

Результаты гидроэкологических исследований состояния питьевого водопользования на территории Воронежской области

Т.И. Прожорина[✉], П.А. Суханов, А.С. Боева

Воронежский государственный университет, Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)

Аннотация. Целью исследования является оценка качества питьевой воды на территории Воронежской области на основании результатов химического анализа водных проб, отобранных из централизованных и децентрализованных источников водопользования.

Материалы и методы. Исходные данные: 1) база данных Управления Роспотребнадзора по Воронежской области «Результаты лабораторных исследований качества питьевой воды по мониторинговым точкам» за 2024-2025 гг. из разводящей сети централизованного водопользования; 2) собственная база данных «Результаты химического анализа проб питьевой воды, отобранный из источников децентрализованного водопользования в ходе полевых экспедиций за 2024-2025 годы». Химический анализ проб проводился по 5 приоритетным загрязнителям питьевой воды (общая жёсткость, железо, марганец, бор, нитраты) с применением титриметрического и колориметрического методов анализа.

Результаты и обсуждение. В системах централизованного водопользования чаще всего встречается превышение нормативных значений по жесткости (43,24 % проб). Для децентрализованных источников водопользования основными проблемами являются повышенное содержание нитратов (30,29 %) и жесткости (28,37 %). Анализ корреляции между качеством воды из централизованных и децентрализованных систем выявил наиболее заметную связь по трем ключевым показателям: нитратам (коэффициент корреляции 0,30), жесткости (0,39) и бору (0,89).

Заключение. Анализ данных о качестве воды в 34 районах области показал, что как централизованные, так и децентрализованные источники водопользования не обеспечивают удовлетворительное качество питьевой воды. Основными показателями снижения качества воды в Воронежской области являются повышенная жесткость, связанная с природными особенностями, и нитраты, поступающие в воду в результате хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: централизованное водопользование, распределительная сеть, децентрализованные источники, приоритетные загрязняющие вещества, качество питьевой воды, химический анализ.

Источник финансирования: 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. Результаты гидроэкологических исследований состояния питьевого водопользования на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 3, с. 163-168. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/163-168>

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное воздействие промышленных и сельскохозяйственных предприятий приводит к усиливающемуся загрязнению водных объектов в Воронежской области и возрастанию экологических рисков водопользования. Причем это затрагивает и состояние питьевого водопользования.

Для обеспечения питьевых нужд на территории региона используют подземные источники пресной воды, эксплуатируемые посредством двух систем: *централизованной*, предполагающей распределение воды потребителям через сеть водопроводов, и *децентрализованной*, когда потребитель самостоятельно осуществляет забор воды непосредственно из источника (скважина, родник, колодец или водоразборная колонка). В отличие от централизованного водопользования, децентрализованные источники представляют существенный

риск для здоровья населения, так как вода не проходит необходимых стадий очистки и обеззараживания, сохраняя природные и антропогенные загрязнители.

На 01.01.2024 население Воронежской области насчитывало около 2,3 млн. человек, из которых 68 % проживало в городах и 32 % – в сельской местности. Согласно мониторингу Роспотребнадзора, в регионе наблюдается значительный дисбаланс в обеспечении населения качественной питьевой водой: 61,3 % жителей подключены к централизованным системам водопользования; 38,7 % используют децентрализованные источники. При этом нормативное качество воды в городских округах (ГО) достигает 99,7 %, тогда как в сельской местности этот показатель составляет лишь 83,4 %. Улучшение ситуации в сельских поселениях остается ключевой задачей экологической политики региона. Роспотребнадзор по Воронежской области

систематически отслеживает состояние объектов централизованного водопользования, включая подземные водоисточники и распределительные сети. Однако, мониторинг децентрализованных источников в его компетенцию не входит. Ответственность за контроль качества воды в этих источниках возложена на региональные и муниципальные органы власти.

Около 892 тысяч жителей области, преимущественно в сельской местности, лишены возможности пользоваться централизованным водопроводом и поэтому вынуждены употреблять воду из местных источников, которая зачастую характеризуется низким качеством [1]. Именно децентрализованные источники водопользования представляют собой объекты повышенного риска загрязнения, что вызывает обоснованную тревогу у населения.

Многочисленные региональные исследования [3, 4, 5] выявили систематическое несоответствие качества питьевой воды санитарно-гигиеническим нормативам, что создает существенные риски для здоровья населения. В этой связи комплексная оценка эколого-гигиенических аспектов водопользования (как централизованных, так и децентрализованных источников) на территории Воронежской области приобретает особую научную и практическую значимость.

Цель работы заключается в оценке качества питьевой воды на территории Воронежской области на основании результатов химического анализа водных проб, отобранных из централизованных и децентрализованных источников водопользования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были использованы две базы данных.

Результаты химического анализа приоритетных показателей проб воды в распределительной сети централизованного питьевого водопользования по Воронежской области
(данные Роспотребнадзора за 2024-2025 гг.)

[Table 1. Results of chemical analysis of priority indicators of water samples in the distribution network of centralized drinking water use in Voronezh region (Rospotrebnadzor data for 2024-2025)]

Наименование показателя / Naming of the indicator	Норматив (ПДК), (ед. изм.) / Standard (MPC), (units)	Диапазон значений (мин. – макс. знач.) / Range of values (min. – max. significant.)	Среднее значение / The average value	Доля проб не соответствующих нормативу, % / The proportion of samples that do not meet the standard, %	Макс. превышение ПДК, раз / Max. exceeding the maximum permissible concentration, times
Железо (Fe)	$\leq 0,3$ мг/л	0,005–3,90	0,11	5,29	13,0
Нитраты (NO_3^-)	≤ 45 мг/л	0,10–139,9	9,75	1,71	3,11
Марганец (Mn)	$\leq 0,1$ мг/л	0,005–0,22	0,016	0,43	2,2
Бор (B)	$\leq 0,5$ мг/л	0,10–0,62	0,11	4,76	1,24
Жёсткость	$\leq 7,0$ ммоль-экв/л	1,2–22,7	7,5	43,24	3,24

¹ Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2024 году». Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2025. 196 с.

² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Раздел III. Нормативы качества и безопасности воды). Москва, 2021. 987 с.

1. База данных Управления Роспотребнадзора по Воронежской области «Результаты лабораторных исследований качества питьевой воды по мониторинговым точкам» за 2024-2025 гг. по приоритетным загрязнителям питьевой воды централизованного водопользования. Система контроля качества питьевой воды включает 229 мониторинговых точек контроля (м.т.к.), распределенных следующим образом: подземные источники: 54 м.т.к. (3 – г. Воронеж, 51 – в районах); распределительные сети: 175 м.т.к. (16 – г. Воронеж, 159 – в районах). В каждой точке ежемесячно проводился минимум один анализ воды на приоритетные загрязняющие вещества¹.

2. Собственная база данных, содержащая результаты химических анализов проб питьевой воды, отобранных из децентрализованных источников в ходе полевых исследований, проведенных в период с 2024 по первую половину 2025 гг. В качестве контрольных точек, равномерно распределенных по территории области, и учитывающих плотность населения, были выбраны 34 района (3 ГО и 31 муниципальный район). Всего было отобрано 302 пробы воды, в том числе из 113 скважин, 105 родников, 53 колодцев и 31 колонки. Химический анализ проб проводился по 5 приоритетным загрязнителям питьевой воды, характерным для воронежских вод (общая жёсткость, железо, марганец, бор, нитраты) с применением колориметрического и титриметрического методов анализа. Полученные результаты сравнивали с действующими гигиеническими нормативами².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты состояния централизованных источников

Согласно данным регионального фонда социально-гигиенического мониторинга, в период с 2024 г. по

Таблица 1

первое полугодие 2025 г. было отобрано 2100 проб воды из распределительных сетей централизованного водопользования и проведено 12600 анализов. Выявлены отклонения от гигиенических нормативов в распределительных сетях, в частности: превышение общей жесткости (свыше 7 ммоль-экв/л) в 20 районах; повышенное содержание железа – в 14 районах; марганца – в 3 районах; нитратов – в 2 районах; и бора – в 1 районе.

Данные, полученные в результате лабораторных исследований (табл. 1), свидетельствуют о том, что основной проблемой в распределительных сетях централизованного водопользования является несоответствие проб воды требованиям по жесткости (43,24 % от общего числа проб).

Среднерегиональный показатель удельного веса проб питьевой воды из *распределительной сети*, не соответствующих требованиям гигиенических нормативов по *санитарно-химическим* показателям (11,2 %), по итогам 2024-2025 гг., превышен на 15-ти административных территориях: в Новохопёрском (13,3 %), Рамонском (14,5 %), Павловском (17,2 %), Воробьёв-

ском (19,5 %), Бобровском (21,6 %), Поворинском (21,6 %), Эртильском (22,5 %), Петропавловском (28,9 %), Аннинском (31,4 %), Подгоренском (36,6 %), Таловском (38,2 %), Панинском (40,3 %), Кантемировском (55,3 %), Бутурлиновском (68,1 %), Ольховатском (64,6 %) муниципальных районах¹.

Неудовлетворительное качество питьевой воды в системах *централизованного* водопользования региона являются: рост техногенной нагрузки на водные объекты; деградация водоохраных территорий; использование устаревших методов очистки; физический износ трубопроводов и др.

Результаты состояния децентрализованных источников

По данным Управления Роспотребнадзора качество питьевой воды в *децентрализованных* источниках ухудшилось, так как доля проб воды с превышением нормативов по санитарно-химическим параметрам возросла с 28,3 % (в 2022 г.) до 33,9 % (в 2024 г.). На 23-х административных территориях отмечено несоответствие отобранных проб гигиеническим стандартам².

Таблица 2

Результаты химического анализа приоритетных показателей проб воды в источниках децентрализованного питьевого водопользования по Воронежской области (результаты собственных исследований)

[Table 2. Results of chemical analysis of priority indicators of water samples in sources of decentralized drinking water use in Voronezh region (results of own research)]

Наименование показателя / Naming of the indicator	Норматив (ПДК), (ед. изм.) / Standard (MP-C), (units)	Диапазон значений (мин. – макс. знач.) / Range of values (min. – max. significant.)	Среднее значение / The average value	Доля проб не соответствующих нормативу, % / The proportion of samples that do not meet the standard, %	Макс. превышение ПДК, раз / Max. exceeding the maximum permissible concentration, times
Железо (Fe)	≤ 1,0 мг/л	0,01–5,51	0,2	5,80	5,51
Нитраты (NO ₃ ⁻)	≤ 45 мг/л	0,19–505,5	46,7	30,29	11,23
Марганец (Mn)	≤ 0,5 мг/л	0,01–0,44	0,04	0,00	0,00
Бор (B)	≤ 0,5 мг/л	0,05–1,5	0,13	0,96	3,00
Жёсткость	≤ 10 ммоль-экв/л	2,1–30,5	9,00	28,37	3,05

Обработка результатов химического анализа (табл. 2) показала, что наиболее часто исследованные пробы воды не удовлетворяют санитарно-гигиеническим стандартам по *нитратам* (30,29 %) и *жесткости* (28,37 %).

Исходя из этого, можно заключить, что основными показателями, снижающими качество вод децентрализованных источников водопользования выступают: *общая жесткость*, обусловленная природными особенностями, в частности, геологическим строением, так как большая часть подземных вод региона расположена в меловых отложениях бассейна реки Дон [2], и *нитраты*, концентрация которых напрямую зависит от антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Основными причинами низкого качества воды являются: недостаточная изоляция водоносных горизон-

тов от внешних загрязняющих факторов; отсутствие систем очистки и дезинфекции; неудовлетворительное техническое состояние колодцев; нарушение режима санитарно-защитных зон; бесконтрольная застройка неканализованных зон; преобладание неэффективных способов водоотведения.

Для анализа экспериментальных данных и определения степени взаимосвязи между случайными величинами, использовался коэффициент линейной корреляции, значение которого позволяет оценить связь между уровнями загрязнения питьевой воды в централизованных и децентрализованных источниках водопользования (табл. 3).

Результаты корреляционного анализа позволили установить: из пяти приоритетных параметров, ис-

Корреляционный анализ основных параметров качества питьевой воды из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения

[Table 3. Correlation analysis of the main parameters of drinking water quality from centralized and decentralized water supply sources]

Критерий оценки качества воды	Fe ср. знач.	Fe макс знач.	NO ₂ ⁻ ср. знач.	NO ₃ ⁻ макс. знач.	Mn ср. знач.	Mn макс. знач.	В ср. знач.	В макс. знач.	Жёсткость ср. знач.	Жёсткость макс. знач.
Коэффициент корреляции (r)	0,13	-0,04	0,30¹	-0,11	0,16	0,22	0,89²	0,90³	0,39¹	0,06

Примечание: ¹ – Значение коэффициента корреляции соответствует умеренной положительной связи;

² – Значение коэффициента корреляции соответствует сильной положительной связи;

³ – Значение коэффициента корреляции соответствует очень сильной положительной связи.

[Note: ¹ –The value of the correlation coefficient corresponds to a moderate positive relationship;

² – The value of the correlation coefficient corresponds to a strong positive relationship;

³ – The value of the correlation coefficient corresponds to a very strong positive relationship]

следованных в обеих базах данных, наиболее четкая связь между централизованным и децентрализованным водопользованием наблюдается по содержанию жесткости, нитратов и бора; значения коэффициента корреляции $r = 0,39$ для средних значений жесткости и $r = 0,30$ для средних значений нитратов свидетельствуют о наличии «умеренной» положительной связи; значения коэффициента корреляции $r = 0,90$ для максимальных и $r = 0,89$ средних значений бора свидетельствуют о «сильной» и «очень сильной» положительной связи этого показателя в обеих системах водопользования соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ фондовых данных Управления Роспотребнадзора по Воронежской области и собственной базы данных по 34 административным территориям региона (3 ГО и 31 муниципальный район) позволил установить, что качество воды в разводящей сети централизованного и в источниках децентрализованного водопользования остается на неудовлетворительном уровне. Гидроэкологические исследования подтвердили, что основными загрязняющими веществами питьевой воды в регионе являются общая жесткость, обусловленная природными условиями, и нитраты, связанные с хозяйственной деятельностью. В сложившихся обстоятельствах контролирующими органам региона рекомендуется усилить мониторинг качества питьевой воды. Жителям, как городов, так и сельской местности, следует использовать бытовые фильтры для дополнительной очистки воды.

Итоги проведенных исследований могут послужить основой для корректировки и оптимизации мероприятий в рамках региональной водной политики, направленных на обеспечение населения Воронежской области качественной питьевой водой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боева А.С. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 3, с. 90-97.
2. Бочаров В.Л., Строгонова Л.Н., Овчинникова Е.С. Проблемы изучения и использования ресурсов подземных питьевых вод Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 2010, № 1, с. 243-252.
3. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО, 2020, № 4 (325), с. 37-42.
4. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Преснякова Ю.А. Геоэкологическая оценка качества источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий Воронежской области // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле, 2020, т. 29, вып. 2, с. 213-220.
5. Современные гигиенические проблемы питьевого водоснабжения населения Воронежской области / И.И. Механтьев, О.В. Клепиков, С.А. Куролап, Л.В. Попова // Тенденции развития науки и образования, 2021, № 79 (1), с. 28-32.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и по-тенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 16.06.2025
Принята к публикации: 01.09.2025

Results of Hydroecological Studies of the State of Drinking Water Use in the Voronezh Region

T. I. Prozhorina[✉], P. A. Sukhanov, A. S. Boeva

Voronezh State University, Russian Federation
(1, Universitetskaya pl., Voronezh, 394018)

Abstract. The purpose of the study is to assess the quality of drinking water in the Voronezh region based on the results of chemical analysis of water samples taken from centralized and decentralized sources of water use.

Materials and methods. Initial data: 1) Database of the Department of the Federal Supervision Service in the field of Consumer Protection and Human Well-Being for the Voronezh region "Results of laboratory tests of drinking water quality at monitoring points" for 2024-2025 from the distribution network of centralized water use; 2) own database "Results of chemical analysis of drinking water samples taken from decentralized water use sources during field expeditions for 2024-2025." Chemical analysis of samples was carried out for 5 priority pollutants of drinking water (total hardness, iron, manganese, boron, nitrates) using titrimetric and colorimetric analysis methods.

Results and discussion. In centralized water use systems, exceeding the standard values for water hardness is most common (43.24 % of samples). For decentralized water use sources, the main problems are the increased nitrate content (30.29 %) and hardness (28.37 %). Analysis of the correlation between water quality from centralized and decentralized systems revealed the most noticeable connection for three main indicators: nitrates (correlation coefficient 0.30), hardness (0.39), and boron (0.89).

Conclusion. Analysis of water quality data in 34 districts of the region showed that both centralized and decentralized sources of water use do not provide satisfactory drinking water quality. The main indicators of water quality decline in the Voronezh region are the increased hardness associated with natural features and nitrates entering the water as a result of economic activity.

Key words: centralized water supply, distribution network, decentralized sources, priority pollutants, drinking water quality, chemical analysis.

Funding: The research was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, project No. 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>.

For citation: Prozhorina T. I., Sukhanov P. A., Boeva A. S. Results of Hydroecological Studies of the State of Drinking Water Use in the Voronezh Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2025, no. 3, pp. 163-168 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/163-168>

REFERENCES

1. Boeva A. S. Ocenka jekologicheskikh riskov dlja zdorov'ja naselenija Voronezhskoj oblasti, sviazannyh s kachestvom pit'evoy vody v istochnikah decentralizovannogo vodopol'zovaniya [Assessment of environmental risks to the health of the population of the Voronezh Region related to the quality of drinking water in sources of decentralised water use]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2023, no. 3, pp. 90-97. (in Russ.)
2. Bocharov V. L., Stroganova L. N., Ovchinnikova E. S. Problemy izuchenija i ispol'zovaniya resursov podzemnyh pit'evykh vod Voronezhskoj oblasti [Problems of studying and using groundwater resources in the Voronezh Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geologija*, 2010, no. 1, pp. 243-252. (in Russ.)
3. Mehant'ev I. I. Risk zdror'ju naselenija Voronezhskoj oblasti, obu-slovennyj kachestvom pit'evoy vody [The health risk to the population of the Voronezh Region due to the quality of drinking water]. *Zdror'je naselenija i sreda obitanija - ZNiSO*, 2020, no. 4 (325), pp. 37-42. (in Russ.)
4. Prozhorina T. I., Kurolap S. A., Presnjakova Ju. A. Geojekologicheskaja ocenka kachestva istochnikov hozjajstvenno-pit'evogo vodosnabzhenija urbanizirovannyh i sel'skih territorij Voronezhskoj oblasti [Geoenvironmental assessment of the quality of drinking water supply sources in urbanized and rural areas of the Voronezh Region]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija: Biologija. Nauki o Zemle*, 2020, vol. 29, v. 2, pp. 213-220. (in Russ.)
5. Sovremennye gigienicheskie problemy pit'evogo vodosnabzhenija nase-lenija Voronezhskoj oblasti [Modern hygienic problems of drinking water supply in the Voronezh region] / I. I. Mehant'ev, O. V. Klepikov, S. A. Kurolap, L. V. Popova. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2021, no. 79 (1), pp. 28-32. (in Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 16.06.2025

Accepted: 01.09.2025



Прожорина Татьяна Ивановна

Кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2808-0802, e-mail: coriandre@rambler.ru

Суханов Павел Алексеевич

Аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6234-8887, e-mail: sukhanov.1990@bk.ru

Боева Анастасия Сергеевна

Кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastyaboeva.82@mail.ru

Tat'yana I. Prozhorina

Cand. Sci. (Chemist.), Assoc. Prof. at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2808-0802, e-mail: coriandre@rambler.ru

Pavel A. Sukhanov

Postgraduate student at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6234-8887, e-mail: sukhanov.1990@bk.ru

Anastasiya S. Boeva

Cand. Sci. (Geogr.), Senior Lecturer at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastyaboeva.82@mail.ru