

Оценка экологических рисков для здоровья населения, связанных с качеством питьевой воды источников децентрализованного водопользования Воронежской области

А. С. Боева ✉

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

Аннотация: Цель исследования – оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования.

Методы и материалы. В период с 2021 по 2022 годы в ходе полевых экспедиций на 34 административных территориях региона было отобрано 302 пробы воды из источников децентрализованного водопользования (в том числе из 113 скважин, 53 колодца, 31 колонки и 105 родников). О качестве питьевой воды судили по результатам химического анализа отобранных проб в исследованных источниках на основании расчета рисков для здоровья населения, связанных с водным фактором.

Результаты и обсуждение. Анализ средних концентраций загрязнителей в питьевой воде показал, что к числу территорий «риска» по превышению нормативов общей жёсткости относится 32,7%, а по содержанию нитратов – 47% территории региона. В результате употребления питьевой воды низкого качества около 2,5% взрослого и 4,1% детского населения области подвергаются рискам возникновения различных заболеваний.

Заключение. С целью зонирования территорий была создана карта, наглядно иллюстрирующая комплексную оценку качества воды в источниках децентрализованного водопользования и связанных с этим рисков водопользования для жителей региона.

Ключевые слова: местная система водопользования, скважины, колодцы, родники, разовые пробы воды, санитарно-гигиенические требования.

Для цитирования: 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. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/90-97>

ВВЕДЕНИЕ

Хозяйственно-питьевое водоснабжение Воронежской области практически полностью базируется на использовании подземных вод. На территории региона используются две системы водопользования: *централизованная*, то есть прошедшая водоочистку питьевая вода по разводящей сети, которая поступает в жилые дома, и *децентрализованная* (местная), в основном представленная индивидуальными скважинами, колодцами, колон-

ками, родниками. Второй тип водопользования обычно распространен в сельской местности. В санитарно-гигиеническом отношении местное водопользование, как правило, менее благоприятно.

На 01.01.2022 год численность населения региона составляет 2287,6 тыс. человек, в среднем на долю городского населения приходится 68%, сельского населения – 32%. По данным Управления Роспотребнадзора по Воронежской области¹ в среднем по Воронежской области *централизо-*

© Мирзеханова З. Г., Климина Е. М., 2023

✉ Боева Анастасия Сергеевна, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru

¹Официальный сайт Управления Роспотребнадзора по Воронежской области [электронный ресурс]. – URL: <http://36.rspotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 08.10.2022).



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

ваным водоснабжением обеспечено 61,3% населения (в том числе в городских округах (ГО) – 95,4%, в районах – 58,0%); децентрализованным водоснабжением обеспечено 38,7% (в том числе в ГО – 4,6%, в районах – 42,0%). По сравнению с ГО, где практически полностью потребители обеспечены водопроводной водой удовлетворительного качества, 38,7% жители сельских поселений (892,4 тыс. человек) до сих пор вынуждены использовать в питьевых целях недоброкачественную воду из децентрализованных источников без предварительной очистки.

Приоритетными загрязнителями децентрализованных источников питьевого водоснабжения остаются общая жесткость, железо, марганец, бор (природного происхождения) и нитраты, связанные с антропогенным фактором. Основные причины неудовлетворительного качества воды связаны с низкой защищенностью водоносных горизонтов от поверхностных загрязнений; застройкой в неканализованной части населенных мест (оснащенной выгребями); очисткой и дезинфекцией колодцев; отсутствием своевременного технического ремонта и др. [5].

Однако, федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в обязательном порядке ведутся наблюдения за состоянием водозаборных источников и разводящей сети только централизованного водоснабжения, а объекты местного водопользования не включены в систему мониторинга. Результаты исследований региональных специалистов [2, 3, 4] подтверждают актуальность проблемы и обращают внимание, что качество питьевой воды во многих населенных пунктах Воронежской области находится на низком уровне и не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по ряду показателей, что приводит к повышенным рискам для здоровья населения.

Цель исследования заключается в оценке экологических рисков для здоровья населения Воронежской области, связанных с качеством питьевой воды в источниках децентрализованного водопользования.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве мониторинговых точек контроля выбраны следующие категории селитебных территорий: 3 ГО (города Воронеж, Нововоронеж и

Борисоглебск), а также села, поселки, хутора в 162 населённых пунктах 31 муниципального района Воронежской области.

Экспедиционные исследования проходили в период 2021-2022 годы, в ходе которых в соответствии с ГОСТ² было отобрано 302 разовых пробы воды, в том числе 113 проб из скважин (децентрализованный водопровод); 53 пробы из колодцев; 31 проба из колонок и 105 проб из родников.

Химический анализ отобранных проб проведен в эколого-аналитической лаборатории Воронежского госуниверситета при непосредственном участии автора работы с применением химических (макрокомпонентный состав) и инструментальных (железо, марганец, бор, азотистые соединения, pH, минерализация) методов анализа. Результаты анализа сравнивали с нормативами для вод децентрализованных источников, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты химического анализа показали значительные превышения гигиенических нормативов в исследуемых источниках как по средним, так и максимальным концентрациям нитратов и общей жесткости (рис. 1), что вызывает определенное беспокойство, поскольку 47% территории (16 районов) подвержены риску заболеваний сердечно-сосудистой системы и нарушению обмена веществ от загрязнения питьевой воды нитратами и 32,7% территорий (11 районов) находятся в области повышенной опасности, обусловленной заболеваниями кожи и болезнями мочеполовой системы из-за систематического употребления «очень жесткой» питьевой воды.

По данным мониторинговых исследований качества питьевой воды, в соответствии с алгоритмом руководства⁴, был выполнен расчет оценки рисков для здоровья населения, связанных с водным фактором. На этапе идентификации опасности в перечень приоритетных показателей включены 5 загрязнителей: железо, бор, марганец, нитраты и общая жесткость, не обладающих канцерогенным действием. Однако, исследуемые ингредиенты способны оказывать негативное влияние на организм человека и вызывать неканцерогенные эффекты при хроническом пероральном поступлении их с питьевой водой (табл.) [2].

² ГОСТ 31861 - 2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Москва, 2013. 36 с.

³ 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.

⁴ Р.2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Москва: Роспотребнадзор, 2004. 143 с.

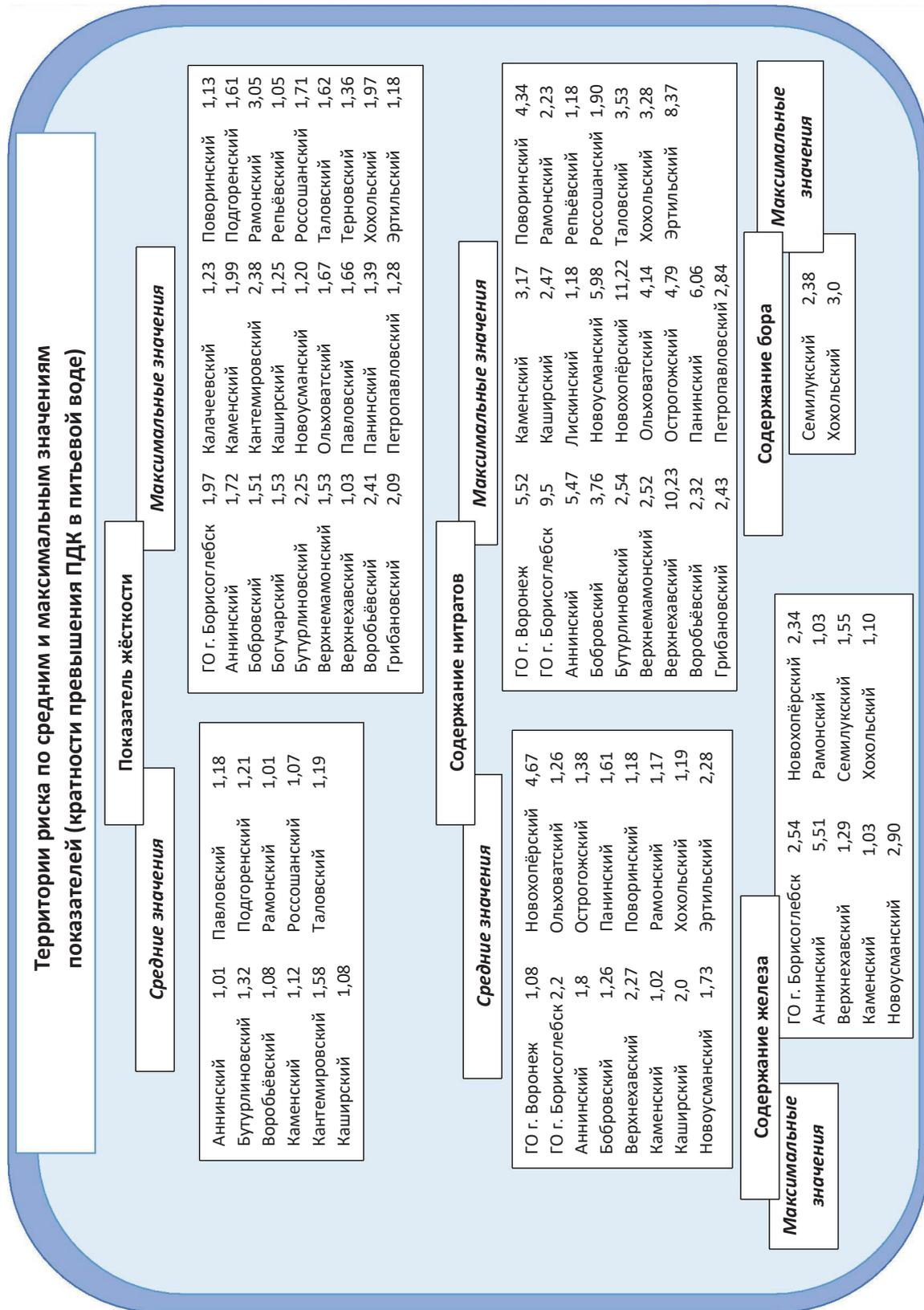


Рис. 1. Ранжирование административных территорий по показателю средней и максимальной территориальной кратности превышения норматива качества питьевой воды децентрализованных источников
 [Fig. 1. Ranking of administrative territories according to the average and maximum territorial multiplicity of exceedance of drinking water quality standards of decentralized sources]

Референтные дозы основных загрязнителей питьевой воды
[Table. Reference doses of main drinking water contaminants]

№ п/п	CAS*	Наименование вещества/ Substance name	Класс опасности/ Class danger	Норматив (ПДК), мг/л/ Standard (MPC), mg/l	RfD**, мг/кг/ mg/kg	Доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам (%)/ Proportion of samples that do not meet hygienic standards (%)	Ранг/ Rank
1	–	Общая жёсткость	–	10,0 (ммоль/л)	–	28,37	2
2	14797-55-8	Нитраты (по NO ₃ ⁻)	3	45,0	1,6	30,29	1
3	7439-89-6	Железо	3	1,0	0,3	5,8	3
4	7439-96-5	Марганец (суммарно)	3	0,5	0,14	–	5
5	7440-42-8	Бор (суммарно)	2	0,5	0,2	0,96	4

Примечание:

*CAS уникальный численный идентификатор химических соединений;

**RfD – референтная доза (суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения).

[Note:

*CAS is a unique numerical identifier of chemical compounds;

**RfD is a reference dose (the daily lifetime exposure to a chemical that does not result in an unacceptable health risk to sensitive populations).

Из таблицы видно, что два первых ранговых места занимают такие приоритетные загрязнители как *общая жесткость* и *нитраты*, доминирующие по числу проб, не удовлетворяющих гигиеническим нормативам. Следует отметить, что общая жёсткость скорее относится к обобщающим показателям, характеризующим качество

питьевой воды, так как класс опасности для неё не установлен и эта величина не является конкретным химическим веществом. Однако, ежедневное употребление жесткой воды способствует развитию мочекаменной болезни [5].

С использованием факторов экспозиции были установлены средние и максимальные среднесу-

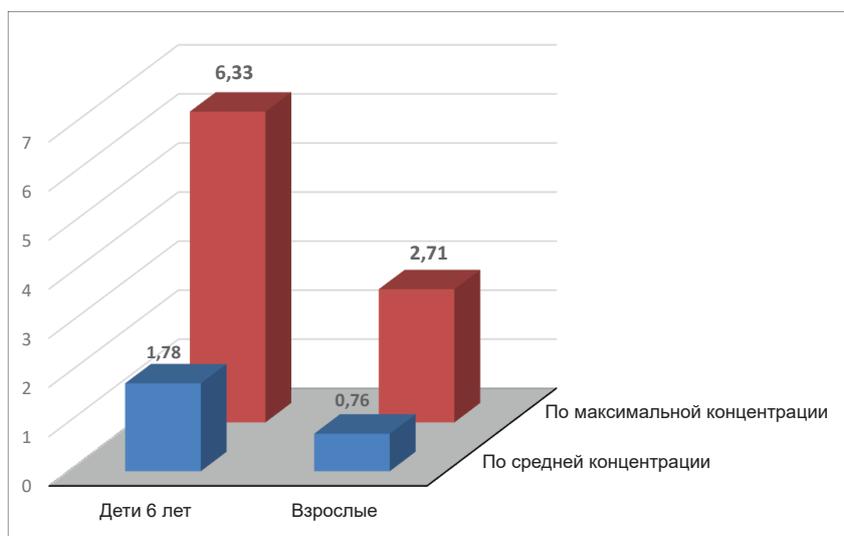


Рис. 2. Индекс опасности HI (кровь)

[Fig. 2. Hazard index HI (blood)]

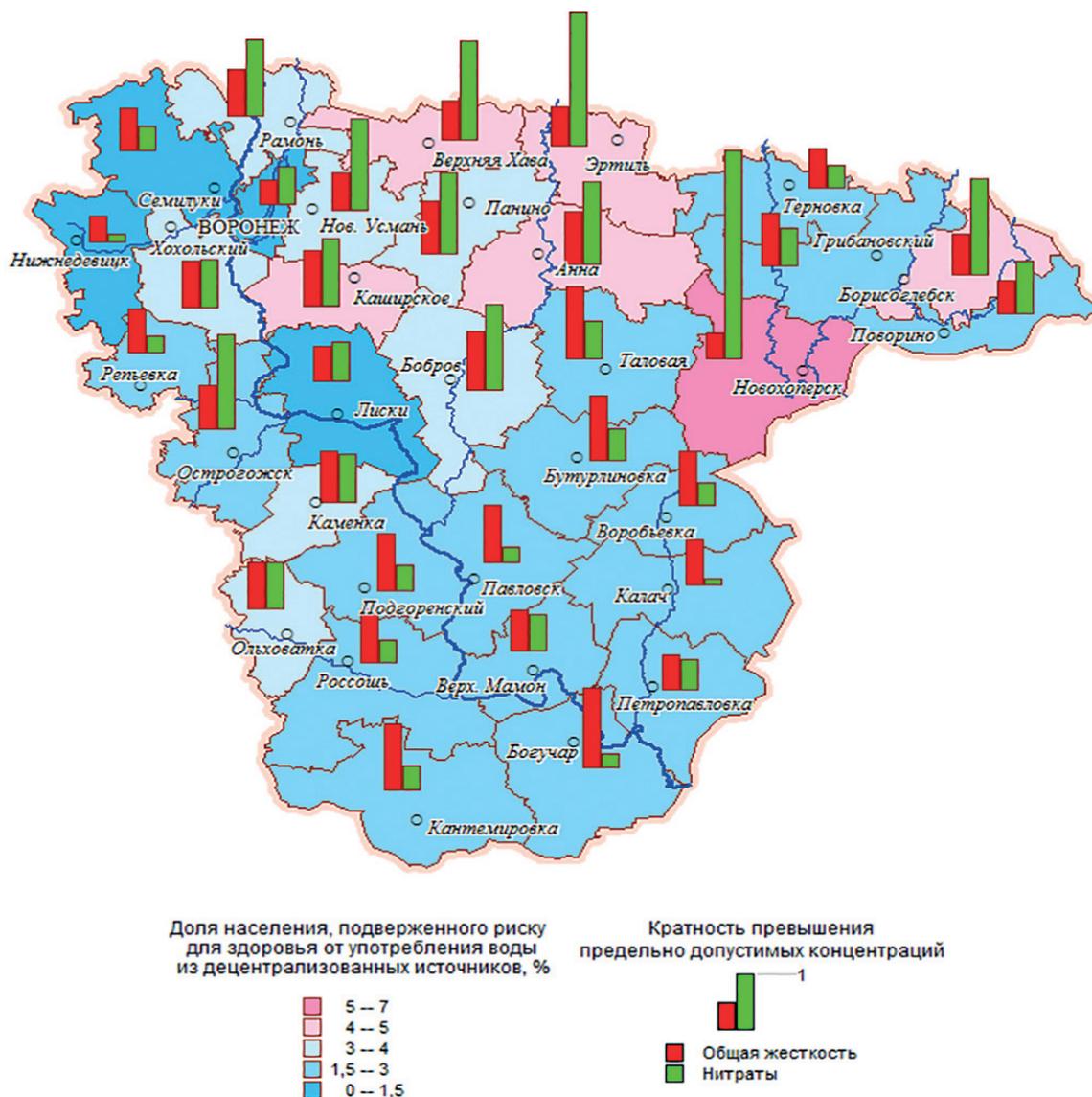


Рис. 3. Карта экологических рисков для здоровья населения Воронежской области от употребления питьевой воды из источников децентрализованного водопользования [Fig. 3. Map of environmental health risks for the population of the Voronezh region from drinking water from sources of decentralised water use]

точные дозы для детского и взрослого населения приоритетных загрязнителей, присутствующих в питьевой воде, на основании которых были рассчитаны индивидуальные неканцерогенные риски (HQ). Так, расчет для средних доз показал, что при норме $HQ < 1$ наиболее неблагоприятна ситуация отмечается по 2 компонентам: а) *нитраты*: для детей (до 6 лет) на территории 19 районов и 2 ГО (от 1,03 до 6,63), для взрослого населения (18 лет и старше) – на территории 10 районов и 1 ГО (от 1,06 до 2,84); б) *общая жесткость*: как для детского, так и взрослого населения на территории 12 районов (от 1,03 до 1,43).

При условии одновременного поступления трех веществ однонаправленного действия (же-

лезо, нитраты, марганец) пероральным путем был проведен расчет индекса опасности, результаты которого позволили оценить степень риска развития неканцерогенных эффектов, влияющих на кроветворную систему.

Суммарный риск, рассчитанный по *средним* концентрациям трех веществ для взрослых находится на допустимом уровне ($HI=0,76$), а для детей вызывает опасение ($HI=1,78$), однако при расчёте по *максимальным* концентрациям вызывает опасение не только для детей $HI=6,33$, но и для взрослых $HI=2,71$ (рис.2).

Полученные результаты свидетельствуют о повышенной опасности для здоровья от употребления некачественной воды, отобранной из де-

централизованных источников водопользования, не прошедшей предварительную очистку. Причем доминирующая доля в негативном воздействии на кроветворную систему принадлежит – *нитратам*, которые в больших концентрациях могут иметь отдаленный канцерогенный эффект.

Для расчета популяционного риска (РНQ) учитывалась общая численность населения (детского и взрослого) по всем административным территориям области. Результаты свидетельствуют о том, что на территории преимущественно сельских поселений области примерно 13191 детей в возрасте 0-14 лет и 42569 взрослых жителей подвергают свое здоровье повышенному риску, обусловленному употреблением питьевой воды ненадлежащего качества.

С целью зонирования территорий региона с учетом экологических рисков водопользования была создана итоговая карта, иллюстрирующая комплексную оценку качества воды в источниках децентрализованного водопользования и связанных с этим рисков для здоровья населения Воронежской области (рис. 3). Картографическая модель позволила не только наглядно показать качественные и количественные превышения приоритетных загрязнителей питьевой воды, но и отобразить численность населения по всем административным территориям региона, подверженных потенциальному риску заболевания от употребления воды ненадлежащего качества [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов гидрохимических исследований воды из источников децентрализованного водопользования за период 2021-2022 годов сделан вывод о неудовлетворительном качестве воды значительной части источников. К районам «экологического риска» по превышению нормативов общей жёсткости относится 32,7%, а по содержанию нитратов – 47% территории региона. Оценка экологических рисков по-

казала, что в пределах всех административных территориях региона в результате употребления в питьевых целях воды низкого качества примерно 55,8 тысяч жителей, в том числе 2,5% взрослого и 4,1% детского населения подвергаются рискам возникновения экологически обусловленных заболеваний, связанных с водным фактором. Построенная карта может служить основой региональной водохозяйственной политики, направленной на снижение экологических рисков питьевого водопользования в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куролап С. А., Клепиков О. В. Интегральное медико-экологическое зонирование как основа региональной стратегии устойчивого развития Воронежского региона // *Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки*, 2013, т. 18, №2, с. 516-519.
 2. Механтьев И. И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // *Здоровье населения и среда обитания*, 2020, № 4 (325), с. 37-42.
 3. 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.
 4. Боева А. С., Прожорина Т. И., Баскакова А. Г. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2021, № 5, с.62-74.
 5. Стёпкин Ю. И., Колнет И. В., Клепиков О. В. Влияние качества питьевой воды на здоровье населения сельских районов Воронежской области // *Здоровье населения и среда обитания*, 2007, № 1 (166), с. 13-15.
- Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 23.05.2023

Принята к публикации 04.09.2023

Assessment of Environmental Risks to Public Health Associated with the Quality of Drinking Water from Decentralised Water Sources in the Voronezh Region

A. S. Boeva✉

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

Abstract: The aim of the study is to assess environmental health risks for the population of Voronezh region associated with the quality of drinking water in sources of decentralized water use.

Methods and materials. In the period from 2021 to 2022, 302 water samples were collected from decentralized water sources (including 113 wells, 53 wells, 31 columns and 105 springs) during field expeditions in 34 administrative territories of the region. Drinking water quality was judged based on the results of chemical analysis of selected samples in the studied sources on the basis of calculation of public health risks associated with the water factor.

Results and discussion. The analysis of average concentrations of pollutants in drinking water has shown that 32.7% of the region's territory is "at risk" for exceeding the standards of total hardness and 47% for nitrate content. As a result of drinking water of poor quality, about 2.5% of the adult and 4.1% of the child population of the region are exposed to risks of various diseases.

Conclusion. For the purpose of zoning the territories, a map was created to illustrate a comprehensive assessment of water quality in sources of decentralized water use and the associated risks of water use for the inhabitants of the region.

Key words: local water use system, boreholes, wells, springs, single water samples, sanitary and hygienic requirements.

For citation: Boeva A. S. Assessment of Environmental Risks to Public Health Associated with the Quality of Drinking Water from Decentralised Water Sources in the Voronezh Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografya. Geoekologiya*, 2023, no. 3, pp. 90-97. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/90-97>

REFERENCES

1. Kurolap S.A., Klepikov O.V. Integral'noe mediko-ekologicheskoe zonirovaniye kak osnova regional'noy strategii ustoychivogo razvitiya Voronezhskogo regiona [Integrated medical and ecological zoning as the basis of the regional strategy of sustainable development of the Voronezh Region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2013, vol. 18, no. 2, pp. 516-519. (In Russ.)
2. Mekhant'ev I.I. Risk zdorov'yu naseleniya Voronezhskoy oblasti, obuslovlennyj kachestvom pit'evoy vody [The health risk of the population of the Voronezh region due to the quality of drinking water]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2020, no. 4 (325), pp. 37-42. (In Russ.)
3. Sovremennye gigenicheskie problemy pit'evogo vodosnabzheniya naseleniya Voronezhskoy oblasti /

I.I. Mekhant'ev, O.V. Klepikov, S.A. Kurolap, L.V. Popova [Modern hygienic problems of drinking water supply of the population of the Voronezh region]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2021, no. 79-1, pp. 28-32. (In Russ.)

4. Boeva A. S., Prozhorina T. I., Baskakova A. G. Ot-senka ekologicheskikh riskov dlya zdorov'ya naseleniya Voronezhskoy oblasti vsledstvie zagryazneniya istochnikov pit'evogo vodosnabzheniya [Assessment of environmental risks to the health of the population of the Voronezh region due to contamination of drinking water sources]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2021, no.5, pp. 62-74. (In Russ.)

5. Stypokin Yu. I., Kolnet I. V., Klepikov O. V. Vliyanie kachestva pit'evoy vody na zdorov'e naseleniya sel'skih rajonov Voronezhskoy oblasti [Impact of drinking water

© Rudnev V. V., Kumani M. V., 2023

✉ Anastasiya S. Boeva, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

quality on the health of the population in rural areas of the Voronezh region]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2007, no. 1 (166), pp. 13-15. (In Russ.)

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

Received: 23.05.2023

Accepted: 04.09.2023

Боева Анастасия Сергеевна
преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru

Anastasiya S. Boeva
Lecturer at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru