

## РАНЖИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ПО КОМПЛЕКСНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Н. Ю. Самодурова, Н. П. Мамчик

Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, Россия

Поступила в редакцию 11 сентября 2016 г.

**Аннотация:** Целью исследования являлась оценка уровня загрязнения и ранжирование территорий Воронежской области по комплексным характеристикам техногенной нагрузки на атмосферный воздух. Проанализированы средние и максимальные концентрации по 7-ми приоритетным загрязнителям (пыль, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, свинец, фенол, формальдегид) за период 1998-2015 годы. Рассчитан комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха ( $K_{атм.}$ ). Выполнено ранжирование 32 административных территорий Воронежской области по уровню загрязнения воздушной среды.

Ранжирование территорий по уровню загрязнения атмосферного воздуха позволило отнести 6 из 32 районов области (Верхнемамонский, Грибановский, Павловский, Панинский, Рамонский и Эртильский) с  $K_{атм.}$  в пределах 1,51-1,65 единиц, к 5-му рангу загрязнения атмосферного воздуха, расцениваемому как «высокий уровень».

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, загрязнение, Воронежская область.

**Abstract:** The purpose of the study was to assess the level of pollution and the ranking of the territories of the Voronezh region using the complex characteristics of environmental footprint on atmospheric air. The average and maximum concentrations for 7 priority pollutants (dust, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, lead, phenol, formaldehyde) over the 1998-2015 were analyzed. A complex index of atmospheric air pollution is calculated ( $K_{atm.}$ ). The ranking of 32 administrative territories of the Voronezh region by the level of air pollution was performed.

Ranking of territories by the level of atmospheric air pollution allowed to assign 6 out of 32 districts (Verkhne-Mamonsky, Gribanovsky, Pavlovsky, Paninsky, Ramonsky and Ertilsky) with  $K_{atm.}$  in the range of 1,51-1,65 units, to the 5th rank of atmospheric air pollution, regarded as «high level».

**Key words:** atmospheric air, pollution, Voronezh region.

Загрязнение атмосферного воздуха рассматривается в настоящее время как угроза безопасности жизнедеятельности населения [1]. Качество воздушного бассейна зависит от естественной рассеивающей способности атмосферы, типа застройки, а также интенсивности загрязнения воздуха выбросами от стационарных и передвижных (прежде всего, автотранспорта) источников [2]. Следует также отметить, что результаты интегральной эколого-гигиенической оценки состояния окружающей среды населенных мест показывают, что загрязнение атмосферного воздуха относится к наиболее значимым факторам среды обитания, оказывающим влияние на здоровье человека [3, 4, 5, 6].

Мониторинг уровня загрязнения атмосферного воздуха на административных территориях

Воронежской области ведется ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». В муниципальных районах и городских округах Воронежской области на протяжении 17 лет (1998-2015 годы) систематически контролируются концентрации 7-ми приоритетных загрязняющих веществ (взвешенные вещества, диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, свинец, фенол, формальдегид). За указанный срок была сформирована и проанализирована база данных средних и максимальных концентраций заявленных загрязнителей.

Основным нормативным документом, определяющим требования к качеству атмосферного воздуха, является «Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Из числа комплексных показателей, характеризующих уровень загрязнения атмосферного воздуха, нами выбран показатель загрязнения атмосферы ( $K_{атм.}$ ), рассчитываемый по формуле К.А. Буштуевой (1):

$$K_{атм.} = \frac{C_1}{N_1 \cdot ПДК_1} + \frac{C_2}{N_2 \cdot ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{N_n \cdot ПДК_n} \quad (1)$$

где  $C_{1,2,\dots,n}$  – средние концентрации отдельных компонентов загрязнения, присутствующих в атмосферном воздухе ( $n$  – число веществ);  $ПДК_{1,2,\dots,n}$  – максимально разовые ПДК компонентов загрязнения атмосферного воздуха;  $N$  – коэффициент, величина которого зависит от класса опасности вещества и равна для I класса – 1, для II класса – 1,5, для III класса – 2, для IV класса – 4.

В расчет  $K_{атм.}$  включены приоритетные для Воронежской области загрязнители: пыль, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, свинец, фенол, формальдегид.

Поскольку показатель загрязнения атмосферы ( $K_{атм.}$ ) является ненормируемой величиной, для ранжирования территорий использована авторская компьютерная программа, в которую заложен алгоритм определения границ значений показателя, исходя из его среднетерриториальной величины ( $M$ ) среднего квадратического отклонения ( $s$ ): высокий уровень загрязнения ( $M+s$  и выше), выше среднего (от  $M+0,5s$  до  $M+s$ ), средний (от  $M-0,5s$  до  $M+0,5s$ ), ниже среднего (от  $M-s$  до  $M-0,5s$ ), низкий уровень загрязнения (от  $M-s$  и ниже).

Анализ данных показал стойкую тенденцию к снижению количества исследуемых проб атмосферного воздуха населенных мест, в 1998 году – 33075 проб, в 2015 году – 16362 проб, из них 14724 (89,9 %) – в городских поселениях и 1638 (10,1 %) – в сельских. По данным Управления Роспотребнадзора по Воронежской области в динамике за период 2006-2015 годы доля проб атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническим нормативам, в городских и сельских поселениях снизилась с 0,9 % до 0,6 % и с 0,5 % до 0,4 % соответственно.

Неблагополучная ситуация по загрязнению воздуха взвешенными веществами отмечается в Борисоглебском и Каменском районах (средние значения концентрации пыли за многолетний период составляют 0,31 мг/м<sup>3</sup>). Относительно низкий уровень загрязнения пылью отмечается в Верхнехавском, Рамонском районах и городском ок-

руге город Воронеж (средние значения концентрации пыли составляют 0,10-0,13 мг/м<sup>3</sup>). Среднеобластной уровень – 0,22 мг/м<sup>3</sup>.

Содержание диоксида азота в атмосферном воздухе селитебных территорий наиболее высоко в Павловском районе (среднее значение концентрации за многолетний период равно 0,11 мг/м<sup>3</sup>). Низкий уровень загрязнения диоксидом азота отмечается в Бобровском, Бутурлиновском, Воробьевском, Калачеевском, Новохоперском, Петропавловском, Таловском районах (средние значения концентрации не превышают 0,02 мг/м<sup>3</sup>). Среднеобластной уровень – 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

Высокое значение концентрации диоксида серы отмечается в атмосферном воздухе селитебной территории Семилукского района – 0,25 мг/м<sup>3</sup>. Относительно благополучная ситуация по данному загрязнителю характерна для селитебных территорий Ольховатского и Россошанского районов, среднее значение концентрации в которых не превышает 0,005 мг/м<sup>3</sup>. Среднеобластной уровень – 0,12 мг/м<sup>3</sup>.

Неблагополучная ситуация по загрязнению воздуха оксидом углерода сложилась в Богучарском районе (среднее значение концентрации за многолетний период составляет 3,04 мг/м<sup>3</sup>). Относительно низкий уровень загрязнения оксидом углерода регистрируется на селитебной территории Острогжского района, где среднее значение концентрации достигает 1,38 мг/м<sup>3</sup>. Среднеобластной уровень – 1,95 мг/м<sup>3</sup>.

Содержание соединений свинца в атмосферном воздухе селитебных территорий наиболее высоко в Аннинском, Верхнехавском, Каширском, Новоусманском, Панинском, Рамонском, Эртильском районах и в городском округе город Воронеж. Здесь средние значения концентрации за многолетний период равны 0,0004 мг/м<sup>3</sup>. Низкий уровень загрязнения свинцом зарегистрирован в Богучарском и Верхнемамонском районах, где среднее значение концентрации составляет 0,0001 мг/м<sup>3</sup>. Среднеобластной уровень – 0,0003 мг/м<sup>3</sup>.

Наиболее высоко содержание фенола в атмосферном воздухе селитебных территорий Рамонского района. Среднее значение концентрации за многолетний период здесь составляет 0,0075 мг/м<sup>3</sup>. Низкий уровень загрязнения фенолом отмечается в Бобровском, Острогжском районах и городском округе город Воронеж. Средние значения концентраций сохраняются в интервале 0,0032-0,0037 мг/м<sup>3</sup>. Среднеобластной уровень – 0,0045 мг/м<sup>3</sup>.

Наиболее неблагоприятная ситуация по загрязнению воздуха формальдегидом сложилась в Лискинском районе, где среднее значение концентрации за многолетний период достигает  $0,014 \text{ мг/м}^3$ . Относительно низкий уровень загрязнения формальдегидом отмечается на селитебных территориях Бутурлиновского, Верхнехавского, Калачеевского, Петропавловского, Таловского районов и городского округа город Воронеж. Средние значения концентрации здесь сохраняются в интервале  $0,005\text{-}0,008 \text{ мг/м}^3$ . Среднеобластной уровень –  $0,010 \text{ мг/м}^3$ .

Максимальные превышения ПДК по содержанию пыли в атмосферном воздухе населенных мест за анализируемый период в разрезе административных территорий составили от 0,94 до 5,4 раз. Наиболее неблагоприятная ситуация по содержанию пыли в воздухе отмечена в Подгоренском (превышения норматива до 5,4 раз), Кантемировском (до 5,0 раз), Ольховатском (5,0 раз), Россошанском (4,8 раз), Павловском (3,46 раз), Семилукском (3,3 раз), Лискинском (3,2 раз) районах.

Максимальные превышения ПДК по содержанию диоксида азота в атмосферном воздухе населенных мест за 18-летний период в разрезе административных территорий составили от 0,21 до 4,0 раз. Наиболее высокие превышения были отмечены в Россошанском (превышение норматива до 4,0 раз), Павловском (3,95 раз), Поворинском (3,9 раз), Богучарском (2,5 раз), Панинском (1,95 раз) районах и городском округе город Воронеж (2,1 раз).

Максимальные превышения ПДК по содержанию диоксида серы в атмосферном воздухе населенных мест за период наблюдений в разрезе административных территорий составили от 0,20 до 7,60 раз. К неблагоприятным районам, где имело место превышение нормативов, отнесены городской округ город Воронеж (7,6 раз), Калачеевский (4,40 раз), Аннинский (2,7 раз), Воробьевский (2,5 раз) и Панинский (2,22 раз) районы.

Максимальные превышения ПДК по содержанию оксида углерода в атмосферном воздухе населенных мест за анализируемый период в разрезе административных территорий составили от 0,6 до 4,2 раз. Более высокие показатели содержания данного вещества регистрировались на территориях Павловского (превышение допустимых значений в 4,20 раз), Верхнемамонского (4,04 раз), Аннинского (3,40 раз), Эртильского (3,10 раз), Панинского (2,60 раз), Россошанского (2,56 раз) и Лискинского (2,56 раз) районов.

Максимальные превышения ПДК по содержанию свинца в атмосферном воздухе населенных мест за анализируемый период в разрезе административных территорий Воронежской области составили от 0,24 до 6,7 раз. Наиболее высокие показатели отмечены в Павловском (6,70 раз), Калачеевском (3,0 раз), Кантемировском (2,6 раз), Эртильском (1,90 раз), Воробьевском (1,80 раз) районах и городском округе город Воронеж (4,0 раз).

Максимальные превышения ПДК по содержанию фенола в атмосферном воздухе населенных мест на административных территориях Воронежской области составили от 0,61 до 10,0 раз. Наиболее неблагоприятная ситуация по содержанию фенола в воздухе отмечена в Рамонском (10,0 раз), Новохоперском (9,8 раз), Терновском (8,3 раз), Бобровском (7,4 раз), Эртильском (7,0 раз), Кантемировском (6,9 раз), Подгоренском (6,0 раз), Россошанском (5,2 раз) районах.

Максимальные превышения ПДК по содержанию формальдегида в атмосферном воздухе Воронежской области составили от 0,31 до 11,14 раз. Наибольшие превышения норматива отмечены в Верхнемамонском (11,14 раз), Аннинском (6,57 раз), Верхнехавском (6,0 раз), Рамонском (2,86 раз), Новоусманском (2,29 раз) районах и городском округе город Воронеж (2,86 раз).

Следует также отметить, что максимальные превышения показателей ПДК атмосферного воздуха зарегистрированы в двух районах области: Павловском (пыль, диоксид азота, оксид углерода, свинец); Россошанском (пыль, диоксид азота, оксид углерода, фенол) и городском округе город Воронеж (диоксид азота, диоксид серы, свинец, формальдегид).

Максимальные превышения ПДК одновременно по трем загрязнителям зарегистрированы в четырех районах области: Аннинском (диоксид серы, оксид углерода, формальдегид); Кантемировском (пыль, свинец, фенол); Панинском (диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода); Эртильском (оксид углерода, свинец, фенол).

Максимальные превышения ПДК по двум загрязнителям зарегистрированы в пяти районах области: Воробьевском, Калачеевском (диоксид серы, свинец); Лискинском (пыль, оксид углерода); Подгоренском (пыль, фенол); Рамонском (фенол, формальдегид).

По одному загрязнителю максимальные превышения ПДК отмечены в восьми районах области: Бобровском, Новохоперском и Терновском (фе-



Рис. Ранжирование территорий Воронежской области по уровню загрязнения атмосферного воздуха (по величине комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха  $K_{атм.}$ )

нол); Богучарском (диоксид азота); Верхнехавском и Новоусманском (формальдегид); Ольховатском и Семилукском (пыль).

Построение оценочной шкалы для показателя загрязнения атмосферного воздуха ( $K_{атм.}$ ) с использованием компьютерной программы позволило выполнить ранжирование территорий по уровню загрязнения.

Ранжирование территории Воронежской области по уровню загрязнения атмосферного воздуха позволяет отнести к рангу 1 («низкий уровень загрязнения» с  $K_{атм.} < 1,18$ ) 6 муниципальных районов (Бобровский, Калачеевский, Острогожский, Репьевский, Россошанский, Таловский), для которых получены наименьшие значения показателя загрязнения воздушной среды ( $K_{атм.}$  – от 1,05 до 1,13 единиц), что иллюстрирует рисунок.

К рангу 2 («ниже среднего уровня») отнесено 3 административных района (Борисоглебский, Лискинский, Новохоперский). Показатель загряз-

нения атмосферы  $K_{атм.}$  составляет от 1,18 до 1,21 единиц.

К рангу 3 («средний уровень загрязнения атмосферного воздуха») отнесены 10 муниципальных районов (Аннинский, Верхнехавский, Воробьевский, Каменский, Кантемировский, Новоусманский, Ольховатский, Петропавловский, Подгоренский, Семилукский), на территориях которых  $K_{атм.}$  составляет от 1,28 до 1,35 единиц.

К рангу 4 («выше среднего уровня») отнесены 7 муниципальных районов (Богучарский, Поворинский, Нижнедевицкий, Каширский, Терновский, Хохольский, Бутурлиновский), где  $K_{атм.}$  колеблется от 1,42 до 1,48 единиц.

Наиболее высокий уровень загрязнения (ранг 5 – «высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха» с  $K_{атм.} > 1,5$ ) нами выявлен в 6 муниципальных районах области (Верхнемамонском, Грибановском, Павловском, Панинском, Рамонском, Эртильском), на территориях которых величина  $K_{атм.}$  составляет от 1,51 до 1,65 единиц.

Выполненное ранжирование территорий следует учитывать при оптимизации системы мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха населенных мест и при разработке управленческих решений по снижению выбросов загрязняющих веществ в воздушную среду от техногенных источников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережнова Т. А. Загрязнение атмосферного воздуха как угроза безопасности жизнедеятельности населения / Т. А. Бережнова, Н. П. Мамчик, О. В. Клепиков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 37-39.
2. Епринцев С. А. Оценка влияния городской застройки и загрязнения воздушного бассейна на здоровье населения г. Воронежа / С. А. Епринцев, С. А. Куролап, О. В. Клепиков // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. – 2009. – Т. 14, № 3. – С. 600-604.
3. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С. А. Куролап [и др.]. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 231 с.
4. Клепиков О. В. Интегральная эколого-гигиеническая оценка территории промышленного центра / О. В. Клепиков, С. А. Куролап, П. М. Виноградов // Санитарный врач. – 2016. – № 1. – С. 20-26.
5. Куролап С. А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и аэротехногенного риска для здоровья населения / С. А. Куролап, О. В. Клепиков // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды. – Воронеж : Издательство «Цифровая полиграфия», 2014. – С. 71-94.

Самодурова Наталья Юрьевна  
старший преподаватель кафедры эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, т. +7(473)263-05-26, E-mail: [nataly.samodurov@yandex.ru](mailto:nataly.samodurov@yandex.ru)

Мамчик Николай Петрович  
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, т. +7(473)263-05-26, E-mail: [mamchik1949@mail.ru](mailto:mamchik1949@mail.ru)

6. Куролап С. А. Экологическая оценка качества воздушного бассейна г. Воронежа / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Л. Н. Костылева // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 5. – С. 29-34.

#### REFERENCES

1. Berezhnova T. A. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukhа kak ugroza bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti naseleniya / T. A. Berezhnova, N. P. Mamchik, O. V. Klepikov // Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. – 2011. – T. 10, № 1. – S. 37-39.
2. Eprintsev S. A. Otsenka vliyaniya gorodskoy zastroyki i zagryazneniya vozdušnogo basseyna na zdorov'e naseleniya g. Voronezha / S. A. Eprintsev, S. A. Kurolap, O. V. Klepikov // Vestnik Tambovskogo universiteta. Ser. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2009. – T. 14, № 3. – S. 600-604.
3. Integral'naya ekologicheskaya otsenka sostoyaniya gorodskoy sredy / S. A. Kurolap [i dr.]. – Voronezh : Nauchnaya kniga, 2015. – 231 s.
4. Klepikov O. V. Integral'naya ekologo-gigienicheskaya otsenka territorii promyshlennogo tsentra / O. V. Klepikov, S. A. Kurolap, P. M. Vinogradov // Sanitarnyy vrach. – 2016. – № 1. – S. 20-26.
5. Kurolap S. A. Otsenka urovnya zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа i aerotekhnogennogo riska dlya zdorov'ya naseleniya / S. A. Kurolap, O. V. Klepikov // Ekologicheskaya otsenka i kartografirovanie sostoyaniya gorodskoy sredy. – Voronezh : Izdatel'stvo «Tsifrovaya poligrafiya», 2014. – S. 71-94.
6. Kurolap S. A. Ekologicheskaya otsenka kachestva vozdušnogo basseyna g. Voronezha / S. A. Kurolap, O. V. Klepikov, L. N. Kostyleva // Ekologicheskie sistemy i pribory. – 2010. – № 5. – S. 29-34.

Samodurova Natal'ja Jur'evna  
Senior Lecturer of the Chair of Epidemiology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, tel. +7(473)263-05-26, E-mail: [nataly.samodurov@yandex.ru](mailto:nataly.samodurov@yandex.ru)

Mamchik Nikolay Petrovich  
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Chair of Epidemiology, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, tel. +7(473)263-05-26, E-mail: [mamchik1949@mail.ru](mailto:mamchik1949@mail.ru)