

УДК 504.45(470.324)
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-0
EDN OKNCNM

Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области в результате химического загрязнения питьевой воды

Прожорина Т.И., Суханов П.А., Боева А.С.

Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
sukhanov.1990@bk.ru

Аннотация. Цель исследования – анализ воздействия химических загрязнителей в питьевой воде, поступающей через централизованные системы водоснабжения, на здоровье жителей Воронежской области в контексте оценки экологических (неканцерогенных) рисков. В рамках работы определены приоритетные загрязняющие вещества и территории, представляющие наибольшую опасность для жителей региона. В исследовании использованы данные лабораторного мониторинга питьевой воды за 2024 год и первое полугодие 2025 года, полученные от Управления Роспотребнадзора по Воронежской области. Были изучены показатели 2100 проб, отобранных из систем централизованного водоснабжения в 32 муниципальных районах и одном городском округе региона. Основное внимание уделялось содержанию ключевых химических загрязнителей и их влиянию на здоровье населения. Результаты показали, что в 45,9 % исследуемых территорий зафиксировано превышение нормативов по общей жесткости воды. Расчет вероятных рисков, основанный на средних и максимальных концентрациях вредных веществ, позволил установить, что из-за потребления некачественной воды около 0,27 % взрослых и 0,63 % детей в области могут столкнуться с повышенной вероятностью развития различных заболеваний.

Ключевые слова: централизованные системы водоснабжения, экологические риски, питьевая вода, санитарно-гигиенические требования, химическое загрязнение, здоровье населения

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

Для цитирования: Прожорина Т.И., Суханов П.А., Боева А.С. 2025. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области в результате химического загрязнения питьевой воды. Региональные геосистемы, 49(4): 782–793. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-0
EDN: OKNCNM

Assessment of Environmental Risks to Public Health in the Voronezh Region as a Result of Chemical Contamination of Drinking Water

Tatiana I. Prozhorina, Pavel A. Sukhanov, Anastasia S. Boeva

Voronezh State University
1 Universitetskaya Sq., Voronezh 394018, Russia
sukhanov.1990@bk.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze the effects of chemical pollutants in drinking water flowing through centralized water supply systems on the health of residents of the Voronezh region in the context of assessing environmental (non-carcinogenic) risks. As part of the work, priority pollutants and territories that pose the greatest danger to residents of the region have been identified. The study uses data

from laboratory monitoring of drinking water for 2024 and the first half of 2025 obtained from the Department of Rospotrebnadzor in the Voronezh region. We studied the indicators of 2,100 samples taken from centralized water supply systems in 32 municipal districts and one urban district of the region. The main focus was on the content of key chemical pollutants and their impact on public health. The results showed that 45.9 % of the studied territories exceeded the standards for total water hardness. The calculation of the likely risks, based on the average and maximum concentrations of harmful substances, allowed us to establish that due to the consumption of low-quality water, about 0.27 % of adults and 0.63 % of children in the region may face an increased likelihood of developing various diseases.

Keywords: centralized water supply systems, environmental risks, drinking water, sanitary and hygienic requirements, chemical pollution, public health

Acknowledgements: The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

For citation: Prozhorina T.I., Sukhanov P.A., Boeva A.S. 2025. Assessment of Environmental Risks to Public Health in the Voronezh Region as a Result of Chemical Contamination of Drinking Water. *Regional Geosystems*, 49(4): 782–793 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-4-1-0 EDN: OKCNCM

Введение

Регулирование качества питьевой воды сохраняет свою актуальность как ключевое направление охраны здоровья населения и повышения уровня жизни в Российской Федерации. Несмотря на реализацию федеральных и региональных программ, направленных на улучшение водоснабжения, сохраняются риски, способные привести к ухудшению качества воды, поступающей потребителям [Рахманин, Онищенко, 2022].

Обеспечение населения безопасной питьевой водой является критически важным аспектом охраны здоровья и устойчивого развития территорий. Химическое загрязнение источников водоснабжения представляет серьезную угрозу для здоровья населения, требую комплексной оценки экологических рисков.

Теоретическая значимость исследования заключается в комплексном применении и адаптации утвержденной методики оценки риска к специфике конкретного региона, что вносит вклад в развитие экологической эпидемиологии и гигиены окружающей среды.

Практическая значимость работы состоит в создании научной основы для: принятия управленческих решений; оптимизации водоохраных мероприятий; разработки адресных профилактических программ; применения в природоохранной деятельности.

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о глобальном характере проблемы химического загрязнения питьевой воды. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 2 млрд человек в мире потребляют воду, не соответствующую санитарно-гигиеническим нормативам [Guidelines for drinking-water ..., 2022]. Особую тревогу вызывает тот факт, что, по результатам исследований с использованием современных систем оценки качества воды (*CCMEWQI* – *Water Quality Index* Канадского совета министров окружающей среды и *MDWQI* – модифицированного индекса качества питьевой воды), до 30 % проанализированных проб воды не удовлетворяют установленным требованиям [Corso et al., 2018; Levêque et al., 2018; Eslami et al., 2019]. Прогнозируется дальнейшее ухудшение качества поверхностных водоисточников вследствие комплексного воздействия следующих факторов: увеличения антропогенной нагрузки загрязняющими веществами; изменения режимов водопользования; трансформации гидрологических характеристик, обусловленных как климатическими изменениями, так и социально-экономическим развитием [Jones et al., 2023].

В Российской Федерации ситуация с качеством питьевой воды остается напряженной. Гигиенические исследования свидетельствуют о значительном химико-биологическом за-

грязнении поверхностных водоисточников, что требует: совершенствования технологий очистки сточных вод; оптимизации систем очистки атмосферных выбросов; усиления экологического мониторинга [Рахманин и др., 2017]. Основными источниками загрязнения водных объектов, используемых для централизованного водоснабжения, являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, на долю которых приходится до 54,7 % общего объема загрязнения [Девятова и др., 2015]. Особую озабоченность вызывает негативное влияние загрязненной питьевой воды на здоровье населения. По данным современных исследований, этот фактор может занимать ведущее место среди экологических рисков для здоровья человека [Константинова, 2022]. При этом следует отметить, что в Российской Федерации регулярный контроль качества питьевой воды осуществляется лишь в 10 % водопроводных систем [Новикова и др., 2020], что значительно ниже рекомендуемых международных стандартов и требует совершенствования системы мониторинга.

По данным на начало 2025 года, в Воронежской области насчитывается 2,26 млн жителей, с выраженным преобладанием городского населения (68,5 %) над сельским (31,5 %) [Численность населения ..., 2025]. Анализ данных Роспотребнадзора Воронежской области выявил значительную диспропорцию в обеспечении населения централизованным водоснабжением: средний показатель по региону – 61,3 %; в городских поселениях – 95,4 %; в сельской местности – лишь 58 %.

Будучи важным промышленно-аграрным регионом, Воронежская область испытывает значительную антропогенную нагрузку на водные ресурсы. Многочисленные экспертные оценки свидетельствуют о систематическом нарушении санитарно-гигиенических нормативов качества питьевой воды в различных населенных пунктах, что создает потенциальную угрозу для здоровья жителей [Стёпкин и др., 2012; Механтьев и др., 2020; 2021]. Так для взрослого населения Воронежской области риск от воздействия нитратов, содержащихся в питьевой воде, находится на приемлемом уровне, а для детей в возрасте до 6 лет установлено наличие неприемлемого (опасного) уровня риска [Прожорина, Куролап, 2020; Боева, 2023].

Проводимое исследование направлено на комплексную оценку неканцерогенных рисков, обусловленных химическим составом питьевой воды в системах централизованного водоснабжения. Особое внимание уделяется:

- выявлению приоритетных загрязнителей;
- определению территорий с повышенной экологической нагрузкой;
- разработке научно обоснованных рекомендаций по минимизации рисков.

Такой подход позволяет не только констатировать существующие проблемы, но и разрабатывать адресные решения для улучшения ситуации в наиболее проблемных районах области.

Объекты и методы исследования

В исследовании использовались официальные данные ведомственного мониторинга, полученные от территориального управления Роспотребнадзора Воронежской области. Анализ проводился на основе лабораторных исследований проб воды, отобранных из систем централизованного водоснабжения в период с января 2024 по июнь 2025 года. Общее количество мониторинговых точек (далее м.т.) – 229. По типам источников м.т. распределены следующим образом: подземные водоисточники – 54 м.т. (включая 3 м.т. в г. Воронеже и 51 м.т. в районах области); разводящие сети водоснабжения – 175 м.т. (16 м.т. в г. Воронеже и 159 м.т. в районах).

В каждой контрольной точке ежемесячно осуществлялся отбор проб с последующим анализом на содержание приоритетных загрязняющих веществ. Минимальная периодичность контроля составляла 1 исследование в месяц, что обеспечивало репрезентативность получаемых данных.

Настоящее исследование выполнено с применением современных подходов к определению потенциальной опасности химического загрязнения питьевой воды для здоровья населения [Куролап и др., 2020; Механтьев, 2020, Куролап и др., 2021]. В работе использована утвержденная методическая база в соответствии с актуальными нормативными документами, в частности Руководством Р 2.1.10.3968-23 [2023].

Для статистической обработки данных и расчета рисков использовали программное обеспечение *Microsoft Excel* (анализ концентраций).

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования зафиксированы случаи превышения гигиенических нормативов по следующим показателям (табл. 1):

- общая жесткость (превышение средних и максимальных концентраций);
- железо (превышение максимальных и единичных случаев средних концентраций);
- бор, марганец, фтор (единичные случаи превышения максимальных концентраций);
- нитраты (единичные случаи превышения средних и максимальных концентраций).

Таблица 1
Table 1

Территориальная дифференциация превышений ПДК в системах централизованного водоснабжения
Territorial differentiation of MPC exceedances in centralized water supply systems

Муниципальное образование Воронежской области	Макс. превышение ПДК (ср.знач), раз	Макс. превышение ПДК (макс. знач), раз	Муниципальное образование Воронежской области	Макс. превышение ПДК (ср.знач), раз	Макс. превышение ПДК (макс. знач), раз
<i>Жесткость</i>			<i>Железо</i>		
Аннинский	1,12	1,51	Таловский	–	1,57
Бутурлиновский	1,54	2,14	Эртильский	–	1,23
Таловский	1,80	3,24	Новохопёрский	–	2,57
Эртильский	–	1,03	Терновский	1,95	3,93
Поворинский	1,60	2,39	Бобровский	–	4,40
Калачеевский	1,39	1,50	Каширский	–	3,00
Воробьевский	1,14	1,37	Новоусманский	–	2,40
Петропавловский	–	1,14	Верхнехавский	–	5,67
Лискинский	–	1,23	Россошанский	–	1,27
Бобровский	–	1,00	Ольховатский	1,00	13,00
Каширский	1,13	1,34	Кантемировский	–	4,00
Новоусманский	–	1,16	Семилукский	–	6,70
Подгоренский	1,34	1,77	Хохольский	–	2,60
Семилукский	1,02	1,14	г. Воронеж	–	2,03
Павловский	1,18	1,41	<i>Марганец</i>		
Россошанский	1,05	1,10	Калачеевский	–	2,20
Ольховатский	1,50	1,91	Семилукский	–	2,10
Кантемировский	2,16	2,86	г. Воронеж	–	1,40
Панинский	1,29	1,47	<i>Нитраты</i>		
Рамонский	1,08	1,26	Рамонский	–	2,04
Репьёвский	–	1,00	Петропавловский	1,36	3,11
Хохольский	–	1,07	<i>Фтор</i>		
<i>Бор</i>			Репьёвский	–	4,61
Семилукский	–	1,24	Рамонский	–	1,33
			Воробьевский	–	1,47
			Поворинский	–	3,33

Проведенные исследования выявили, что в 13 муниципальных образованиях области (45,9 % от общей территории) зафиксированы стабильно высокие показатели жесткости воды, превышающие установленные нормативы. Регулярное потребление воды с такими характеристиками ассоциировано с повышенной вероятностью развития мочекаменной болезни и различных дерматологических патологий [Куролап, Клепиков, 2013; Прожорина и др., 2020; Механтьев и др., 2021].

Оценка потенциальных рисков для здоровья проводилась согласно методическим рекомендациям Р.2.1.10.3968-23 [2023], предусматривающим последовательное выполнение четырех основных этапов анализа. На первом этапе исследования было выявлено шесть основных загрязняющих веществ в питьевой воде: железо, бор, фтор, марганец, нитраты и общая жесткость. Несмотря на отсутствие канцерогенных свойств у данных элементов, полученные результаты указывают на потенциальный риск возникновения различных неонкологических заболеваний при хроническом потреблении воды с превышением их концентрации [Рахманин и др., 2017; Боева, 2023]. На рис. 1 представлена диаграмма с указанием долей проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по конкретному веществу.

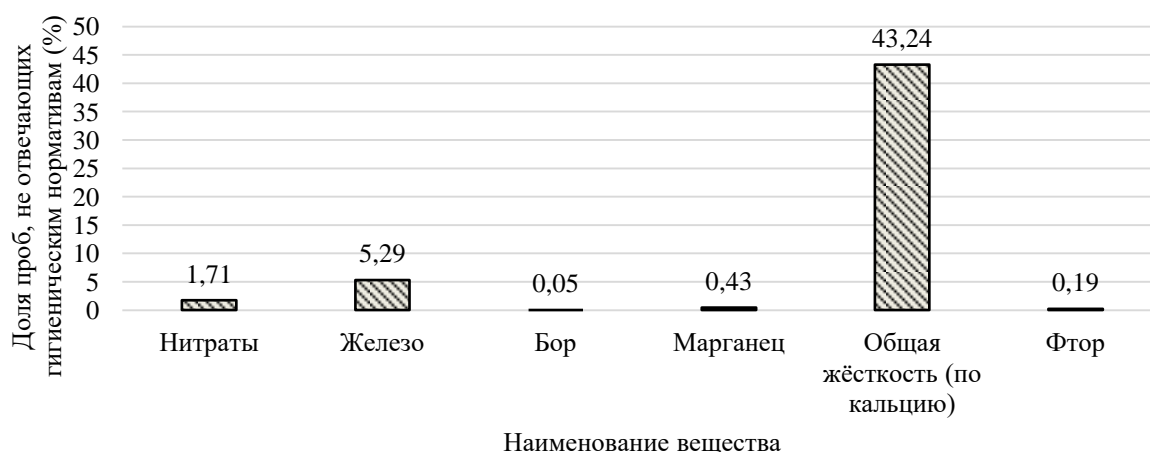


Рис. 1. Диаграмма долей проб воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по конкретному веществу

Fig. 1. Diagram of the proportions of water samples that do not meet hygiene standards for a specific substance

Анализ диаграммы (см. рис. 1) выявил три вещества по количеству несоответствий санитарным нормам: нитраты, железо и общая жесткость воды. Следует отметить, что общая жесткость, представляющая собой комплексный показатель, оценивалась по концентрации доминирующего элемента – кальция [Трофимович и др., 2019; Сазонова и др., 2021].

Методика оценки рисков включала определение среднесуточных доз (средних и максимальных значений) для разных возрастных групп населения (дети/взрослые) с учетом: факторов экспозиции; путей поступления загрязняющих веществ.

На основании полученных данных проведен расчет:

- Показателей индивидуального неканцерогенного риска (HQ), представленных в табл. 2;
- Индексов опасности (HI) для системы кроветворения (при кумулятивном воздействии);
- Популяционных рисков (PHQ) для групп населения, подверженных воздействию.

Оценка численности населения, потребляющего воду ненадлежащего качества, проводилась только для территорий с опасным и предельно допустимым уровнем риска (преимущественно по фтору, нитратам и общей жесткости).

Таблица 2

Table 2

Показатели индивидуального неканцерогенного риска для населения Воронежской области, обусловленных качеством питьевой воды

Indicators of individual non-carcinogenic risk for the population of the Voronezh region due to the quality of drinking water

Административные территории (количество и % от территории региона)					
Фтор		Нитраты		Общая жёсткость (по Са)	
дети	взрослые	дети	взрослые	дети	взрослые
<i>Диапазон неканцерогенных рисков (HQ) от 0,8 до 1,0 (предельно допустимый) по средним дозам</i>					
– (0 %)	– (0 %)	Верхнемамонский (0,84) Нижедевицкий (0,82) 2 территории (4,8 %)	– (0 %)	Бутурлиновский (0,83) Таловский (0,97) Поворинский (0,86) Ольховатский (0,81) 4 территории (11,2 %)	– (0 %)
<i>Диапазон неканцерогенных рисков (HQ) более 1,0 (опасный) по средним дозам</i>					
– (0 %)	– (0 %)	Петропавловский (2,45) Новоусманский (1,15) Рамонский (1,49) 3 территории (8,0 %)	Петропавловский (1,05) 1 территория (3,0 %)	Кантемировский (1,17) 1 территория (4,2 %)	– (0 %)
<i>Диапазон неканцерогенных рисков (HQ) от 0,8 до 1,0 (предельно допустимый) по максимальным дозам</i>					
Лискинский (0,91) Бобровский (0,87) Верхнехавский (0,87) Ольховатский (0,86) 4 территории (12,4 %)	Воробьевский (1) Рамонский (0,91) 2 территории (4,8 %)	Бутурлиновский (0,99) Острогжский (0,85) Богучарский (0,83) Верхнемамонский (0,88) 4 территории (13,1 %)	– (0 %)	Аннинский (0,82) Калачеевский (0,81) Подгоренский (0,96) 3 территории (9,9 %)	– (0 %)
<i>Диапазон неканцерогенных рисков (HQ) более 1,0 (опасный) по максимальным дозам</i>					
Бутурлиновский (1,03) Поворинский (5,33) Воробьевский (2,34) Рамонский (2,13) Кантемировский (1,02) Репьевский (7,36) 6 территорий (16,2 %)	Поворинский (2,28) Репьевский (3,16) 2 территории (4,6 %)	Аннинский (1,69) Воробьевский (1,1) Петропавловский (5,59) Лискинский (1,2) Новоусманский (1,55) Рамонский (3,68) Павловский (1,26) Кантемировский (1,74) Подгоренский (1,79) Нижедевицкий (1,18) г. Воронеж (1,35) 12 территорий (32,2 %)	Петропавловский (2,4) Рамонский (1,58) 2 территории (5,5 %)	Бутурлиновский (1,16) Таловский (1,75) Поворинский (1,29) Ольховатский (1,03) Кантемировский (1,54) 5 территорий (15,4 %)	– (0 %)

Анализ потенциальных неканцерогенных эффектов, связанных с пероральным поступлением железа, марганца и бора через питьевую воду, показал, что уровни индивидуального риска в большинстве случаев не превышают допустимых значений:

1. Железо:

– Дети – $HQ = 0,011–0,428$ (за исключением Ольховатского района, где максимальный риск достигал 0,831, что соответствует предельно допустимому уровню).

– Взрослые – $HQ = 0,005–0,356$.

2. Марганец:

– Дети – $HQ = 0,002–0,100$.

– Взрослые – $HQ = 0,001–0,043$.

3. Бор:

– Дети – $HQ = 0,032–0,198$.

– Взрослые – $HQ = 0,014–0,085$.

Наибольшую опасность с точки зрения неканцерогенных эффектов представляют нитраты и общая жесткость воды ($HQ \geq 1$). При оценке по средним дозам превышения зафиксированы:

1. Нитраты:

– Дети – $HQ = 1,15–2,45$ (3 района).

– Взрослые – $HQ = 1,05$ (1 район).

2. Общая жесткость:

– Дети – $HQ = 1,17$ (1 район).

При расчете по максимальным дозам ситуация ухудшается:

1. Нитраты:

– Дети – $HQ = 1,10–5,59$ (11 районов и 1 городской округ).

– Взрослые – $HQ = 1,58–2,40$ (2 района).

2. Фтор:

– Дети – $HQ = 1,02–7,36$ (6 районов).

– Взрослые – $HQ = 2,28–3,16$ (2 района).

3. Общая жесткость:

– Дети – $HQ = 1,03–1,75$ (5 районов).

Риски, связанные с максимальными концентрациями, носят эпизодический характер, однако при увеличении частоты воздействия они могут представлять значительную угрозу для здоровья населения [Механтьев, 2020].

При одновременном пероральном поступлении марганца, железа и нитратов – веществ одностороннего действия, влияющих на кроветворную систему, был рассчитан индекс опасности (HI) (рис 2.).

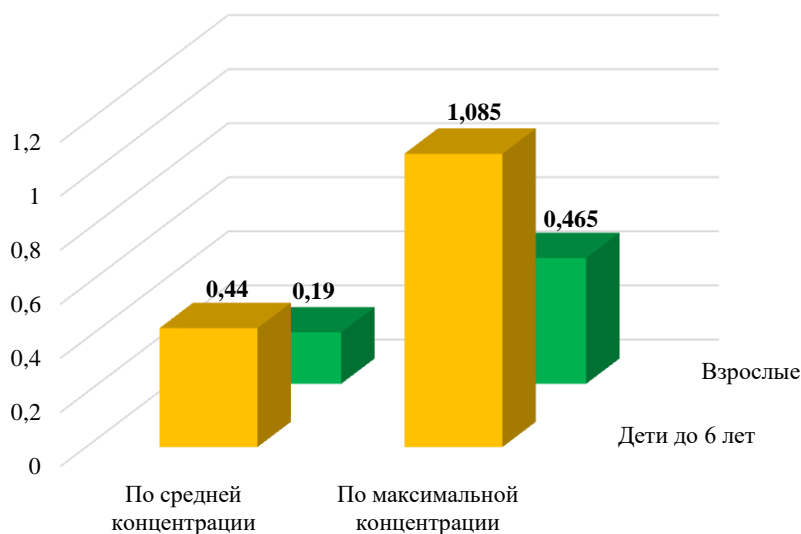


Рис. 2. Диаграмма индекса опасности (HI) при одновременном пероральном поступлении марганца, железа и нитратов

Fig. 2. Diagram of the hazard index (HI) with simultaneous oral intake of manganese, iron, and nitrates

По средним концентрациям:

- Взрослые – $HI = 0,19$ (допустимый уровень, < 1).
- Дети – $HI = 0,44$ (допустимый уровень, < 1).

По максимальным концентрациям:

- Дети – $HI = 1,085$ (незначительное превышение допустимого уровня, > 1).

– Взрослые – $HI = 2,71$ (существенное превышение, > 1 , что указывает на потенциальный риск).

Проведенные расчеты указывают на потенциальную опасность для детского населения Воронежской области при регулярном воздействии максимальных концентраций загрязняющих веществ в питьевой воде. Наибольшую угрозу представляют соединения, влияющие на кроветворную систему, что требует особого внимания при мониторинге водных ресурсов.

Для разработки эффективных управленческих решений проведен расчет популяционного риска (RHQ), отражающего вероятность развития заболеваний или токсических синдромов среди населения. В исследовании учитывались:

– Общая численность жителей Воронежской области, потребляющих воду ненадлежащего качества.

- Распределение риска между детской (0–14 лет) и взрослой группами населения.

Согласно проведенным расчетам общее количество жителей, находящихся в зоне риска составляет 5 282 человека, из них:

- Дети (0–14 лет) – 1 601 (0,63 % от детского населения региона).
- Взрослые – 3 680 (0,27 % от взрослого населения).

Заключение

По анализу данных гидрохимического мониторинга систем централизованного водоснабжения за период 2024 года и первого полугодия 2025 года выявлено три преобладающих вещества по количеству проб, несоответствующих санитарным нормам: нитраты, железо и общая жесткость воды. Особую озабоченность вызывает ситуация с общей жесткостью воды, где превышения допустимых значений зарегистрированы на 45,9 % исследуемых территорий, что позволяет отнести эти районы к зоне экологического риска.

Проведенная оценка рисков потенциального воздействия на здоровье населения показала, что около 5,3 тыс. жителей региона регулярно употребляют воду ненадлежащего качества. Среди общей численности населения Воронежской области доля детей, подверженных риску, составляет – 0,63 %, взрослых – 0,27 %. Указанные группы населения подвержены повышенной вероятности развития заболеваний, этиологически связанных с качеством потребляемой воды. Наибольшие риски отмечаются в районах с устойчивым превышением нормативов по ключевым показателям водопотребления, обусловленных недостаточным уровнем очистки воды перед ее подачей потребителю.

В качестве мероприятий, направленных на минимизацию рисков для здоровья населения, на основании выявленной структуры загрязнения рекомендуется: модернизация сооружений водоподготовки на водозаборных узлах с упором на технологии умягчения (например, реагентное умягчение, ионный обмен или нанофильтрация для снижения концентраций кальция и магния) и обезжелезивания (аэрация с последующей фильтрацией, использование каталитических загрузок); замена старых водопроводных сетей, усиление контроля за локальными источниками водоснабжения.

Проведенные исследования служат основой для выбора эффективных технологий очистки, предоставляя следующую информацию: целевые загрязнители (нитраты, соли жесткости, железо); география внедрения (картирование рисков позволяет адресно и экономически обоснованно планировать инвестиции в модернизацию).

Список источников

- Численность населения Воронежской области на 1 января 2025 года. Электронный ресурс. URL: <https://36.rosstat.gov.ru/naselenie> (дата обращения: 21.06.2025).
- Р 2.1.10.3968-23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». 2023. Москва, Роспотребнадзор, 301 с.

Список литературы

- Боева А.С. 2023. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 3: 90–97. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/90-97>
- Девятова Т.А., Божко С.Н., Яблонских Л.А., Чувычкин А.Л. 2015. Влияние отраслей народного хозяйства Центрального Черноземья на загрязнение водных объектов. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, 1: 54–58.
- Константинова Н.А. 2022. Загрязнение вод как фактор экологической медицины. Авиакосмическая и экологическая медицина, 56(6): 16–22. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2022-56-6-16-22>
- Куролап С.А., Клепиков О.В. 2013. Интегральное медико-экологическое зонирование как основа региональной стратегии устойчивого развития Воронежского региона. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 18(2): 516–519.
- Куролап С.А., Механтьев И.И., Клепиков О.В., Баскакова А.Г. 2021. Оценка риска для здоровья населения, связанного с качеством питьевой воды и безопасностью систем водоснабжения. В кн.: Оценка экологических рисков водопользования на территории крупного урбанизированного региона. Воронеж, Цифровая полиграфия: 5–19.
- Куролап С.А., Клепиков О.В., Прожорина Т.И., Клевцова М.А., Виноградов П.М., Умывакин В.М., Сарычев Д.В. 2020. Современные подходы к оценке экологических рисков для населения крупных промышленных городов (региональная урбоэкодиагностика). В кн.: Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов. Воронеж, Цифровая полиграфия: 6–35.
- Механтьев И.И. 2020. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды. Здоровье населения и среда обитания, 4(325): 37–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42>
- Механтьев И.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Попова Л.В. 2021. Современные гигиенические проблемы питьевого водоснабжения населения Воронежской области. Тенденции развития науки и образования, 79(1): 28–32. <https://doi.org/10.18411/trnio-11-2021-09>
- Механтьев И.И., Клепиков О.В., Масайлова Л.А., Баскакова А.Г. 2020. Проблема нитратного загрязнения в отдельных источниках питьевого водоснабжения Воронежской области. В кн.: Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. Воронеж, Цифровая полиграфия: 36–46.
- Новикова Ю.А., Мясников И.О., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Башкетова Н.С. 2020. Методические подходы к организации программ мониторинга качества питьевой воды. Здоровье населения и среда обитания, 10(331): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8>
- Прожорина Т.И., Куролап С.А. 2020. Оценка экологических рисков для здоровья населения города Павловска вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения. Естественные и технические науки, 10(148): 109–115.
- Прожорина Т.И., Куролап С.А., Преснякова Ю.А. 2020. Геоэкологическая оценка качества источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий Воронежской области. Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле, 30(1): 53–63. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2020-30-1-53-63>
- Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. 2017. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности. Гигиена и санитария, 96(4): 302–305. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>
- Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. 2022. Гигиеническая оценка питьевого водообеспечения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения. Гигиена и санита-

- рия, 101(10): 1158–1166. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166>
- Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. 2021. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области). Анализ риска здоровью, 2: 41–51. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04>
- Стёпкин Ю.И., Мамчик Н.П., Платунин А.В., Колнет И.В., Русин В.И. 2012. Оценка риска здоровью населения Воронежской области, связанная с загрязнением питьевой воды химическими веществами. Гигиена и санитария, 91(5): 105–106.
- Трофимович Е.М., Недовесова С.А., Айзман Р.И. 2019. Экспериментальная гигиеническая оценка содержания кальция, магния в питьевой воде и уровня её жёсткости. Гигиена и санитария, 98(8): 811–819. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-811-819>
- Corso M, Galey C, Seux R, Beaudeau P. 2018. An Assessment of Current and Past Concentrations of Trihalomethanes in Drinking Water throughout France. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(8): 1669. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081669>
- Eslami F., Yaghmaeian K., Mohammadi A., Salari M., Faraji M. 2019. An Integrated Evaluation of Groundwater Quality Using Drinking Water Quality Indices and Hydrochemical Characteristics: a Case Study in Jiroft, Iran. Environmental Earth Sciences, 78: 314. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8321-1>
- Jones E.R., Bierkens M.F.P., van Puijenbroek P.J.T.M., van Beek L.(R.)P.H., Wanders N., Sutanudjaja E.H. van Vliet M.T.H. 2023. Sub-Saharan Africa will increasingly become the dominant hotspot of surface water pollution. Nature Water, 1: 602–613. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00105-5>
- Levêque J.G., Burns R.C. 2018. Drinking Water in West Virginia (USA): Tap Water or Bottled Water – What is the Right Choice for College Students? Water and Health, 16(5): 827–838. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.129>
- Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). 2022. Geneva, World Health Organization, 515 p.

References

- Boeva A.S. 2023. Assessment of Environmental Risks to Public Health Associated with the Quality of Drinking Water from Decentralised Water Sources in the Voronezh Region. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 3: 90–97 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/90-97>
- Devyatova T.A., Bozhko S.N., Yablonskikh L.A., Chuvychkin A.L. 2015. Influence of Branches of a National Economy of the Central Chernozem Region on Pollution of Water Objects. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy, 1: 54–58 (in Russian).
- Konstantinova N.A. 2022. Water Pollution as a Factor of Environmental Medicine. Aerospace and Environmental Medicine, 56(6): 16–22 (in Russian). <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2022-56-6-16-22>
- Kurolap S.A., Klepikov O.V. 2013. Integral Health-Ecological Zoning as Basis of Regional Strategy for Sustainable Development of Voronezh Region. Tambov University Reviews. Series Natural and Technical Sciences, 18(2): 516–519 (in Russian).
- Kurolap S.A., Mekhantsev I.I., Klepikov O.V., Baskakova A.G. 2021. Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya, svyazannogo s kachestvom pit'evoy vody i bezopasnost'yu sistem vodosnabzheniya [Assessment of Population Health Risks Associated with Drinking Water Quality and Water Supply System Safety]. In: Otsenka ekologicheskikh riskov vodopol'zovaniya na territorii krupnogo urbanizirovannogo regiona [Assessment of Environmental Risks of Water Use in a Large Urbanized Region]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 5–19.
- Kurolap S.A., Klepikov O.V., Prozhorina T.I., Klevtsova M.A., Vinogradov P.M., Umyvakin V.M., Sarychev D.V. 2020. Sovremennyye podkhody k otsenke ekologicheskikh riskov dlya naseleniya krupnykh promyshlennykh gorodov (regional'naya urbokodiagnostika) [Modern Approaches to Assessing Environmental Risks for Population of Large Industrial Cities (Regional Urban Ecodiagnosics)]. In: Regional'naya ekologicheskaya diagnostika sostoyaniya vozdukhnoy sredy promyshlennykh gorodov [Regional Environmental Diagnostics of the Air Quality in Industrial Cities]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 6–35.
- Mehantsev I.I. 2020. Health Risks for the Population of the Voronezh Region Related to Drinking Water Quality. Public Health and Life Environment, 4(325): 37–42 (in Russian). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42>

- Mehantiev I.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Popova L.V. 2021. Sovremennyye gigenicheskie problemy pit'evogo vodosnabzheniya naseleniya Voronezhskoy oblasti [Modern Hygienic Problems of Drinking Water Supply for Voronezh Region Population]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 79(1): 28–32. <https://doi.org/10.18411/trnio-11-2021-09>
- Mehantiev I.I., Klepikov O.V., Masaylova L.A., Baskakova A.G. 2020. Problema nitratnogo zagryazneniya v otdel'nykh istochnikakh pit'evogo vodosnabzheniya Voronezhskoy oblasti [Problem of Nitrate Pollution in Separate Drinking Water Sources of Voronezh Region]. In: *Regional'naya geoekologicheskaya diagnostika sostoyaniya khozyaystvenno-pit'evogo i rekreatsionnogo vodopol'zovaniya* [Regional Geoecological Diagnostics of the State of Domestic, Drinking and Recreational Water Use]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 36–46.
- Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Bashketova N.S. 2020. Methodological Approaches to Organization of Drinking Water Quality Monitoring Programs. *Public Health and Life Environment*, 10(331): 4–8 (in Russian). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8>
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A. 2020. Environmental Health Risk Assessment Population of the City of Pavlovsk from Pollution Sources of Drinking Water Supply. *Natural and technical sciences*, 10(148): 109–115 (in Russian).
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Presnyakova Yu.A. 2020. Geoecological Assessment of the Quality of Drinking Water Sources in Urban And Rural Areas of Voronezh Region. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 30(1): 53–63 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2020-30-1-53-63>
- Rakhmanin Yu.A., Meltser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. 2017. Hygienic Substantiation of Management Decisions with the Use of the Integral Assessment of Drinking Water on Indices of Chemical Harmlessness and Epidemiological Safety. *Hygiene and Sanitation*, 96(4): 302–305 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>
- Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. 2022. Hygienic Assessment of Drinking Water Supply of the Population of the Russian Federation: Problems and the Way Their Rational Decision. *Hygiene and Sanitation*, 101(10): 1158–1166 (in Russian). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166>
- Sazonova O.V., Sergeev A.K., Chupakhina L.V., Ryazanova T.K., Sudakova T.V. 2021. Analyzing Health Risks Caused by Contaminated Drinking Water (Experience Gained in Samara Region). *Health Risk Analysis*, 2: 42–52 (in Russian). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04.eng>
- Stepkin Yu.I., Mamchik N.P., Platunin A.V., Kolnet I.V., Rusin V.I. 2012. Assessment of Risk Associated with the Contamination of Drinking Water with Chemicals to Population Health of the Voronezh Region. *Hygiene and Sanitation*, 91(5): 105–106 (in Russian).
- Trofimovich E.M., Nedovesova S.A., Aizman R.I. 2019. Experimental Hygienic Estimation of Calcium and Magnesium Concentrations in Drinking Water, and Its Hardness. *Hygiene and Sanitation*, 98(8): 811–819 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-811-819>
- Corso M, Galey C, Seux R, Beaudeau P. 2018. An Assessment of Current and Past Concentrations of Trihalomethanes in Drinking Water throughout France. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8): 1669. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081669>
- Eslami F., Yaghmaeian K., Mohammadi A., Salari M., Faraji M. 2019. An Integrated Evaluation of Groundwater Quality Using Drinking Water Quality Indices and Hydrochemical Characteristics: a Case Study in Jiroft, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 78: 314. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8321-1>
- Jones E.R., Bierkens M.F.P., van Puijenbroek P.J.T.M., van Beek L.(R.)P.H., Wanders N., Sutanudjaja E.H. van Vliet M.T.H. 2023. Sub-Saharan Africa will increasingly become the dominant hotspot of surface water pollution. *Nature Water*, 1: 602–613. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00105-5>
- Levêque J.G., Burns R.C. 2018. Drinking Water in West Virginia (USA): Tap Water or Bottled Water – What is the Right Choice for College Students? *Water and Health*, 16(5): 827–838. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.129>
- Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). 2022. Geneva, World Health Organization, 515 p.

*Поступила в редакцию 02.07.2025;
поступила после рецензирования 09.08.2025;
принята к публикации 02.10.2025*

*Received July 02, 2025;
Revised August 09, 2025;
Accepted October 02, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Прожорина Татьяна Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Суханов Павел Алексеевич, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Боева Анастасия Сергеевна, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Prozhorina Tatiana Ivanovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Sukhanov Pavel Alekseevich, Postgraduate Student of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Boeva Anastasia Sergeevna, Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia