

Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения

А.С. Боева  , Т.И. Прожорина , А.Г. Баскакова 

 geoeecolog@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Для территории Центрально-Черноземного района актуальность представленного исследования особенно значима в связи с высокой плотностью населения и наличием многочисленных рассредоточенных источников экологического риска с химическим типом воздействия на природные воды. Употребление для питьевых целей воды, не соответствующей гигиеническим требованиям, создает серьезную угрозу для здоровья населения региона. В статье представлены результаты расчета неканцерогенного риска от воздействия на организм приоритетных химических веществ (железа, марганца, нитратов), содержащихся в источниках питьевого водоснабжения, по среднегодовым концентрациям в 174 мониторинговых точках контроля разводящей сети в населенных пунктах Воронежской области. **Методы.** В качестве методической основы оценки экологических рисков использовался нормативный документ Р.2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». **Результаты.** По итогам исследования выявлено, что на территории Воронежской области доминирующим показателем загрязнения питьевой воды остаются нитраты. Расчеты показали, что в 9 населенных пунктах 7 районов области и в г. Воронеже (19 мониторинговых точек контроля из 174) количественная величина неканцерогенного риска представляет объективную опасность для здоровья населения, проживающего на данных территориях. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования региональной водохозяйственной политики и повышения экологической безопасности водопользования в регионе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экологический риск, приоритетные химические вещества, источники питьевого водоснабжения, качество питьевой воды, мониторинг.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779.


© Боева А.С., Прожорина Т.И., Баскакова А.Г., 2021

Для цитирования: А.С. Боева, Т.И. Прожорина, А.Г. Баскакова. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 5. С. 62–74. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-5-4.

Дата поступления 06.04 2021.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS TO THE VORONEZH OBLAST PUBLIC HEALTH RESULTED FROM CONTAMINATION OF DRINKING WATER SOURCES

Anatasia S. Boeva  , Tatiana I. Prozhorina , Anna G. Baskakova 

 geoeecolog@mail.ru

Voronezh State University, Russian Federation, Voronezh

ABSTRACT

Significance. The relevance of research is particularly high for the Central Black Earth Region due to the high population density and the presence of numerous dispersed sources of environmental risk with a chemical type of impact on natural waters. People are forced to use water that does not meet health standards for drinking purposes, which poses a serious threat to their health. The article presents the results of calculating the non-carcinogenic risk from exposure of the body to priority chemicals (iron, manganese, nitrates) contained in the drinking water supply sources of the region, based on average annual concentrations at 174 monitoring points of control (m.t.c.) of the distribution network in settlements Voronezh Oblast. **Methods.** As a methodological basis for assessing environmental risks, the regulatory document R.2.1.10.1920–04 “Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment” was used. **Results.** According to the results of the study, it was revealed that nitrates remain the dominant indicator of drinking water pollution in the region. Calculations showed that in 9 settlements of 7 districts of the Oblast and the city of Voronezh (19 m.t.s. out of 174), the quantitative value of the non-carcinogenic risk poses an objective threat to the health of both children and adults living in these territories. The practical significance of the work is determined by the possibility of using the results of the study to improve regional water policy and increase the environmental safety and comfort of water use in the region.

Keywords: risk assessment, carcinogenic and non-carcinogenic effects, priority chemicals, sources of drinking water supply, drinking water quality, priority chemical pollutants, monitoring control points.

Funding: The study was carried out with the financial support of the RFBR, project No. 20-05-00779.

For citation: Boeva A.S., Prozhorina T.I., Baskakova A.G. Assessment of environmental risks to the Voronezh Oblast public health resulted from contamination of drinking water sources. *Water sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2021. No. 5. P. 62–74. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-5-4.

Received April 06, 2021.

ВВЕДЕНИЕ

Учеными давно установлена взаимосвязь между качеством потребляемой воды и здоровьем человека. [1]. Для территории Центрально-Черноземного района актуальность исследований по определению экологических рисков особенно высока в связи с высокой плотностью населения и наличием многочисленных рассредоточенных источников с химическим типом воздействия на природные воды. На протяжении последних десятилетий экологическое состояние источников хозяйственно-питьевого водоснабжения остается приоритетной проблемой по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия жителей Воронежской области [2]. В рамках реализации федерального проекта «Чистая вода» на территории региона действует государственная программа «Обеспечение качественными жилищно-коммунальными услугами населения Воронежской области» (на период до 2025 г.). В целевых показателях программы определено, что доля сельского населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного питьевого водоснабжения» в динамике за шесть лет должна повыситься с 88,1 до 92,8 %, городского населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного питьевого водоснабжения, с 96,5 до 99,5 % [3].

Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Воронежской области практически в полном объеме осуществляется за счет использования подземных вод, которые эксплуатируются буровыми скважинами и колодцами: по данным 2019 г. в регионе эксплуатировалось 2036 водозаборных скважин. В период с 2017 по 2019 гг. состояние источников централизованного водоснабжения ухудшилось: доля проб питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, повысилась с 35,5 % в 2017 г. до 36,2 % в 2019 г.¹. В то же время качество питьевой воды из распределительной сети (водопровод) улучшилось, что можно объяснить усилением контроля за объектами водоснабжения, относящимися к категории чрезвычайно высокого, высокого и значительного риска причинения вреда здоровью.

Причины низкого качества питьевой воды в Воронежской области обусловлены факторами естественного и искусственного происхождения. К природным можно отнести загрязнение подземных водоносных горизонтов солями жесткости, марганцем, железом и бором. Источниками поступления марганца и железа являются заболоченные массивы верховья

¹ Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2018 году. Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2019. 199 с.

Воронежского водохранилища. К антропогенным факторам относится загрязнение подземных вод в результате активной хозяйственной деятельности, вторичное загрязнение питьевой воды, ветхие водопроводные сети и др. Загрязнение вод соединениями азота вызывают инфильтраты несанкционированных свалок, прорывы канализационных вод, ливневые и сточные сбросы очистных сооружений предприятий [4, 5]. Таким образом, в результате загрязнения подземных водоносных горизонтов, население Воронежской области употребляет воду, не отвечающую санитарно-гигиеническим требованиям².

Цель проведенного исследования – оценка рисков для здоровья населения Воронежской области от использования питьевой воды, загрязненной химическими веществами по данным мониторинговых точек контроля за период с 2017 по 2019 гг.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процедура оценки риска способствует выявлению приоритетных загрязняющих веществ [6], которые представляют наибольшую опасность для здоровья населения Воронежской области, и позволяет в дальнейшем разработать программы и мероприятия по снижению уровней экспозиции и достижению безопасных для здоровья населения показателей экологического риска.

В качестве методической основы оценки экологических рисков вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения использовали нормативный документ³. Основные задачи исследования включали несколько этапов. На первом этапе была проведена идентификация опасности химических веществ, загрязняющих питьевую воду. Лабораторный контроль качества и безопасности питьевой воды осуществлялся в соответствии с гигиеническими нормативами² [7].

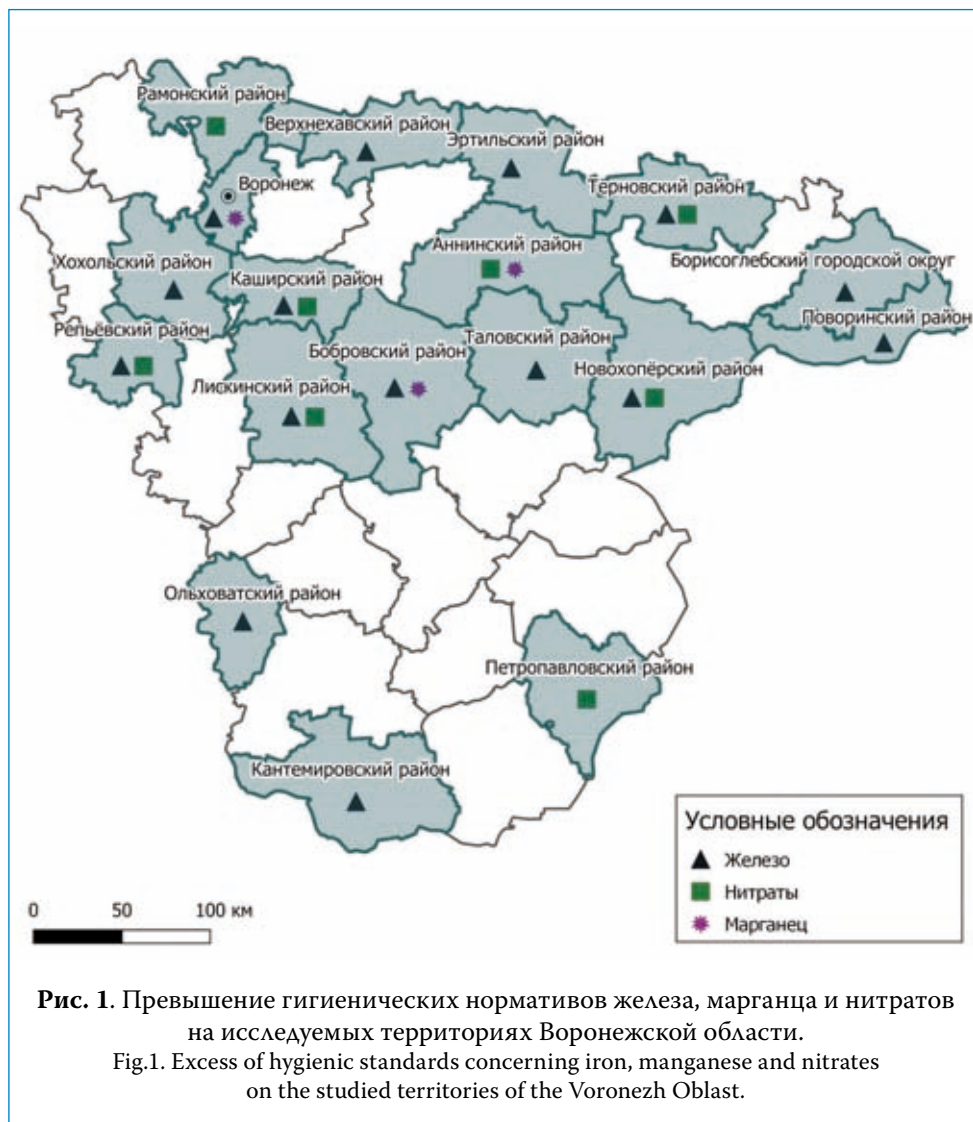
Для оценки качества питьевой воды в целях установления влияния ее химического состава на здоровье населения использованы данные филиалов и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» о качественных и количественных характеристиках загрязняющих веществ, полученные в результате осуществления федерального государственного надзора и ведения социально-гигиенического мониторинга за период 2017–2019 гг. по 265 мониторинговым точкам контроля 33 административных территорий Воронежской области.

² СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

³ Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным мониторинга за исследуемый период зарегистрированы превышения гигиенических нормативов по содержанию железа для питьевой воды в источниках водоснабжения и разводящей сети в г. Воронеже и в 14 районах области. Повышенное содержание марганца отмечено в двух районах и г. Воронеже, в восьми районах наблюдались превышения гигиенического норматива по содержанию нитратов (рисунок).



Для оценки риска здоровью населения из 265 мониторинговых точек контроля было выбрано 174 мониторинговых точки разводящей сети в населенных пунктах Воронежской области, данные по которым были зафиксированы два и более раз за анализируемый период (2017–2019 гг.).

С целью выявления приоритетных химических веществ, загрязняющих питьевую воду на территории Воронежской области [5], проведена их идентификация. Среди трех идентифицированных веществ отсутствуют вещества, обладающие канцерогенным действием на человека [8]. Однако загрязняющие химические вещества, содержание которых в питьевой воде превышает гигиенические нормативы, относятся к 3 классу опасности (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что первые два места по доле проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, приходятся на общую жесткость и нитраты, а третье место приходится одновременно на железо и марганец. Общая жесткость не является химическим веществом, класс опасности для нее не установлен, она относится к обобщающим показателям, характеризующим качество питьевой воды [7]. Однако следует учитывать, что систематическое употребление воды с повышенной жесткостью способствует развитию мочекаменной болезни.

Таблица 1. Характеристика идентифицированных химических веществ
Table 1. Characteristics of the identified chemicals

CAS*	Наименование вещества	Класс опасности	Норматив (ПДК), мг/л	RfD**, мг/кг	Доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам	Место
–	Общая жесткость	–	7,0 (ммоль/л)	–	78,0	1
14797-55-8	Нитраты (по NO ₃ -)	3	45,0	1,6	1,85	2
–	Железо	3	0,3	0,3	0,0	3
7439-96-5	Марганец (суммарно)	3	0,1	0,14	0,0	3

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).

Для проведения расчетов неканцерогенного риска в предварительный перечень приоритетных загрязняющих веществ были включены железо, марганец, нитраты.

На втором этапе работы оценивали зависимости «доза–ответ». Анализ токсикологических характеристик трех загрязняющих питьевую воду веществ (железо, марганец, нитраты), выбранных для дальнейшего исследования, показал:

- канцерогенного воздействия (развитие злокачественных новообразований) исследованные вещества не оказывают;
- эмбриотропным действием (сопровождаяемым гибелью эмбриона) обладают марганец и нитраты;
- гонадотропным действием (вероятность выкидыша, ослабление половой потенции, бесплодие) обладают марганец и нитраты;
- тератогенным действием (влияние химических веществ на организм матери, отца или плода) обладают нитраты;
- мутагенным (способностью вызывать изменения на генетическом уровне) – нитраты.

Обработка данных по развитию неканцерогенных эффектов при хроническом пероральном поступлении приоритетных химических веществ питьевой воды централизованной системы питьевого водоснабжения Воронежской области показала, что исследуемые вещества могут оказывать неблагоприятные воздействия на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую и иммунную системы, кроветворную и репродуктивную системы, кожу, желудочно-кишечный тракт [9, 10].

На третьем этапе в качестве экспонированных групп населения были выбраны дети от 0 до 6 лет и взрослое население (старше 18 лет). Основным путем поступления загрязняющих питьевую воду веществ в организм человека является пероральный, в среднем для взрослого населения объем водопотребления составляет 2 л в сут, для детей – 1 л.

На четвертом этапе оценивали экологические риски [7] на основе расчета коэффициентов опасности (HQ) в соответствии с руководством³. При величине $HQ < 1$, риск негативного воздействия рассматривается как пренебрежимо малый (приемлемый), т. е. вероятность развития у человека токсических или неблагоприятных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни незначительна, такое воздействие характеризуется как допустимое. В случае если $HQ > 1$, вероятность возникновения негативных последствий возрастает пропорционально увеличению значения коэффициента опасности [2].

Анализ данных табл. 2 показал, что превышения допустимого значения коэффициентов опасности, характеризующих неканцерогенный риск от воздействия приоритетных загрязняющих питьевую воду веществ, обнаружены в девяти населенных пунктах семи районов Воронежской области и ГО г. Воронеж.

Таблица 2. Величина неканцерогенного риска от воздействия приоритетных загрязняющих веществ питьевой воды (по коэффициенту опасности HQ)
 Table 2. The value of non-carcinogenic risk from exposure to priority pollutants of drinking water (according to the HQ hazard coefficient)

Район	№ точки (код)	Населенный пункт	Величина коэффициента опасности (HQ)					
			Железо		Марганец		Нитраты	
			Дети	Взрос- лые	Дети	Взрос- лые	Дети	Взрос- лые
Кантемировский	556	пгт Каменка	0,011	0,005	0,005	0,002	0,214	0,092
	166	р.п. Кантемировка	0,301	0,129	0,033	0,014	0,019	0,008
	167	р.п. Кантемировка	0,289	0,124	0,033	0,014	0,007	0,003
	175	р.п. Кантемировка	0,027	0,012	0,033	0,014	1,395	0,598
	598	с. Митрофановка	0,030	0,013	0,033	0,014	1,384	0,593
	599	с. Митрофановка	0,027	0,011	0,033	0,014	1,389	0,595
	431	с. Митрофановка	0,294	0,126	0,033	0,014	0,006	0,003
Лискинский	543	г.Лиски	0,011	0,005	0,005	0,002	0,893	0,383
	544	г.Лиски	0,018	0,008	0,005	0,002	0,892	0,382
	545	г.Лиски	0,013	0,006	0,005	0,002	1,021	0,438
	411	р.п. Давыдовка	0,011	0,005	0,005	0,002	1,180	0,506
	450	р.п. Давыдовка	0,023	0,010	0,005	0,002	1,484	0,636
	546	г.Лиски	0,019	0,008	0,005	0,002	0,657	0,282
	547	г.Лиски	0,017	0,007	0,005	0,002	0,642	0,275
	548	г.Лиски	0,017	0,007	0,005	0,002	0,655	0,281
	74	р.п. Давыдовка	0,020	0,009	0,005	0,002	1,534	0,657
Новохоперский	518	г. Новохоперск	0,036	0,015	0,024	0,010	0,018	0,008
	519	г. Новохоперск	0,072	0,031	0,024	0,010	0,004	0,002
	520	г. Новохоперск	0,037	0,016	0,024	0,010	0,030	0,013
	522	с. Елань-Колено	0,021	0,009	0,024	0,010	0,215	0,092
	524	с. Елань-Колено	0,014	0,006	0,024	0,010	2,533	1,086
Острогожский	558	г. Острогожск	0,011	0,005	0,005	0,002	0,712	0,305
	559	г. Острогожск	0,011	0,005	0,005	0,002	1,072	0,459
	560	г. Острогожск	0,011	0,005	0,005	0,002	0,521	0,223
	562	с. Коротояк	0,011	0,005	0,005	0,002	0,545	0,234
	563	с. Коротояк	0,011	0,005	0,005	0,002	0,438	0,188
	564	с. Коротояк	0,011	0,005	0,005	0,002	0,481	0,206

Продолжение таблицы 2.

Район	№ точки (код)	Населенный пункт	Величина коэффициента опасности (НҚ)					
			Железо		Марганец		Нитраты	
			Дети	Взрос- лые	Дети	Взрос- лые	Дети	Взрос- лые
Павловский	565	г. Павловск	0,011	0,005	0,005	0,002	1,336	0,573
	566	г. Павловск	0,011	0,005	0,005	0,002	1,295	0,555
	567	г. Павловск	0,011	0,005	0,005	0,002	1,327	0,569
	568	с. Воронцовка	0,011	0,005	0,005	0,002	0,169	0,073
	569	с. Воронцовка	0,011	0,005	0,005	0,002	0,129	0,055
	570	с. Воронцовка	0,011	0,005	0,005	0,002	0,143	0,061
	571	с. Лосево	0,011	0,005	0,005	0,002	0,822	0,352
	572	с. Лосево	0,011	0,005	0,005	0,002	0,802	0,344
	573	с. Лосево	0,011	0,005	0,005	0,002	0,797	0,342
Подгоренский	374	сл. Подгорное	0,017	0,007	0,019	0,008	1,021	0,438
	375	сл. Подгорное	0,014	0,006	0,026	0,011	0,949	0,407
	376	сл. Подгорное	0,014	0,006	0,026	0,011	0,941	0,403
	474	пгт Подгоренский	0,018	0,008	0,019	0,008	0,400	0,172
	475	пгт Подгоренский	0,018	0,008	0,019	0,008	0,321	0,138
	476	пгт Подгоренский	0,017	0,007	0,019	0,008	0,413	0,177
Рамонский	355	р.п. Рамонь	0,011	0,005	0,003	0,001	2,067	0,886
	357	р.п. Рамонь	0,011	0,005	0,002	0,001	2,255	0,966
	442	р.п. Рамонь	0,011	0,005	0,003	0,001	2,288	0,981
ГО г. Воронеж	236	г. Воронеж	0,012	0,005	0,024	0,010	0,375	0,161
	237	г. Воронеж	0,034	0,014	0,017	0,007	0,304	0,130
	240	г. Воронеж	0,023	0,010	0,024	0,010	0,289	0,124
	241	г. Воронеж	0,032	0,014	0,024	0,010	0,675	0,289
	270	г. Воронеж	0,019	0,008	0,024	0,010	0,183	0,079
	243	г. Воронеж	0,051	0,022	0,024	0,010	0,246	0,105
	244	г. Воронеж	0,014	0,006	0,024	0,010	0,373	0,160
	245	г. Воронеж	0,017	0,007	0,024	0,010	0,213	0,091
	351	г. Воронеж	0,014	0,006	0,024	0,010	0,860	0,369
	353	г. Воронеж	0,013	0,005	0,024	0,010	0,665	0,285
	381	г. Воронеж	0,043	0,018	0,024	0,010	0,675	0,289
	367	г. Воронеж	0,016	0,007	0,024	0,010	0,208	0,089
	461	г. Воронеж	0,017	0,007	0,024	0,010	0,217	0,093
	446	г. Воронеж	0,012	0,005	0,024	0,010	1,334	0,572
	448	г. Воронеж	0,011	0,005	0,024	0,010	1,111	0,476
	481	г. Воронеж	0,011	0,005	0,024	0,010	1,109	0,475
482	г. Воронеж	0,011	0,005	0,024	0,010	0,162	0,069	

ВЫВОДЫ

По результатам проведенного исследования сделаны следующие основные выводы. Неканцерогенный риск от воздействия на организм приоритетных химических веществ (железа и марганца), содержащихся в источниках питьевого водоснабжения Воронежской области, по среднегодовым концентрациям во всех мониторинговых точках лабораторного контроля находится на допустимом уровне как для взрослого, так и для детского населения ($HQ < 1$).

При этом нитраты продолжают оставаться приоритетным загрязняющим питьевую воду веществом на территории Воронежской области. По результатам расчетов в девяти населенных пунктах семи районов Воронежской области и в г. Воронеже (19 мониторинговых точек контроля из 174) количественная величина риска при воздействии среднесуточных концентраций для детей до шести лет превышает допустимый уровень (от $HQ_{min}=1,021$ до $HQ_{max}=2,533$). Численность экспонированного населения составила 8254 человек. Для взрослого населения (старше 18 лет) существует риск здоровью от потребления питьевой воды в с. Елань-Колено Новохопёрского района при воздействии среднесуточных концентраций нитратов ($HQ=1,086$). Численность экспонированного населения – 284 человека.

На основе расчета индекса опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ в организм человека, дана характеристика риска развития неканцерогенных эффектов, влияющих на кроветворную систему. Превышение допустимого значения индексов опасности (HI) при воздействии среднесуточной концентрации для детского населения наблюдаются в тех же 19 мониторинговых точках контроля в девяти населенных пунктах семи районов Воронежской области и в г. Воронеже (от $HI_{min}=1,039$ до $HI_{max}=2,571$ при допустимой норме $HI < 1$), для взрослого населения – в с. Елань-Колено Новохопёрского района ($HI=1,102$).

Таким образом, результаты расчетов неканцерогенных рисков показали, что повышенные концентрации нитратов, предположительно антропогенного происхождения, обнаруженные в питьевой воде девяти населенных пунктов семи районов области и в г. Воронеже, представляют объективную опасность для здоровья как детского, так и взрослого населения, проживающего на данных территориях.

В целях снижения риска для здоровья населения от воздействия химических загрязняющих питьевую воду веществ рекомендуется осуществлять меры по разработке и реализации мероприятий по приведению качества питьевой воды к уровню гигиенических нормативов, актуализации схем водоснабжения и реализации программ комплексной реконструкции и модернизации объектов водоснабжения.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования результатов исследования для совершенствования региональной водохозяйственной политики, разработки мер по повышению экологической безопасности водопользования. Проведенные эколого-гигиенические исследования по оценке риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду, заложили основу для фундаментальных обобщений и дальнейших направлений научно-практических исследований в области гигиенических и экологических проблем водопользования, неизменно сохраняющих актуальность в вододефицитном Воронежском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. John Fawell, Mark J Nieuwenhuijsen, Contaminants in drinking water: Environmental pollution and health. *British Medical Bulletin*. Vol. 68. Iss. 1. December 2003. P. 199–208.
2. Куролап С.А., Клепиков О.В., Прожорина Т.И., Клевцова М.А., Виноградов П.М., Умывакин В.М., Д.В. Сарычев Д.В. Современные подходы к оценке экологических рисков для населения крупных промышленных городов (региональная урбоэкодиагностика) // Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов. 2020. С. 6–35.
3. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2020. №4 (325). С. 37– 42.
4. Механтьев И.И., Клепиков О.В., Масайлова Л.А., Баскакова А.Г Проблема нитратного загрязнения в отдельных источниках питьевого водоснабжения Воронежской области // Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. 2020. С. 36–46.
5. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Преснякова Ю.А. Геоэкологическая оценка качества источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий Воронежской области // Вестник Удмурдского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 29. С. 213–220.
6. Студеникина Е.М. Обеспечение гигиенической безопасности городского населения на основе геоинформационных систем: автореф. дис... канд. мед. наук. М., 2020. 24 с.
7. Стёпкин Ю.И., Мамчик Н.П., Платунин А.В., Колнет И.В., Русин В.И. Оценка риска здоровью населения Воронежской области, связанная с загрязнением питьевой воды химическими веществами // Гигиена и санитария. 2012. № 5. С. 27.
8. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения: Введение в экологическую эпидемиологию. М.: МНЭПУ, 2001. 235 с.
9. Косолапов В.П. 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.

10. Прожорина Т.И., Куролап С.А. Оценка экологических рисков для здоровья населения города Павловска вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения // Естественные технические науки. 2020. № 10. С. 109–115.

REFERENCES

1. John Fawell, Mark J Nieuwenhuijsen, Contaminants in drinking water: Environmental pollution and health, *British Medical Bulletin*, vol. 68, issue 1. December 2003. P. 199–208.
2. Kurolap S.A., Klepikov O.V., Prozhorina T.I., Klevcova M.A., Vinogradov P.M., Umyvakina V.M., D.V. Sarychev D.V. Modern approaches to assessing environmental risks for the population of large industrial cities (regional urbo/eco/diagnostics). *Regional'naya ekologicheskaya diagnostika sostoyaniya vozduшной среды promyshlennykh gorodov* [Regional ecological diagnostics of the air environment state of industrial cities], 2020, pp. 6–35 (in Russ.).
3. Mekhant'ev I.I. The health risk of the population of the Voronezh Oblast due to the drinking water quality. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public health and environment], 2020, no 4 (325), pp. 37–42 (in Russ.).
4. Mekhant'ev I.I., Klepikov O.V., Masajlova L.A., Baskakova A.G. The problem of nitrate pollution in certain sources of drinking water supply in Voronezh Oblast. *Regional'naya geokologicheskaya diagnostika sostoyaniya khozyajstvenno-pityevogo i rekreatsionnogo vodopolzovaniya* [Regional geo/ecological diagnostics of the domestic/drinking and recreational water use status], 2020, pp. 36–46 (in Russ.).
5. Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Presnyakova YU.A. Geo/ecological assessment of quality of drinking water supply sources in urbanized and rural areas of Voronezh Oblast. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle [Reporter of Udmurt University. Series: Biology. Sciences of the Earth], 2020, vol. 29, pp. 213–220 (in Russ.).
6. Studenikina E.M. Urban population hygienic safety ensuring based on geographic information systems: avtoref.... dis. kan. med. nauk. Moskva: 2020. 24 p. (in Russ.).
7. Styopkin YU.I., Kolnet I.V., Klepikov O.V. Impact of drinking water quality on the health of the population in rural areas of Voronezh Oblast. *Zdorovyie naseleniya i sreda obitaniya* [Public health and environment], 2007, no 1 (166), pp. 13–15 (in Russ.).
8. Revich B.A. Environmental Pollution and Public Health: An Introduction to Environmental Epidemiology. Moscow: MNEPU, 2001. 235 p. (in Russ.).
9. Kosolapov V. P. *et al.* Assessment of risks from exposure to chemicals that pollute drinking water for the health of the population of Voronezh Oblast for 2010–2017. *Sistemniy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh* [System analysis and management in bio/medical systems], 2019, vol. 18, no 4. Pp. 201–208 (in Russ.).
10. Prozhorina T.I., Kurolap S.A. Assessment of environmental risks to the health of the population of the city of Pavlovsk due to pollution of drinking water supply sources. *Estestvenniye tekhnich. nauki* [Natural technical sciences], 2020, no 10, pp. 109–115 (in Russ.).

Сведения об авторах:

Боева Анастасия Сергеевна, преподаватель, кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, 394053, г. Воронеж, ул. Хользунова, 40; ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru

Прожорина Татьяна Ивановна, канд. хим. наук, доцент, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, 394053, г. Воронеж, ул. Хользунова, 40; ORCID: 0000-0002-2808-0802, e-mail: coriandre@rambler.ru

Баскакова Анна Геннадьевна, аспирант, кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, 394030, г. Воронеж, ул. Хользунова, 40; ORCID: 0000-0003-2132-9094, e-mail: geoeecolog@mail.ru

About the author:

Anastasiya S. Boeva, Lecturer of 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

Tatyana I. Prozhorina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2808-0802; e-mail: coriandre@rambler.ru

Anna G. Baskakova, Post-graduate student, Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2132-9094; e-mail: geoeecolog@mail.ru