

© Коллектив авторов, 2024

УДК 614.7

## Комплексная гигиеническая оценка техногенной нагрузки на территории Воронежской области

Л.Е. Механтьева, А.В. Енин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, ул. Студенческая, д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** На территории Воронежской области проведена комплексная оценка влияния на организм вредных химических веществ, присутствующих в воздухе атмосферы, питьевой воде и почве селитебных территорий.

**Целью исследования:** являлось проведение комплексной гигиенической оценки техногенной нагрузки на территории Воронежской области.

**Материалы и методы.** Использованы данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» о результатах мониторинга воздуха атмосферы, питьевой воды, почвы за 2018–2022 гг. Фактические данные анализировались на соответствие предельно допустимым концентрациям, указанным в СанПиН 1.2.3685–21. Расчет комплексной нагрузки проводился в соответствии с МР 01-19/17-17.

**Результаты.** Наибольший вклад (69,8 %) в суммарную антропогенную нагрузку компонент атмосферного воздуха имел на территории г. Павловска; компонент питьевой воды – в Семилукском районе (36,5 %), компонент загрязнения почвы селитебной территории – в Россошанском районе (10,5 %). На территории города Воронежа уровень комплексной антропогенной нагрузки превышает среднее значение по области и по районам. По всем районам преобладает загрязнение атмосферного воздуха, однако отбор проб проводится только на территориях городов и поселков городского типа. На территории сельской местности более выражено влияние нитратного загрязнения питьевой воды, связанного с ведением сельского хозяйства. Влияние загрязнения почвы более выражено на селитебной территории города. При этом превышений ПДК вредных веществ в почве за исследуемый период как в сельской местности, так и в городе не выявлено.

**Выводы.** На территории города Воронежа уровень комплексной антропогенной нагрузки превышает среднее значение по области и по районам. Как на территории города Воронежа, так и на территории районов области в комплексной антропогенной нагрузке преобладает загрязнение атмосферного воздуха транспортными и промышленными выбросами. В питьевой воде на территории сельской местности выражено влияние нитратного загрязнения, связанного с ведением сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** гигиена, воздух, питьевая вода, почва, комплексная техногенная нагрузка.

**Для цитирования:** Механтьева Л.Е., Енин А.В. Комплексная гигиеническая оценка техногенной нагрузки на территории Воронежской области // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 1. С. 28–35. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35

## Comprehensive Hygienic Assessment of Anthropogenic Load on the Territory of the Voronezh Region

Lyudmila E. Mehantieva, Andrey V. Enin

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, 10 Studencheskaya Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** A comprehensive assessment of adverse human health effects of environmental pollutants found in residential areas has been carried out in the Voronezh Region.

**Objective:** To conduct a comprehensive hygienic assessment of the anthropogenic load on the territory of the Voronezh Region.

**Materials and methods:** We analyzed the results of ambient air, drinking water, and soil quality monitoring collected by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region in 2018–2022 for compliance with the maximum permissible concentrations specified in Regulations SanPiN 1.2.3685–21. The complex load was estimated in accordance with method guidelines MR 01-19/17-17.

**Results:** We established that pollution of ambient air in residential areas contributed the most (69.8 %) to the total anthropogenic load in the town Pavlovsk; drinking water – to that in the Semiluksky district (36.5 %), and soil – in the Rossoshansky district (10.5 %). In the city of Voronezh, the level of complex anthropogenic load exceeded both the regional and district averages. The problem of ambient air pollution dominates in all districts; it should be noted, however, that air sampling is carried out only in urban areas and urban-type settlements. In rural areas, effects of agriculture-associated nitrate pollution of drinking water is more pronounced. The impact of soil pollution is more pronounced in urban residential areas. At the same time, the excess of maximum permissible concentrations of soil pollutants were registered neither in rural nor in urban areas over the study period.

**Conclusion:** In Voronezh, the level of complex anthropogenic load exceeds the average values estimated for the region and districts. Ambient air pollution with vehicle and industrial emissions make the greatest contributions to this load both on the territory of Voronezh and in the districts. Nitrate pollution of potable water associated with agriculture is a challenge in rural areas.

**Keywords:** hygiene, air, drinking water, soil, complex anthropogenic load.

**For citation:** Mehantieva LE, Enin AV. Comprehensive hygienic assessment of anthropogenic load on the territory of the Voronezh Region *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(1):28–35. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35>  
Original Research Article

**Введение.** Основой развития государства является здоровье населения [1]. При этом в последние десятилетия значительное влияние в формирование заболеваемости населения вносят факторы окружающей среды, что подтверждается многочисленными работами отечественных и зарубежных исследователей [2–7].

В Российской Федерации более 50 миллионов жителей находится в условиях влияния загрязнения воздушной среды, что обусловлено влиянием промышленности и автотранспорта, выбросами таких веществ, как диоксид азота, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, сероводород, шестивалентный хром, формальдегид и др. Загрязнению окружающей среды способствует недостаточная модернизация оборудования предприятий. В регионах, имеющих проблемы в санитарно-гигиеническом плане, также отмечается рост распространенности острых и хронических заболеваний [8] респираторного тракта, ишемии сердца и гипертонии, аллергических заболеваний, патологии кожи [9], болезней эндокринной и пищеварительной систем, онкологии и аномалий развития [10, 11].

Отдельно следует отметить влияние выбросов автотранспорта, которые по данным многочисленных отечественных и зарубежных исследований являются ведущей причиной загрязнения атмосферного воздуха городов. Наибольший вред, по результатам исследований Сісоіра М. (2018 г.), оказывают взвешенные в воздухе вещества (PM – particulate matter), связанные с износом транспортных средств и дорожного покрытия и способные адсорбировать на себе иные токсичные вещества [12]. Атмосферный воздух крупных городов с интенсивным развитием транспортной инфраструктуры ухудшается по мере роста количества автомобилей [13], что характерно и для города Воронежа [14].

По результатам исследований, проведенных в Тульской, Иркутской, Липецкой, Воронежской областях, Приморском Крае, Башкортостане, Дагестане, северных регионах России, а также зарубежных исследований, отмечены проблемы, связанные с загрязнением подземных источников питьевой воды, а также с нехваткой водных ресурсов, недостаточной надежностью и санитарно-техническим состоянием водораспределительных систем, неблагоприятным составом вод подземных источников, нарушениями условий эксплуатации [15–19].

Несмотря на значительное количество исследований по оценке качества окружающей среды, данная проблема не теряет актуальности, т. к. регионы имеют как сходства, так и свои отличительные особенности [20–22]. В работах Клепикова О.В. и соавт. обращается внимание, что в комплексной техногенной нагрузке города Воронежа ведущий вклад принадлежит загрязнению атмосферного воздуха. При этом объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств преобладает над объемом выбросов промышленных источников

[14, 23]. Результатами проведенных ранее исследований установлено преобладающее влияние на качество питьевой воды факторов природного характера [20]. Ситуация усугубляется отсутствием эффективной водоочистки в отношении нитратов и других химических веществ. Присутствует антропогенное загрязнение подземных вод и изношенность распределительных систем. К числу веществ, содержание которых наиболее часто превышало санитарно-химические нормативы по результатам ранее проведенных исследований относятся железо, общая жесткость, марганец, бор, фтор нитраты [24, 25]. Традиционно считается, что загрязнение почвы селитебных территорий оказывает опосредованное воздействие на здоровье населения.

В то же время ряд авторов отмечает возможность вредного влияния эффектов суммации и потенцирования наряду с непосредственным воздействием вредных веществ на организм. Поэтому современным и перспективным методом оценки возможного вредного влияния среды обитания является анализ риска воздействия на организм вредных веществ, поступающих одновременно из воздуха атмосферы, почвы селитебной территории, питьевой воды и др. [10, 26].

**Целью исследования** являлось проведение комплексной гигиенической оценки техногенной нагрузки на территории Воронежской области.

**Материалы и методы.** Использовались данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» о результатах мониторинговых лабораторных исследований воздуха атмосферы, питьевой воды, почвы селитебных территорий Воронежской области за 2018–2022 гг. Фактические данные по всем исследуемым средам анализировались на соответствие предельно-допустимым концентрациям, указанным в СанПиН 1.2.3685–21<sup>1</sup>. Расчет комплексной нагрузки проводился в соответствии с формулой, разработанной Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана:  $KH = (K_{\text{возд.}} + K_{\text{вода}} + K_{\text{почва}}) / N$  (за исключением влияния фактора шума), где  $KH$  – комплексная антропогенная нагрузка,  $K_{\text{возд.}}$  – показатель суммарного химического загрязнения атмосферы,  $K_{\text{вода}}$  – показатель суммарного химического загрязнения питьевой воды,  $K_{\text{почва}}$  – показатель суммарного химического загрязнения почвы селитебной территории,  $N$  – количество учитываемых факторов. Формула отражена в МР «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения»<sup>2</sup>. В основе расчетов – сопоставление фактических данных с гигиеническими нормативами. Величины коэффициентов  $K_{\text{возд.}}$ ,  $K_{\text{вода}}$ ,  $K_{\text{почва}}$ , используемые в формуле, получены методом вычисления средних арифметических значения данных коэффициентов за отдельные годы исследуемого пятилетнего периода (2018–2022 гг.). С целью выявления территорий с высоким уровнем химической нагрузки («территорий

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

<sup>2</sup> МР 01-19/17-17 «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения» (утв. заместителем Председателя Госкомсанэпиднадзора России Г.Г. Онищенко 26 февраля 1996 г.).

риска») проведено ранжирование, включающее: 1) расчет среднесуточного уровня суммарного химического загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы селитебной территории; 2) расчет среднеквадратических отклонений; 3) распределение показателей с выявлением «территорий риска». Расчеты проводились с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016.

**Результаты.** На территории Воронежской области развита автотранспортная сеть, по данным за 2022 год 6013 предприятий осуществляют производственную деятельность, в результате чего в атмосферу поступает более 350 разновидностей токсичных веществ.

В г. Воронеже на 5 маршрутных постах систематически проводятся определения концентраций вредных веществ в воздухе атмосферы (взвешенные вещества, сажа, свинец, серы диоксид, азота диоксид, углерода оксид, стирол, формальдегид, фенол, озон). В районах области определяются концентрации химических веществ в атмосферном воздухе (взвешенные вещества, серы диоксид, азота диоксид, углерода оксид формальдегид, фенол): в Аннинском, Острогожском, Калачеевском, Павловском, Лискинском, Семилукском, Россошанском муниципальных районах, городском округе Борисоглебском (по 1 маршрутному посту). С 2022 года внедрен отбор проб воздуха атмосферы на содержание частиц мелкодисперсной пыли на постах в городском округе город Воронеж.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения области обеспечивается подземными водоисточниками (1978 водозаборных скважин по данным на 2022 год). Оценка качества питьевой воды проводится по средним и максимальным концентрациям следующих веществ: аммиак, железо, бор, марганец, общая жесткость, фториды, нитраты, нитриты.

В почве селитебных территорий определяются концентрации бенз(а)пирена, марганца, кадмий, меди, никеля, мышьяка, свинца, ртути, цинка, фтора).

В результате проведенного исследования установлено, что максимальная антропогенная нагрузка за исследуемый период пришлась на территорию городского округа города Воронежа (КН = 3,28). На территории 6 административных территорий области коэффициент комплексной нагрузки составил от 2 до 3 единиц: Аннинский район – 2,3; Калачеевский район – 2,3; Лискинский район – 2,4; Павловский район – 2,7; Россошанский район – 2,3; Семилукский район – 2,0. На территории 8 районов коэффициент нагрузки составил от 1 до 2 единиц: Бобровский – 1,5; Борисоглебский городской округ – 1,9; Кантемировский – 1,5; Каширский – 1,4; Ольховатский – 1,2; Острогожский – 1,9; Терновский – 1,4; Хохольский – 1,2. Комплексная нагрузка до 1 единицы выявлена на территории 18 районов: Богучарский – 0,7; Бутурлиновский – 0,8; Верхнемамонский – 0,7; Верхнехавский – 0,6; Воробьевский – 0,8; Грибановский – 0,6; Каменский – 0,6; Нижнедевицкий – 0,6; Новоусманский – 0,7; Новохоперский – 0,9; Панинский – 0,8;

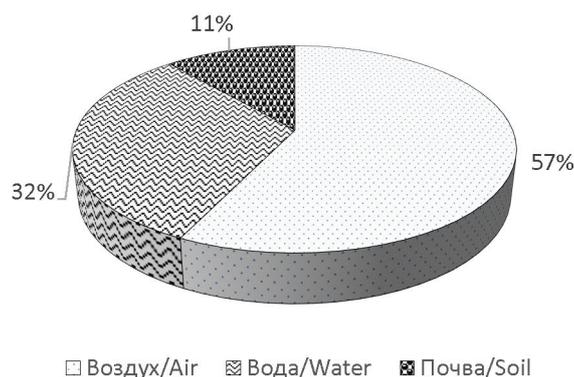
Петропавловский – 0,9; Поворинский – 0,9; Подгоренский – 0,9; Рамонский – 0,9; Репьевский – 0,7; Таловский – 0,9; Эртильский – 0,8.

По итогам ранжирования административных территорий за исследуемый период с 2018 по 2022 г. к «территориям риска» по суммарному химическому загрязнению атмосферного воздуха были отнесены городской округ город Воронеж и Павловский муниципальный район (22,2 % территорий области). К «территориям риска» по суммарному химическому загрязнению питьевой воды отнесены 7 административных территорий: Бобровский, Кантемировский, Каширский, Ольховатский, Терновский, Хохольский, городской округ город Воронеж (21,2 % территорий). К «территориям риска» по суммарному химическому загрязнению почвы селитебной территории отнесены городской округ город Воронеж, Борисоглебский городской округ, Лискинский, Подгоренский, Россошанский районы (15,2 % территорий). Низкий уровень суммарного химического загрязнения атмосферы выявлен на 3 из 9 исследуемых административных территорий (33,3 %): Острогожский, Семилукский районы и городской Борисоглебский городской округ. Низкий уровень суммарного химического загрязнения питьевой воды выявлен на 11 административных территориях (33,3 %): Богучарский, Борисоглебский, Верхнемамонский, Верхнехавский, Грибановский, Каменский, Нижнедевицкий, Новоусманский, Острогожский, Репьевский, Россошанский, Низкий уровень суммарного химического загрязнения почвы выявлен на 11 административных территориях (33,3 %): Верхнехавский, Воробьевский, Калачеевский, Нижнедевицкий, Новоусманский, Панинский, Петропавловский, Рамонский, Репьевский, Семилукский, Хохольский. Средний уровень суммарного химического загрязнения атмосферы выявлен на 4 из 9 административных территорий (44,4 %), средний уровень суммарного химического загрязнения питьевой воды – на 15 из 33 территорий (45,5 %), средний уровень суммарного химического загрязнения почвы селитебной территории – в 17 из 33 районов (51,5 %)

При оценке компонентов комплексной антропогенной нагрузки на территории города Воронежа и Воронежской области в период с 2018 по 2022 г. преобладало влияние загрязнения атмосферного воздуха. При этом на территории области данный фактор имел большую выраженность (61 %) по сравнению с территорией города Воронежа (57 %) (рис. 1).

Среди значений, превышающих среднегодовую предельно допустимую концентрацию (ПДКсг) вредных веществ в атмосферном воздухе, максимальные выявлены на следующих административных территориях: двуокись азота (0,04 мг/м<sup>3</sup>) – г. Лиски; взвешенные вещества (0,1 мг/м<sup>3</sup>) – г. Калач; оксид серы (0,17) – г. Павловск; фенол (0,0041) – г. Россошь; формальдегид (0,01 мг/м<sup>3</sup>) – п. г. т. Анна, г. Калач, г. Лиски г. Павловск г. Россошь.

Максимальные превышения ПДКсг в питьевой воде зарегистрированы: железо (0,73 мг/л) –



**Рис. 1.** Соотношение компонент антропогенной нагрузки в различных средах на территории г. Воронежа  
**Fig. 1.** The ratio of the components of anthropogenic load in environmental media on the territory of Voronezh

в Терновском районе; общая жесткость (14 мг/л) – Таловский район; марганец (0,14 мг/л) – Бобровский район; нитраты (78 мг/л) – Каширский район.

Превышений ПДКсг вредных веществ в почве на территории Воронежской области за исследуемый период не выявлено.

Среди исследуемых территорий наибольший вклад (69,8 %) в суммарную антропогенную нагрузку компонент атмосферного воздуха имел на территории г. Павловска. Среди его составляющих за исследуемый период наибольшее влияние оказывали: формальдегид (38,6 %), диоксид серы (29 %), фенол (16 %). Влияние взвешенных веществ, диоксида азота и оксида углерода составили – 9,4; 5,2; 1,8 % соответственно.

Наибольший вклад загрязнения питьевой воды в суммарную антропогенную нагрузку по сравнению с другими районами отмечен в Семилукском районе (36,5 %). Среди наиболее значимых составляющих водной нагрузки следует отметить такие компоненты, как общая жесткость (42,6 %), железо (24,6 %), фтор (11,6 %), бор (9,6 %).

Наибольший вклад загрязнения почвы в суммарную антропогенную нагрузку по сравнению с другими районами отмечен в Россошанском районе (10,5 %). Составляющие коэффициента загрязнения почвы (К почвы) распределились следующим образом: бенз(а)пирен – 52 %, кадмий – 17 %, ртуть – 12 %, мышьяк – 11 %, марганец, медь, никель, свинец – 1,7; 1,0; 3,4; 1,1 % соответственно, фтор и цинк – до 1 %.

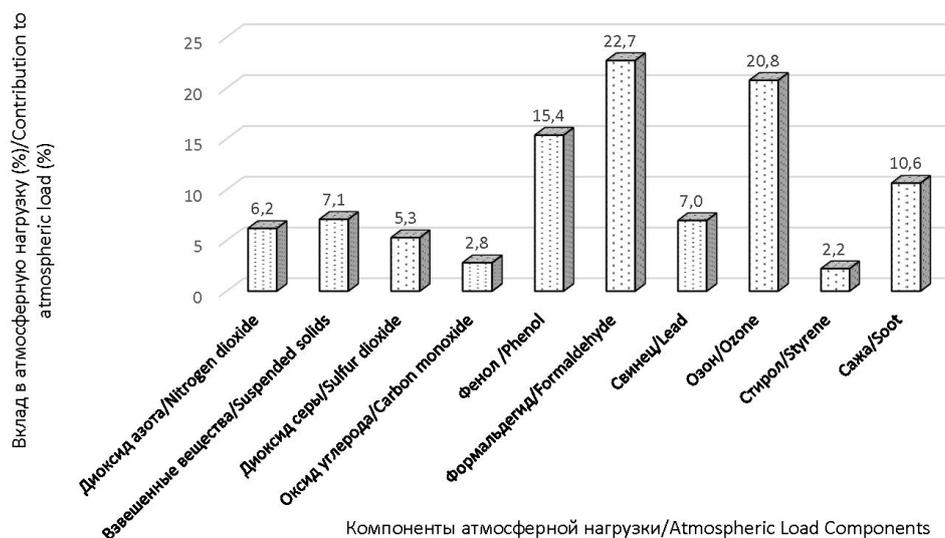
Для сравнения особенностей антропогенной нагрузки на территории городской и сельской местности Воронежской области были выбраны город Воронеж и п. г. т. Анна. Поселок городского типа Анна был выбран по причине наличия маршрутного поста для определения концентраций загрязняющих веществ в воздухе. Остальные 12 постов Воронежской области расположены на территории городов 9 административных территорий области. В связи с этим следует отметить, что в 24 районах (Бобровском, Богучарском, Бутурлиновском, Верхнемамонском, Верхнехавском, Воробьевском, Грибановском, Каменском, Кантемировском, Каширском, Нижнедевицком, Новоусманском, Новохоперском, Ольховатском, Панинском, Петропавловском, Поворинском, Подгоренском,

Рамонском, Репьевском, Таловском, Терновском, Хохольском, Эртильском) исследования воздуха атмосферы не проводились.

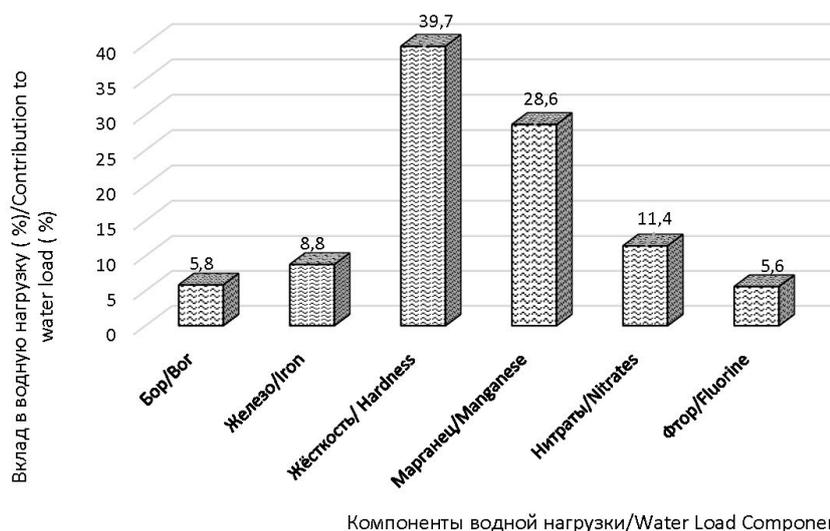
На территории города Воронежа комплексная нагрузка (КН = 3,29) превышала таковую на территории п. г. т. Анна (КН = 2,3), а также среднее значение по области (КН = 2,38). Как было показано выше, на территории города Воронежа в комплексной антропогенной нагрузке преобладает влияние загрязнения атмосферного воздуха. Среди его составляющих наиболее значимо влияние формальдегида (23 %), озона (21 %), фенола (15 %) и сажи (11 %) (см. рис. 2).

На территории поселка городского типа Анна в комплексной антропогенной нагрузке также преобладает загрязнение атмосферного воздуха (61 %), более выражено влияние загрязнения питьевой воды (35 %) по сравнению с городом (32 %). Наибольшее влияние среди компонентов загрязнения воды обусловлено общей жесткостью (60,1 %). С целью углубленного изучения особенностей сельских территорий были проанализированы компоненты водной нагрузки на территории села Садовое Аннинского района, среди которых доминирующее влияние оказывали жесткость (39,7 %), марганец (28,6 %), нитраты (11,4 %).

**Обсуждение.** Оценка антропогенной нагрузки на территории Воронежской области проводилась и ранее. Наше исследование в части химического загрязнения атмосферного воздуха города Воронежа в целом соответствует результатам, отраженным в работах Клепикова О.В. и соавт. по результатам исследований предыдущих лет [14, 23]. По-прежнему в комплексной антропогенной нагрузке на территории областного центра преобладает компонент химического загрязнения атмосферного воздуха. Причиной данной тенденции является факт того, что город Воронеж является промышленно развитым городом с развитой сетью автомобильных дорог. Причем количество автотранспортных средств с каждым годом увеличивается. Однако с учетом того, что к «территориям риска» по загрязнению воздуха атмосферы в результате проведенного нами исследования относится не только город Воронеж, но и Павловский район Воронежской области, актуальным и перспективным



**Рис. 2.** Соотношение компонент атмосферной нагрузки на территории г. Воронежа (%)  
**Fig. 2.** Contribution of contaminants to ambient air pollution on the territory of Voronezh (%)



**Рис. 3.** Соотношение компонент водной нагрузки на территории с. Садовое Аннинского района (%)  
**Fig. 3.** Contribution of contaminants to water pollution in the Sadovoe settlement, Anninsky district (%)

направлением является оценка особенностей химической нагрузки и ее влияния на заболеваемость населения, проживающего на территории районов области. Так, Механтьевым И.И. и соавт. была проведена комплексная оценка питьевого водоснабжения с выявлением проблемных сельских территорий [15]. В то же время ситуация может меняться с течением времени, примером чего является нитратное загрязнение воды сельских территорий, связанное с ведением сельского хозяйства и имеющее сезонный характер. Таким образом, оценку комплексного химического воздействия на окружающую среду и, как следствие, на здоровье населения целесообразно проводить на регулярной основе.

#### Выводы

1. К «территориям риска» по суммарному химическому загрязнению атмосферного воздуха были отнесены городской округ город Воронеж и Павловский муниципальный район (22,2 % территорий

области). По суммарному химическому загрязнению питьевой воды – 7 административных территорий области (21,2 %). По суммарному химическому загрязнению почвы селитебной территории – городской округ город Воронеж, Борисоглебский городской округ и 3 района области (15,2 % территорий).

2. На территории города Воронежа уровень комплексной антропогенной нагрузки превышает среднее значение по области и по отдельным районам.

3. Как на территории города Воронежа, так и на территории районов области в комплексной антропогенной нагрузке преобладает загрязнение атмосферного воздуха промышленными и транспортными выбросами. Для объективизации выводов следует учитывать отсутствие маршрутных постов для отбора проб атмосферного воздуха на сельских территориях области.

4. В отношении питьевой воды можно сделать вывод, что в сельской местности, как и в городе,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35>  
Original Research Article

преобладает влияние компонентов природного происхождения. Однако на территории сельской местности более выражено влияние нитратного загрязнения, связанного с ведением сельского хозяйства.

5. Влияние загрязнения почвы более выражено на селитебной территории городов. При этом превышений ПДКсг вредных веществ в почве за исследуемый период как в сельской местности, так и в городе не выявлено.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий Федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01
2. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Опыт методической поддержки и практической реализации риск-ориентированной модели санитарно-эпидемиологического надзора: 2014–2017 гг. // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 1. С. 5–9.
3. Dong D, Xu X, Xu W, Xie J. The relationship between the actual level of air pollution and residents' concern about air pollution: Evidence from Shanghai, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(23):4784. doi: 10.3390/ijerph16234784
4. Hautekiet P, Saenen ND, Demarest S, et al. Air pollution in association with mental and self-rated health and the mediating effect of physical activity. *Environ Health*. 2022;21(1):29. doi: 10.1186/s12940-022-00839-x
5. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One*. 2020;15(10):e0241415. doi: 10.1371/journal.pone.0241415
6. Amadou A, Praud D, Coudon T, et al. Chronic long-term exposure to cadmium air pollution and breast cancer risk in the French E3N cohort. *Int J Cancer*. 2020;146(2):341–351. doi: 10.1002/ijc.32257
7. Larenas-Linnemann D, Romero-Tapia SJ, Virgen C, Mallol J, Baeza Vacab MA, García-Marcos L. Risk factors for wheezing in primary health care settings in the tropics. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2020;124(2):179–184.e1. doi: 10.1016/j.anai.2019.11.008
8. Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Епринцев С.А., Шекоян С.В. Заболеваемость населения регионов России как критерий социально-гигиенической безопасности территории // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2020. № 6. Публикация 2-3. Доступно по: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-6/2-3.pdf> Ссылка активна на 5.07.2023. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16773
9. Жадан И.Ю., Яцына И.В., Красавина Е.К., Бешлый Я.В. Влияние вредных факторов окружающей среды на дерматологическое здоровье населения // Здравоохранение Российской Федерации. 2021. Т. 65. № 4. С. 342–346. doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-342-346
10. Мякишева Ю.В., Федосейкина И.В., Михайлюк Н.А., Сказкина О.Я., Алешина Ю.А., Павлов А.Ф. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагополучного района крупного промышленного центра // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 3. С. 44–52. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
11. Колпакова А.Ф. О связи антропогенного загрязнения воздуха взвешенными частицами с риском развития онкологических заболеваний (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 3. С. 298–302. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-298-302
12. Cicoira M. Ambient air pollution as a new risk factor for cardiovascular diseases: Time to take action. *Eur J Prev Cardiol*. 2018;25(8):816–817. doi: 10.1177/2047487318770827
13. Корочкина Ю.В., Перекусихин М.В., Васильев В.В., Пантелеев Г.В. Гигиеническая оценка окружающей среды и здоровья детей города Пензы // Анализ риска здоровью. 2015. № 3. С. 33–39.
14. Клепиков О.В., Куролап С.А., Виноградов П.М. Интегральная эколого-гигиеническая оценка территории промышленного центра // Санитарный врач. 2016. № 1. С. 20–26.
15. Механтьев И.И., Клепиков О.В. Комплексная оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения сельских территорий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2020. №5. Публикация 2-1. Доступно по: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2020-5/2-1.pdf>. Ссылка активна на 5.07.2023. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
16. Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А. Оценка канцерогенного риска здоровью населения, обусловленного высоким содержанием мышьяка в питьевой артезианской воде Северного Дагестана // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 8. С. 743–746.
17. Корчина Т.Я., Миняйло Л.А., Корчин В.И. Избыточная концентрация марганца в питьевой воде и риск для здоровья населения северного региона // Здоровье населения и среда обитания. 2018. Т. 299. № 2. С. 28–33.
18. Тулакин А.В., Цыплакова Г.В., Амплеева Г.П., Козырева О.Н., Пивнева О.С., Трухина Г.М. Региональные проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 11. С. 1025–1028.
19. Fatkhi RA, Seidinov ShM. Relationship between the prevalence of urolithiasis and water quality. *Science & Healthcare*. 2021;23(5):101–108. doi: 10.34689/SH.2021.23.5.012
20. Малых О.Л., Кочнева Н.И., Никонов Б.И., Шевчик А.А., Цепилова Т.М. Интегрированная система управления риском для здоровья населения на региональном и муниципальном уровнях // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1136–1140.
21. Механтьев И.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Масайлова Л.А. Оценка связи заболеваемости населения Воронежской области с водным фактором // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. № 3. Публикация 2-1. Доступно по: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-3/2-1.pdf>. Ссылка активна на 5.07.2023. doi: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1\*
22. Механтьева Л.Е., Перфильева М.В., Степанова Т.А., Каратеева И.С., Черниговская А.С. Анализ воздействия техногенных факторов окружающей среды на здоровье населения на территории Воронежской области // Санитарный врач. 2020. № 7. С. 71–78. doi: 10.33920/med-08-2007-08
23. Клепиков О.В., Самойлов С.А., Ушаков И.Б., Попов В.И., Куролап С.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды промышленного города // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 8. С. 686–692. doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-686-692
24. Косолапов В.П., Механтьев И.И., Чайкина Н.Н. и др. Оценка рисков от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду, для здоровья населения Воронежской области за 2010–2017 годы // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2019. Т. 18. № 4. С. 201–208. doi: 10.25987/VSTU.2020.18.4.027

25. Калашников Ю.С. Гигиенические аспекты водопользования населения бассейна верхнего Дона // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 7. С. 31–34.
26. Kahraman AC, Sivri N. Comparison of metropolitan cities for mortality rates attributed to ambient air pollution using the AirQ model. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;29(28):43034–43047. doi: 10.1007/s11356-021-18341-1

## REFERENCES

1. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “Pure air” federal project. *Health Risk Analysis.* 2019;(4):4–13. doi: 10.21668/health.risk/2019.4.01.eng
2. Popova AYu, Zaitseva NV, May IV. Experience of methodological support and practical implementation of the risk-oriented model of sanitary-epidemiological surveillance in 2014–2017. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(1):5–9. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2018-97-1-5-9
3. Dong D, Xu X, Xu W, Xie J. The relationship between the actual level of air pollution and residents’ concern about air pollution: Evidence from Shanghai, China. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(23):4784. doi: 10.3390/ijerph16234784
4. Hautekiet P, Saenen ND, Demarest S, et al. Air pollution in association with mental and self-rated health and the mediating effect of physical activity. *Environ Health.* 2022;21(1):29. doi: 10.1186/s12940-022-00839-x
5. Abed Al Ahad M, Sullivan F, Demšar U, Melhem M, Kulu H. The effect of air-pollution and weather exposure on mortality and hospital admission and implications for further research: A systematic scoping review. *PLoS One.* 2020;15(10):e0241415. doi: 10.1371/journal.pone.0241415
6. Amadou A, Praud D, Coudon T, et al. Chronic long-term exposure to cadmium air pollution and breast cancer risk in the French E3N cohort. *Int J Cancer.* 2020;146(2):341–351. doi: 10.1002/ijc.32257
7. Larenas-Linnemann D, Romero-Tapia SJ, Virgen C, Mallol J, Baeza Bacab MA, García-Marcos L. Risk factors for wheezing in primary health care settings in the tropics. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2020;124(2):179–184.e1. doi: 10.1016/j.anai.2019.11.008
8. Stepkin YI, Klepikov OV, Yeprintsev SA, Shekoyan SV. Morbidity of the population of regions in Russia as a criterion of social and hygienic security of the territory. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2020;(6):94–99. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2020-16773
9. Zhadan IYu, Yatsyna IV, Krasavina EK, Beshlyy YaV. The influence of harmful environmental factors on the dermatological health of the population. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii.* 2021;65(4):342–346. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-4-342-346
10. Myakisheva YuV, Fedoseikina IV, Mihayluk NA, Skazkina OYa, Aleshina YuA, Pavlov AF. Ambient air pollution and population health risks in a contaminated area of a large industrial center. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2022;30(3):44–52. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52
11. Kolpakova AF. On the relationship of anthropogenic air pollution by particulate matter with cancer risk. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(3):298–302. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-298-302
12. Cicoira M. Ambient air pollution as a new risk factor for cardiovascular diseases: Time to take ac-

- tion. *Eur J Prev Cardiol.* 2018;25(8):816–817. doi: 10.1177/2047487318770827
13. Korochkina YuV, Perekusikhin MV, Vasilyev VV, Panteleev GV. Hygienic environmental assessment and health of children in Penza. *Health Risk Analysis.* 2015;(3):28–32.
  14. Klepikov OV, Kurolap SA, Vinogradov PM. Integrated environmental and hygienic assessment of territory of industrial center. *Sanitarnyy Vrach.* 2016;(1):20–26. (In Russ.)
  15. Mekhantiev II, Klepikov OV. Comprehensive assessment of sanitary and epidemiological reliability of centralized drinking water supply systems in rural territories. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2020;(5):119–124. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
  16. Abdulmutalimova TO, Revich BA. Assessment of carcinogenic risk to population health due to high arsenic content in drinking artesian water of the North Dagestan. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(8):743–746. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-8-743-746
  17. Korchina TYa, Mynyaylo LA, Korchin VI. Excessive concentration of manganese in drinking water and risk to the health of the population of the Northern region. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(2(299)):28–33. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-299-2-28-33
  18. Tulakin AV, Tsyplakova GV, Ampleeva GP, Kozyreva ON, Pivneva OS, Trukhina GM. Regional problems of the provision of hygienic reliability of drinking water consumption. *Gigiena i Sanitariya.* 2016;95(11):1025–1028. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1025-1028
  19. Fatkhi RA, Seidinov ShM. Relationship between the prevalence of urolithiasis and water quality. *Science @ Healthcare.* 2021;23(5):101–108. doi: 10.34689/SH.2021.23.5.012
  20. Malykh OL, Kochneva NI, Nikonov BI, Shevchik AA, Tsepilova TM. The integrated system of health risk management at the regional and municipal levels. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(12):1136–1140. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1136-1140
  21. Mekhantiev II, Klepikov OV, Kurolap SA, Masajlova LA. Health risk of the population in Voronezh region related to water factor *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy.* 2021;(3):40–46. (In Russ.) doi: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1
  22. Mekhanteyeva L, Perfilyeva M, Stepanova T, Karateeva I, Chernigovskaya A. Analysis of the impact of technogenic environmental factors on public health in the territory of the Voronezh region. *Sanitarnyy Vrach.* 2020;(7):71–78. (In Russ.) doi: 10.33920/med-08-2007-08
  23. Klepikov OV, Samoylov SA, Ushakov IB, Popov VI, Kurolap SA. Comprehensive assessment of the state of the environment of the industrial city. *Gigiena i Sanitariya.* 2018;97(8):686–692. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-8-686-692
  24. Kosolapov VP, Mekhanteyev II, Chaikina NN, et al. Assessment of risks from exposure to chemicals polluting drinking water for the health of the population of the Voronezh region for 2010–2017. *Sistemnyy Analiz i Upravlenie v Biomeditsinskikh Sistemakh.* 2019;18(4):201–208. (In Russ.) doi: 10.25987/VSTU.2020.18.4.027
  25. Kalashnikov YuS. Hygienic aspects of water use of the population of the upper Don basin. *Zdorov’e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018;(7(304)):31–34. (In Russ.)
  26. Kahraman AC, Sivri N. Comparison of metropolitan cities for mortality rates attributed to ambient air pollution using the AirQ model. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;29(28):43034–43047. doi: 10.1007/s11356-021-18341-1

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35>  
Original Research Article

**Сведения об авторах:**

**Механтьева** Людмила Евгеньевна – д.м.н., проф., заведующая кафедрой медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности; e-mail: medkat@vrngmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2439-3625>.

✉ **Енин** Андрей Владимирович – ассистент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности; e-mail: en111a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1671-8565>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования, сбор данных: *Механтьева Л.Е.*; анализ и интерпретация результатов, обзор литературы, подготовка проекта рукописи: *Енин А.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** данное исследование не требует представления заключения комитета по биоэтической этике или иных документов.

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 29.08.23 / Принята к публикации: 12.01.24 / Опубликована: 31.01.24

**Author information:**

Ludmila E. **Mehantieva**, Dr. Sci. (Med.), Prof.; Head of the Department of Disaster Medicine and Life Safety; e-mail: medkat@vrngmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2439-3625>.

✉ **Andrey V. Enin**, Assistant, Department of Disaster Medicine and Life Safety; e-mail: en111a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1671-8565>.

**Author contributions:** study conception and design, data collection: *Mehantieva L.E.*; analysis and interpretation of results, bibliography compilation and referencing, draft manuscript preparation: *Enin A.V.* Both authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Conflict of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: August 29 / Accepted: January 10, 2024 / Published: January 31, 2024