To assess the non-carcinogenic risk within the city limits, three separate district-specific activities of the population and, as a consequence, the emerging impact on human health were identified: one is located in the central part of the city; the other is industrial, and the third is in the residential zone. Based on the results of the risk assessment of chronic intoxication, it was found that in the first and second districts, suspended substances are the most dangerous. In the third, the most dangerous substance is formaldehyde. The total risk of immediate action in the first and second areas is defined as the maximum risk associated with exposure of the population to suspended substances, and in the third area — with exposure to carbon monoxide. Summarizing the results

of the non-carcinogenic risk assessment, we can conclude that in the central part of Rostov-on-Don, the level of air pollution in 2015–2017 reached dangerous values for human health.

Keywords: *sources of atmospheric pollution, pollutants, chronic intoxication, suspended substances, stationary monitoring posts for the state of atmospheric air, zoning of the city line according to the specifics of the population's activities and the impact on its health.*

ВВЕДЕНИЕ

В условиях крупного города-миллионника его жители постоянно подвергаются воздействию множества вредных факторов [1]. Одним из факторов окружающей среды, оказывающих крайне неблагоприятное влияние на состояние здоровья населения Российской Федерации, является загрязнение атмосферного воздуха [2]. В крупных городах эффекты взаимодействия населения с загрязненным воздухом атмосферы наиболее выражены.

Так, в городах-миллионниках, отличающихся существенным загрязнением воздушного бассейна [3, 4], практически повсеместно формируются региональные особенности загрязнения различных объектов окружающей среды химическими веществами антропогенного происхождения, вносящими все более выраженный вклад в формирование экологообусловленных и экологозависимых заболеваний, что в свое время определило необходимость развития такого научного направления, как «экология человека» [5]. В частности, многотонные выбросы от автотранспорта и промышленных предприятий, высокие концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе г. Ростова-на-Дону ведут к возрастанию рисков нарушения здоровья населения.

Необходимость и актуальность анализа и оценки риска здоровью населения от воздействия различных факторов окружающей среды к настоящему моменту времени подтверждена в ходе предшествующих исследований [6].

Цель настоящего исследования состоит в оценке неканцерогенного риска здоровью населения г. Ростова-на-Дону, один из существенных факторов которого представляет собой загрязнение атмосферного воздуха.

Для достижения цели решались следующие задачи: анализ спектра выбросов основных загрязняющих веществ и их динамики; изучение тенденции изменения концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе города; оценка неканцерогенного риска здоровью населения для разных по характеру антропогенной нагрузки районов города.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу настоящей статьи положены данные о выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников и автотранспорта за период с 2005 по 2017 г. в целом по г. Ростову-на-Дону [7].

Для осуществления цели исследования — оценки и характеристики неканцерогенного риска в разных частях города с рассмотрением при этом загрязнения атмосферного воздуха как одного из факторов риска — были проанализированы материалы наблюдений на стационарных постах Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ, в частности, Ростовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС-Р, г. Ростов-на-Дону). При этом оценивались среднегодовые концентрации загрязняющих веществ и максимальные из полученных в течение каждого года наблюдения разовых концентраций вредных примесей (максимально разовые) [8]. Выбор максимальных из разовых концентраций обуславливался необходимостью избежать возможного эффекта осреднения (выравнивания) исходных данных для последующей оценки неканцерогенного риска для получения адекватных итогов исследования. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха проводилась с помощью комплексного показателя Р [9].

Использовались два варианта оценки неканцерогенного риска. В качестве основного применялась пороговая модель с величинами референтных (безопасных) концентраций, которые представляют собой индивидуальную характеристику каждого вещества. Процедура оценки неканцерогенного риска в данном случае заключается в сопоставлении величин воздействующей и референтной концентрации [10]. В качестве дополнительного варианта оценивались риски рефлекторных эффектов и хронического воздействия [11].

Для прогнозирования риска возникновения рефлекторных эффектов при загрязнении атмосферного воздуха использовались следующие формулы для различных классов опасности веществ [12]:

$$1 \text{ класс: } Pr_{ob} = -9,15 + 11,66 \times \lg (C/ПДК_{м.р});$$

$$2 \text{ класс: } Pr_{ob} = -5,51 + 7,49 \times \lg (C/ПДК_{м.р});$$

$$3 \text{ класс: } Pr\ ob = -2,35 + 3,73 \times \lg (C/PДК_{м,р});$$

$$4 \text{ класс: } Pr\ ob = -1,41 + 2,33 \times \lg (C/PДК_{м,р}),$$

где $Pr\ ob$ — вероятность неблагоприятного эффекта (риска) в «пробитах», т. е. в виде нормально-вероятностной шкалы; C — концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе; $PДК_{м,р}$ — максимально разовая предельно допустимая концентрация.

Для оценки неспецифических хронических эффектов при загрязнении атмосферного воздуха использовалось уравнение риска [12]:

$$Risk = 1 - \exp(\ln(0,84)) \times (C/PДК_{с,с})^b / Kз,$$

где $Risk$ — риск возникновения неблагоприятного эффекта, определяемый как вероятность возникновения этого эффекта при заданных условиях; C — среднее значение концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе, мг/м³; $PДК_{с,с}$ — среднесуточная ПДК; b — коэффициент, позволяющий оценивать изоэффективные эффекты примесей различных классов опасности; $Kз$ — коэффициент запаса при нормировании примесей атмосферного воздуха.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ спектра выбросов основных загрязняющих веществ и их динамики. Ростов-на-Дону — крупный индустриальный и административно-территориальный центр, транспортный узел. Географическое положение города на юге Российской Федерации обеспечивает не только достаточно высокую температурную нагрузку и недостаточное количество осадков, но и весьма частую повторяемость антициклонального типа погоды, что создает сложные условия для рассеивания антропогенных примесей, снижая проявление самоочищающего эффекта атмосферы за счет повышения числа дней со штилем и туманами [12, 13]. Кроме природных предпосылок затруднения диффузии загрязняющих атмосферу веществ в пределах города, особенно крупного, которым является г. Ростов-на-Дону, необходимо учитывать городскую застройку, весьма хаотическую и стихийную в последнее время, из-за чего формируются аэродинамические «трубы», а также аэродинамическая «тень», способствующая аккумуляции содержащихся в приземном слое воздуха примесей [14, 15].

В частности, среднегодовой уровень валовых антропогенных выбросов составил на 2005–2015 гг. в пределах города 129,2 тыс. т. В отношении оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ и диоксида серы указанный выше уровень достигал 91,8; 18,6; 1,3 и 1,2 тыс. т соответственно. При этом суммарный вклад в валовые антропогенные выбросы за анализируемый период оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ и диоксида серы возрос до 87,3 %.

Как было отмечено ранее [15], ведущий источник загрязнения атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону — это автотранспорт. Так, за период 2005–2015 гг. его вклад в суммарные антропогенные выбросы достиг 91,9 %. При этом существенную долю диоксида азота (86,7 %) и диоксида серы (68,7 %) в атмосферный воздух привносит автотранспорт.

Однако в последнее время поступление вредных веществ в атмосферный воздух постепенно снижается. Так, ежегодное количество суммарных антропогенных выбросов сокращается при среднем темпе убыли на 6,4 %, оксида углерода — на 6,3 %, диоксида азота — на 9,7 %, диоксида серы — на 5,9 %, взвешенных веществ — на 7,3 %. Тенденция сокращения выбросов, оцененная с помощью коэффициента Спирмена, характеризуется как устойчивая ($P > 0,05$).

Для динамики суммарных антропогенных выбросов, выбросов взвешенных веществ и оксида углерода характерна умеренная вариация (колеблемость), ее коэффициенты при этом составили 17,6; 17,2; 21,3 % соответственно. В динамике выбросов диоксида серы и диоксида азота присутствует высокая вариация, значения ее коэффициентов равны 31,3 и 29,4 % соответственно.

Для колеблемости выбросов диоксида серы и диоксида азота характерно, по всей видимости, преобладание долговременных циклов, коэффициенты автокорреляции отклонений от тренда равны 0,56 и 0,54 соответственно. Исчисленные значения коэффициентов автокорреляции отклонений от тренда суммарных антропогенных выбросов, взвешенных веществ и оксида углерода равны $-0,36$; $-0,31$; $-0,33$, что показывает наличие как маятниковых, так и случайно распределенных во времени колебаний.

Тенденции изменения концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе города. Средние из среднегодовых концентраций загрязняющих атмосферу веществ в целом исследовались по городу за период 2007–2017 гг. При этом среднее содержание взвешенных веществ соста-

вило 1,3 среднесуточной ПДК, диоксида азота и сажи — 1,2 среднесуточной ПДК, а формальдегида — 1 среднесуточную ПДК.

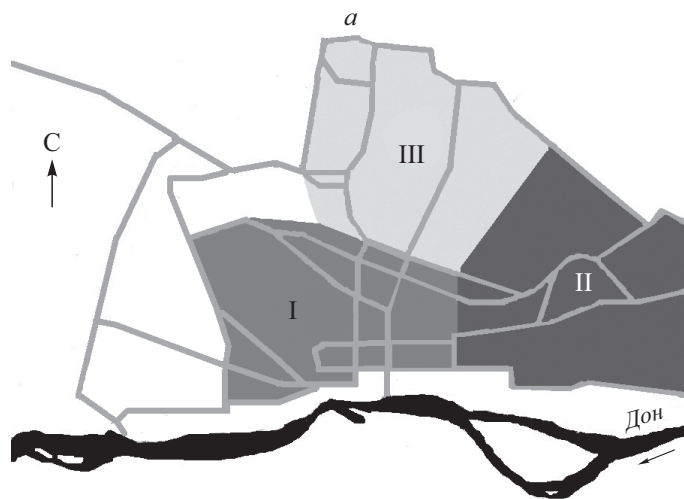
Выявлена устойчивая динамика снижения концентраций диоксида азота и оксида азота, средний темп убыли равен $-0,6$ и $-7,4$ % соответственно. Коэффициент Спирмена для указанных случаев в отношении диоксида азота равен $-0,73$ ($P > 0,05$), для оксида азота $-0,67$ ($P > 0,05$). Устойчивую тенденцию к росту имеют содержания фтористого водорода и сажи, средний темп прироста которых составил $16,23$ и $5,91$ % соответственно. При этом коэффициент Спирмена для фтористого водорода составил $0,9$ ($P > 0,01$), а для сажи — $0,64$ ($P > 0,05$). В отношении концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, формальдегида, фенола и аммиака устойчивые тенденции динамики не выявлены. Для концентраций фенола и оксида азота установлена высокая колеблемость, коэффициенты колеблемости для фенола и сажи равны $60,16$ и $37,57$ % соответственно. Для взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, формальдегида, аммиака, фтористого водорода, сажи характерна умеренная колеблемость концентраций. Для концентраций сажи нельзя исключать наличие как случайно распределенных во времени колебаний, так и долгопериодических. Коэффициент автокорреляции отклонений от тренда для сажи равен $0,42$, а для взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, формальдегида, фенола, аммиака, фтористого водорода его значения показывают преобладание случайно распределенной во времени колеблемости.

Оценка неканцерогенного риска здоровью населения для отдельных районов города. Необходимость и актуальность оценки риска здоровью населения крупных городов обсуждалась уже в конце XX в. [1, 6, 11]. В это время появились различные подходы и методы оценки риска как с точки зрения экологических, так и с позиции медицинских наук. Данное исследование опирается на принципы экологических представлений об оценке риска здоровью, когда негативное воздействие на него возникает при превышении уровня ПДК. При этом в работе акцент делается на неканцерогенные загрязняющие воздух города вещества, так как вопрос об обусловленности онкологических заболеваний уровнем загрязнения атмосферного воздуха до настоящего времени является дискуссионным.

Для оценки неканцерогенного риска как острого (моментального), так и хронического действия (при учете временного фактора) использовались данные, предоставленные Ростовским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС-Р, г. Ростов-на-Дону) [16], а также известные математические модели, описанные в ряде исследовательских работ [1, 6, 11].

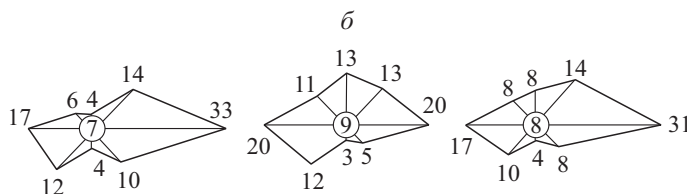
Для анализа полученных результатов территорию г. Ростова-на-Дону из-за ее географической неоднородности целесообразно было разделить на ряд показательных территорий — районов.

Так, авторами данного исследования были выбраны три разноплановых района: часть городского центра, расположенная на пересечении автомобильных дорог (район I); территория, подверженная воздействию промышленной площадки, с предприятиями машиностроения, металлообработки и других отраслей (район II); а также селитебная зона в северном жилом массиве города (район III). Каждому району соответствует стационарный пост Ростовского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (см. рисунок).



Карта-схема расположения выбранных для оценки загрязнения атмосферного воздуха районов г. Ростова-на-Дону.

I, II, III — расположение исследуемых районов. Серой линией обозначены основные транспортные магистрали.



Как показали расчеты, средняя из среднегодовых за период 2015–2017 гг. концентрация взвешенных веществ в районе I превышает среднесуточную ПДК в 3,1 раза, диоксида азота — в 1,7, формальдегида — в 1,2 раза. Среднее из максимально разовых за период 2015–2017 гг. содержание взвешенных веществ превышает максимально разовую ПДК в 6,5 раза, фенола — в 2,1, оксида углерода — в 1,8, диоксида азота и формальдегида — в 1,5 раза.

Средняя из среднегодовых за анализируемый период концентрация взвешенных веществ в районе II превышает соответствующую ПДК в 1,7 раза, диоксида азота — в 1,04 раза. Среднее из максимально разовых содержание взвешенных веществ превышает гигиенический норматив в 6,5 раза, фенола — в 2,1, оксида углерода — в 1,8, диоксида азота и формальдегида — в 1,5 раза.

В районе III средняя за анализируемый период концентрация формальдегида составила 1,7 среднесуточной ПДК, средние из максимально разовых содержания взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, фенола, формальдегида составили 1,3; 1,4; 1,2; 2,9; 2,1 кратностей максимально разовой ПДК соответственно.

Параметр Р [9], исчисленный по среднегодовым концентрациям в районе I, составил 4,1, что соответствует опасному загрязнению атмосферного воздуха, в точках II и III значения показателя Р составили 2,3 и 2,5 соответственно, загрязнение атмосферного воздуха характеризуется как вызывающее опасение. Установленные по максимально разовым содержаниям значения показателя Р находятся в пределах вызывающего опасение загрязнения атмосферного воздуха и составляют 25,4; 20,0; 14,8 соответственно в районах I, II и III.

Наибольшие значения неканцерогенного риска как острого, так и хронического действия были получены по району I. Из всех органов и систем организма в первую очередь негативному воздействию загрязняющих веществ подвержены органы дыхания [17]. Суммарный индекс хронического неканцерогенного воздействия для органов дыхания в районе I составил 14,3, в районе II — 8,4, в районе III — 9,8. Суммарный индекс острого неканцерогенного воздействия для органов дыхания в районе I достиг значения 13,7, в районе II — 10,4, в районе III — 5,4.

Наиболее опасными веществами, представляющими угрозу здоровью населения, по результатам оценки риска хронической интоксикации в районах I и II, являются взвешенные вещества, доля которых в суммарном риске составляет 35,5 и 34,1 % соответственно. Вклад диоксида азота находится на втором месте в районах I и II и достигает значений 19,6 и 21,4 % соответственно. В районе III наиболее опасен формальдегид, вклад которого в суммарный риск 29,8 %, на втором месте находится оксид углерода — 21,1 %.

Потенциальный риск немедленного действия при комбинированном воздействии чаще всего определяется максимальным риском отдельной примеси среди всех воздействующих вредных веществ [12]. Суммарный риск немедленного действия в районах I и II определен как максимальный риск, связанный с воздействием на население взвешенных веществ, а в районе III — с воздействием оксида углерода. Для оценки суммарного риска хронической интоксикации применялся метод, основанный на умножении вероятностей [12].

Значения риска немедленного действия показывают долю населения в районе, которая в момент достижения максимальных концентраций могла бы испытать неблагоприятные рефлекторные реакции [12]. Согласно полученным результатам, при достижении максимальных уровней загрязнения атмосферного воздуха от 160 до 758 чел. из 1000 проживающих на территории исследуемых районов г. Ростова-на-Дону могут испытать неблагоприятные рефлекторные реакции, что особенно актуально для выделенного района I. Согласно рассчитанным индивидуальным значениям риска хронического действия, при постоянном воздействии загрязненного атмосферного воздуха у 170–280 чел. из 1000, постоянно проживающих на территории рассмотренных районов г. Ростова-на-Дону, в частности в пределах района I, на протяжении жизни (70 лет) могут проявиться симптомы хронической интоксикации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Массированные выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта и промышленных предприятий в сочетании с особенностями метеорологических условий, плотностью городской застройки, малым количеством зеленых насаждений ведут к опасному для здоровья населения загрязнению центральной части г. Ростова-на-Дону. В других районах города также наблюдается превышение концентраций загрязняющих веществ согласно соответствующим гигиеническим нормативам.

Решению указанных проблем в какой-то мере способствует актуальная экологизация городской среды, включающая такие практические мероприятия, как автотранспортная разгрузка центральной части города, строительство объездных дорог; размещение промышленных объектов с учетом розы ветров; увеличение площади фитонасаждений и парковых зон в пределах городской черты.

Однако в научно-методологическом отношении, как показывают зарубежные и отечественные исследования, также в настоящее время отмечены гораздо более серьезные проблемы в сравнении с обозначенными выше, которые касаются непосредственно моделей риска для пороговых и непороговых веществ.

В частности, изложенные в данной работе простые модели, основывающиеся на пороговой зависимости, не учитывают многие физико-химические особенности веществ, способы поступления в организм человека (ингаляционный, пероральный, кожный), половозрастные особенности организма, погодно-климатический режим территории. Очевидно, что с их помощью в настоящее время невозможно оценить воздействие всех потенциально вредных веществ, т. е. всесторонняя оценка риска воздействия на здоровье человека токсикантов хотя и желательна, но реально неосуществима из-за большого объема исследования и требуемых материальных ресурсов, а также из-за отсутствия адекватных данных об уровнях воздействия и потенциальной опасности ряда химических соединений.

В заключение стоит отметить, что совершенствование моделей оценки риска здоровью для пороговых и непороговых веществ не утратит своей актуальности в дальнейшем и потребует не только разработки специальных методик оценки риска здоровью, но и общей, универсальной методики, учитывающей опыт прошлых лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянова Н.И., Попова Е.С. Проблемы оценки риска здоровью населения мегаполисов (на примере отдельных районов г. Санкт-Петербурга) // Экологическая химия. — 2011. — Т. 20, № 2. — С. 114–120.
2. Лазарева Е.О., Попова Е.С. Особенности пространственно-временной динамики антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за период времени с 1980 по 2012 г. (на примере оксида углерода, диоксида азота, взвешенных веществ) // Уч. зап. Рос. гидрометеорол. ун-та. — 2014. — № 37. — С. 204–215.
3. Лазарева Е.О., Попова Е.С., Липовицкая И.Н. Влияние температурных инверсий на концентрацию примесей в приземном слое воздуха над Санкт-Петербургом в 2006–2014 гг. // Уч. зап. Рос. гидрометеорол. ун-та. — 2015. — № 41. — С. 149–155.
4. Попова Е.С., Липовицкая И.Н., Лазарева Е.О. Анализ временной изменчивости основных антропогенных примесей атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга за период с 1980 по 2012 г. Экологические проблемы постсоветского пространства // Междунар. сб. науч. статей. — 2014. — Вып. 1. — С. 76–85.
5. Рахманин А.Ю. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения окружающей среды // Гигиена и санитария. — 2016. — № 8. — С. 1–7.
6. Andreeva E.S., Klimov P.V., Lipovitskaya I.N., Andreev S.S., Denisov O.V. Approaches to the assessment of non-carcinogenic risk to public on the city of Rostov-on-Don // International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM. — 2019. — Vol. 19, N 5–2. — P. 115–122.
7. Ежегодники состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за период с 2006 по 2016 годы [Электронный ресурс]. — http://voeikovmgo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=40:percehen-materialov-izdannyykh-ggo&catid=41&Itemid=24&lang=ru (дата обращения 17.09.2018).
8. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения // Сб. ГОСТов. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004. — 93 с.
9. Пинигин М.А., Дёрре В.Х., Григорьевская З.П. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха // Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. — М.: Изд. отдел Управления делами секретариата СЭВ, 1981. — С. 30–35.
10. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Роспотребнадзор, 2004. — 143 с.
11. Щербо А.П., Киселёв А.В. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье. — СПб.: Изд-во Мед. академии последипл. образования, 2005. — 92 с.
12. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска / Под ред. А.П. Щербо. — СПб.: Изд-во Мед. академии последипл. образования, 2002. — 376 с.
13. Andreyev S.S., Popova E.S. Ecologic-geographical estimation of climatic comfortness of Rostov-on-Don // European Journ. of Natural History. — 2013. — N 5. — P. 32–34.
14. Андреев С.С., Попова Е.С. Колебания среднегодовой температуры воздуха по данным г. Махачкала. Уйташ в 1882–2015 гг. // Успехи современного естествознания. — 2017. — № 5. — С. 72–77.

15. Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н., Андреева Е.С. Инновационные подходы к прогнозированию уровня загрязнения атмосферного воздуха крупных городов // Инноватика и экспертиза: научные труды. — 2017. — № 2 (20). — С. 46–50.
16. Ежегодники состояния загрязнения атмосферы в городах на территории Ростовской области за прошедший период [Электронный ресурс]. — <http://www.yugmeteo.donras.ru/ufo-forecast/ufopollution/> (дата обращения 17.09.2018).
17. Андреева Е.С., Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н. Прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург при различных синоптических ситуациях. — СПб.: Изд-во «ВВМ», 2017. — 86 с.

Поступила в редакцию 01.11.2018

После доработки 25.04.2019

Принята к публикации 25.09.2020