

УДК 504.45(470.324)

*Т.И. Прожорина, С.А. Куролап, Ю.А. Преснякова***ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ<sup>1</sup>**

Проблема обеспечения населения Воронежской области чистой питьевой водой является достаточно актуальной, поскольку около 30 % источников водоснабжения не отвечают экологическим требованиям, что создает определенный риск для здоровья населения региона. Дана оценка современного состояния централизованного и децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоотведения городов Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск, Рамонь и их окрестностей, являющихся административными центрами одноименных муниципальных районов Воронежской области. Раскрыты проблемы обеспечения населения региона качественной питьевой водой и рассмотрены пути решения рационального водоснабжения. Кроме того, на основании результатов химического состава питьевой воды из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения установлено качество питьевой воды, подаваемой населению исследуемых городов. Результаты анализа показали, что население Воронежской области (на примере городов Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск, Рамонь и их окрестностей) употребляет питьевую воду, не отвечающую гигиеническим требованиям. Для снижения риска и вреда для здоровья населения, вызванного употреблением некачественной питьевой воды, жителям урбанизированных и сельских территорий региона рекомендуется использовать бытовые фильтры доочистки воды.

*Ключевые слова:* качество питьевой воды, химический состав воды, приоритетные загрязнители, централизованное и децентрализованное водоснабжение, разводящая сеть, скважина, подземные воды, Воронежская область.

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-53-63

Приоритеты экологической политики России свидетельствуют о важности проблем рационального водопользования и «чистой воды» как в планетарном, так и в региональном масштабе, о чем отмечено в Указе Президента России от 19.04.2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». Положения государственной стратегии обеспечения экологической безопасности России позволяют рассматривать вопросы снижения экологических рисков водопользования и рисков для здоровья населения от употребления воды недостаточно высокого качества как приоритетную проблему обеспечения экологической безопасности и устойчивого социально-экологического развития российских регионов.

Агропромышленный комплекс является одним из первостепенных источников усиленного прессинга, оказывающего давление на территории градопромышленных агломераций Центрального Черноземья (ЦЧР). Одновременно с этим существенная роль в антропогенной нагрузке принадлежит водному фактору, который влияет на рекреационный потенциал региона. Поэтому для обоснования региональной водохозяйственной политики на территории урбанизированных и сельских поселений региона особую актуальность приобретают гидрохимические исследования по оценке качества хозяйственно-питьевого водоснабжения [1].

*Цель* работы заключается в геоэкологической оценке качества источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий Воронежской области на основании результатов химического состава питьевой воды из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения городов Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск, поселка городского типа (пгт) Рамонь и их окрестностей.

**Объекты и методы исследования**

Для оценки качества источников централизованного и децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Воронежской области в качестве объектов исследования были выбраны:

– *урбанизированные территории* – административные центры четырех муниципальных районов: Новохоперского, Борисоглебского, Острогожского и Рамонского;

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-05-00779).

– *сельские территории* – населенные пункты в окрестностях городов Новохоперска, Борисоглебска, Острогожска и пгт Рамони (рис.).



Рис. Исследуемые районы Воронежской области (обведены контуром)

В табл. 1 содержатся сведения о численности населения исследуемых районов и административных центров на основании данных статистической отчетности по состоянию на 01.01.2019 г.

Таблица 1

**Предварительная оценка численности населения Воронежской области**

Муниципальные районы	Численность населения района, тыс. человек	Административный центр	Численность населения города (пгт), тыс. человек
<b>Воронежская область,</b> в том числе:	<b>2 327, 821</b>		
Новохоперский	37,4	г. Новохоперск	6, 0
Борисоглебский	72,04	г. Борисоглебск	60, 9
Острогожский	57,8	г. Острогожск	32, 3
Рамонский	35,0	пгт Рамонь	8,5

Для определения пригодности воды в питьевых целях и установления ее качества, отвечающего требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»<sup>2</sup>, авторами работы было отобрано 14 проб питьевой воды из централизованных и 16 проб – из децентрализованных источников водоснабжения городов Новохоперск (водопровод – 4 пробы, скважина – 5, колонка – 1), Борисоглебск (водопровод – 4, скважина – 3), Острогожск (водопровод – 3, скважина – 1, родник – 1), пгт Рамонь (водопровод – 3, скважина – 4, колонка – 1). Все разовые пробы анализировались в 2-х кратной повторности на приоритетные показатели, набор которых варьировал от 12 до 16 ингредиентов. Всего исследовано 30 разовых проб питьевой воды и выполнено 828 анализов в период с 2019 по 2020 г.

<sup>2</sup> Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1074-01. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 103 с.

На базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета был проведен химический анализ проб воды с применением следующих методов анализа: органолептический (наличие осадка, цветность, интенсивность запаха); титриметрический (Cl<sup>-</sup>, общая жесткость, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>); потенциометрический (рН); кондуктометрический (общая минерализация); фотоколориметрический (Fe<sub>общ.</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) и расчетный (Mg<sup>2+</sup>) [2; 3]. Для химического анализа питьевой воды использованы методики выполнения измерений (МВИ), включенные в государственный реестр МВИ<sup>3</sup>.

## Результаты и их обсуждение

Большое антропогенное влияние испытывают природные воды в результате эксплуатации почти всех очистных сооружений региона. По данным Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области [4] установлено, что очистные сооружения исследуемых нами городов (г. Новохоперск, ООО «Теплосеть плюс»; г. Борисоглебск, МП «Водоканал»; г. Острогожск, ООО «Острогожскгидросток», ООО «Острогожский завод по производству солода»; пгт Рамонь, ООО «Рамонь-Водоканал») работают неудовлетворительно. В результате недостаточно очищенные стоки, сбрасываемые в водные объекты области, загрязняют как поверхностные, так и тесно связанные с ними подземные воды, используемые в качестве основного источника питьевого водоснабжения.

Неудовлетворительное качество питьевой воды в пределах Воронежской области обусловлено следующими факторами:

- в водоносных горизонтах присутствует большое количество загрязняющих веществ естественного происхождения (соли жесткости, соединения марганца, бора, железа);
- ежегодно возрастающий прессинг хозяйственной деятельности на гидросистемы региона;
- увеличение объемов сброса недостаточно очищенных стоков;
- низкая степень очистки сточных вод в результате неэффективной работы очистных сооружений;
- большое количество аварий из-за высокой степени износа водопроводов и разводящих сетей и др.

Потенциальными причинами загрязнения *подземных вод* на территории Воронежской области являются: факторы природного характера (распаханность территорий водосборов, низкая самоочищающая способность природных вод; бесхозные колодцы и скважины, не контролируемые инспекционными службами; во многих сельских населенных пунктах загрязнение грунтовых вод усиливается несанкционированными бытовыми отходами; многие скважины давно выработали свой ресурс и подлежат ликвидации во избежание последующего загрязнения подземных вод и др. [4].

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения исследуемых районов являются подземные воды. Так, на территории *Новохоперского района* основным является водоносный неогеновый аллювиальный горизонт совместно с водами неоген-нижнечетвертичного горизонта. В кровле водоносного комплекса залегают пески или невыдержанные по площади суглинки. В *Борисоглебском районе* подземные воды приурочены к водоносным комплексам: неоген-четвертичному, апт-сеноманскому и девонскому. Пески с прослоями суглинков составляют водовмещающие породы этих комплексов. Пресные подземные воды *Острогожского района* приурочены к 4 основным водоносным комплексам: неоген-четвертичному, турон-коньякскому, апт-сеноманскому и девонскому. Однако, для водоснабжения населения более широко используются неоком-аптский и альб-сеноманский

<sup>3</sup> Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. ПНД Ф 14.1:2.1-95; Методика выполнения измерений массовой концентрации железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с о-фенантролином. ПНД Ф 14.1:2.2-95; Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. ПНД Ф 14.1:2.4.3-95 (издание 2011 г.); Методика выполнения измерений содержания кальция в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.95-97; Методика выполнения измерений содержания хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.96-97; Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.98-97; Методика выполнения измерений содержания гидрокарбонатов в пробах природных вод титриметрическим методом. ПНД Ф 14.2.99-97; Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97 (издание 2004 г.); Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.159-2000.

водоносные горизонты, в кровле которых залегают пески с прослоями суглинков. В *Рамонском районе* подземные воды приурочены к четырем основным водоносным комплексам, широко используемым для целей водоснабжения: неоген-четвертичному, турон-коньякскому, апт-сеноманскому и девонскому. Основным водоносным комплексом является неоген-четвертичный комплекс. В кровле водоносного комплекса залегают пески или невыдержанные по площади суглинки, поэтому он подвергается поверхностному загрязнению [5].

На урбанизированных территориях подземные воды эксплуатируются артезианскими скважинами (глубиной 80 м), а в сельских поселениях – родниками, колодцами, одиночными колонками, общими или индивидуальными скважинами (глубиной от 12 до 80 м). Централизованным водоснабжением в районах Воронежской области в среднем охвачено 60–70 % населения, а на долю децентрализованного водоснабжения приходится 30–40 %.

Подземные воды, подаваемые после соответствующей очистки в городские разводящие сети, содержат большое количество загрязняющих компонентов как естественного (соли жесткости, хлориды, соединения марганца, бора, железа), так и антропогенного (соединения азотной группы) происхождения. Эти загрязнители не только ухудшают органолептические показатели питьевой воды, но и способствуют возникновению различных заболеваний у населения региона. Установлено, что одной из причин распространения онкологических, легочных, кожных и сердечно-сосудистых заболеваний является употребление в питьевых целях подземных вод неудовлетворительного химического состава.

Воронежская область относится к числу развитых агропромышленных регионов, на территории которой расположено много промышленных и перерабатывающих предприятий, сахарных заводов и крупных животноводческих комплексов. Сточные воды этих объектов много лет сбрасываются непосредственно в водоемы области без очистки или поступают на поля фильтрации, что также является причиной дополнительного загрязнения подземных вод. Наиболее интенсивные и токсичные загрязнения подземных вод происходят в пределах крупных свалок, полигонов ТБО и коммуникаций очистных сооружений.

Контроль за качеством питьевых вод выявил *нитратное загрязнение* подземных вод, в первую очередь верховодки (залегание до 20 м глубиной), примерно в 100 населенных пунктах Воронежской области, из них в 11 населенных пунктах создалась критическая ситуация по содержанию нитратов в питьевой воде. К таким районам прежде всего относятся Богучарский, Ольховатский, Новохоперский, Верхнемамонский и некоторые другие [4]. Основным источником нитратного загрязнения являются выгребные ямы, мусорные свалки, массовые захоронения (скотомогильники), расположенные вблизи водозаборов и др. Однако, на первом месте среди антропогенных источников загрязнения природных вод, почвы и продуктов питания нитратами являются аграрные объекты, то есть связанные с применением большого количества азотных удобрений.

Анализ водопотребления показал, что техническое состояние водопроводных сетей в Новохоперском, Борисоглебском, Острогожском и Рамонском районах «неудовлетворительное», а степень изношенности водопроводных сетей «высокая»: от 42 до 74 % (табл. 2). Наиболее низкая обеспеченность водопроводом отмечается в Острогожском (67,1 %) и Новохоперском (75,1 %) районах.

Таблица 2

### Характеристика водоснабжения

Наименование муниципального района	Среднесуточное потребление питьевой воды в городе, л	Обеспеченность водопроводом, %		Протяженность водопроводных сетей, км		Протяженность планируемых сетей водоснабжения, км	
		по району	по городу	всего	ветхих (степень изношенности)	новое строительство	реконструкция ветхих
Новохоперский	228	75,1	95,0	389,71	290,6 (74,6 %)	76,81	176,14
Борисоглебский	120–180	90,0	90,0	471,1	199,6 (42,4 %)	26,1	3,4
Острогожский	83–91	67,1	98,7	499,95	214,49(42,9 %)	-	25,5
Рамонский	60–60	97,9	75,0	263,1	115,5 (42,4 %)	40,54	33,8

Анализ водоотведения показал, что централизованная система хозяйственно-бытовой канализации имеется только в административных центрах, а в сельских поселениях Новохоперского, Бори-

соглебского, Острогожского и Рамонского районов – в основном выносные уборные и выгребы. Вывозка сточных вод осуществляется ассенизаторской автоцистерной.

Техническое состояние канализационных сетей в исследуемых районах «удовлетворительное», а степень изношенности составляет от 22 до 36 % [4]. Во всех исследуемых районах обеспеченность канализацией находится на низком уровне и составляет от 5,4 до 41,6 %. При этом самая низкая обеспеченность канализацией в Новохоперском (5,4 %) и Острогожском (20,9 %) районах (табл. 3).

Таблица 3

**Характеристика систем водоотведения**

Наименование муниципального района	Среднесуточное потребление питьевой воды в городе, л	Обеспеченность водопроводом, %		Протяженность водопроводных сетей, км		Протяженность планируемых сетей водоснабжения, км	
		по району	по городу	всего	ветхий	новое строительство	реконструкция ветхий
Новохоперский	228	75,1	95,0	389,71	290,6 (74,6 %)	76,81	176,14
Борисоглебский	120–180	90,0	90,0	471,1	199,6 (42,4 %)	26,1	3,4
Острогожский	83–91	67,1	98,7	499,95	214,49 (42,9 %)	–	25,5
Рамонский	60–160	97,9	75,0	263,1	115,5 (42,4 %)	40,54	33,8

Ежегодно увеличение числа аварий и затрат на их последствия связаны с длительной эксплуатацией городских канализационных сетей и очистных сооружений, работающих много лет без капитального ремонта.

Чтобы обеспечить жителей Воронежской области питьевой водой хорошего качества требуется ряд преобразований в системе водоподготовки и водоотведения, в частности, такие, как:

- замена разводящей сети на полимерный трубопровод для уменьшения числа аварий и коррозии труб;
- внедрение двухступенчатой системы очистки воды гипохлоритом натрия с последующим обеззараживанием ультрафиолетом, без применения токсичного хлора;
- построить новые очистные сооружения и др.

Во всех районах Воронежской области Центром гигиены и эпидемиологии ведется постоянный контроль за санитарно-эпидемиологической безопасностью питьевой воды из источников централизованного и децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Многолетние исследования показали, что к основным загрязнителям источников централизованного и децентрализованного питьевого водоснабжения относятся: соли жесткости, железо, марганец, бор, фториды, хлориды (природного происхождения) и нитраты (антропогенного загрязнения) [5-7]. В результате статистического анализа Центром гигиены и эпидемиологии по Воронежской области установлено, что население региона употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

По результатам исследований авторами работы была проведена геоэкологическая оценка качества питьевой воды, отобранной из централизованных (*водопровод*) и децентрализованных (*скважины, одиночные колонки, родники*) источников водоснабжения городов Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск, пгт Рамонь и их окрестностей.

**Город Новохоперск. Централизованные источники.** Анализ органолептических данных позволил выявить в пробе № 2 повышенную цветность (40 град), превышающую норму в 2 раза.

Результаты химического анализа показали, что величина рН и содержание основных макрокомпонентов ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ) удовлетворяют нормативам ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения. Однако в 3 пробах из 4, отобранных из разводящей сети г. Новохоперска, обнаружена повышенная жесткость от 7,1 до 7,4°Ж (при норме  $\leq 7$  °Ж), что позволяет отнести их к категории «жесткая».

В 3 пробах водопроводной воды (№ 1, 2, 3) содержание азотистых соединений соответствует требованиям гигиенических нормативов СанПиН 2.1.4.1074-01<sup>1</sup>. Исключение составляет единичная проба воды (№ 4), отобранная в районе автозаправки «Калина Ойл», в которой содержание  $NO_3^-$ -иона составляет 47,25 мг/л, что превышает ПДК в 1,05 раза [8].

Как правило, в качестве городской водопроводной воды подают артезианские воды, залегающие глубже 100 м и поэтому характеризующиеся как более чистые. В артезианских водах соли азотной кислоты содержатся в минимальных количествах или почти отсутствуют. Но, если в химическом составе этих вод обнаружено повышенное (относительно фона) присутствие компонентов азотной группы, то это является признаком *нитратного загрязнения* воды. Источниками нитратного загрязнения подземных вод на урбанизированных территориях являются утечки сточных вод из канализационных сетей или из выгребных ям; аварийные сбросы хозяйственно-бытовых стоков с очистных сооружений, размещенных в оврагах; сброс в овраги неочищенных хозяйственно-фекальных, сточных и ливневых вод с территорий жилой зоны или промышленных объектов и др.

Децентрализованные источники. По результатам органолептического анализа установлено, что 3 пробы воды (№ 5,9,10), отобранные на ст. Половцево «2» и в с. Красное Новохоперского района, характеризуются повышенной *цветностью* (от 60 до 80 град). Для вод, имеющих хозяйственно-питьевое назначение, органолептические показатели имеют соответствующие нормативы, поэтому их повышенные значения могут косвенно свидетельствовать о загрязнении воды.

Анализ на определение водородного показателя выявил в пробе № 7 пониженное значение величины  $\text{pH}=5,67$  (при норме  $\text{pH}=6,0-9,0$ ). Кислая среда может повлиять на нормальное функционирование организма.

По показателю жесткости практически все пробы соответствуют ПДК и характеризуются как «умеренно-жесткие», однако в 2-х пробах: № 6 (ст. Половцево «2») и № 8 (пос. Половцево) вода относится к категории «жесткая» (при норме  $\leq 10$  °Ж для вод, не прошедших водоподготовку).

В 4 пробах из 6 обнаружено *нитратное загрязнение* питьевой воды. Так, например, в двух пробах (№ 5 и 6), отобранных на ж/д ст. Половцево «2», содержание нитратов (151,75 мг/л и 505,5 мг/л соответственно) превышает ПДК от 3,4 до 12,3 раза; в пробе № 7, отобранной в пос. Половцево, – в 11,2 раза и в с. Красное (проба № 10) – в 1,1 раза. Повышенное количество  $\text{NO}_3^-$ -иона имеет, вероятно, антропогенный характер. Это объясняется следующими причинами:

– между железнодорожной станцией Половцево «2» и пос. Половцево (территория примерно 2 км) расположена бахча по выращиванию арбузов, для роста которых в почву вносят большое количество аммиачной селитры;

– непосредственно на территории пос. Половцево расположена животноводческая ферма по выращиванию коров.

На территории сельских поселений загрязнение нитратами может быть связано со следующими причинами: бесконтрольное применение минеральных удобрений; складирование и использование помета и навоза для удобрения почв; стоки с ферм крупного рогатого скота, птицефабрик и свиноподкомплексов, а также несоблюдение требований по их очистке [9; 10].

Кроме того, в единичных пробах выявлено повышенное содержание *нитритного и аммонийного азота*. Так, например, в пробе № 6 содержание  $\text{NO}_2^-$ -иона превышает норму в 1,2 раза, а в пробе № 8 содержание  $\text{NH}_4^+$ -иона превышает норму в 5,3 раза. Обе пробы были также отобраны на территории пос. Половцево. Быстро и качественно удалить соединения азота из воды возможно с помощью профессиональных очистных установок обратного осмоса и ионного обмена.

В подземных водах с. Красное (проба № 9 и 10) обнаружено присутствие значительного количества *железа* в пределах от 1,35 до 2,34 мг/л (при норме  $\leq 1,0$  мг/л для вод, не прошедших водоподготовку). Повышенное содержание железа не связано с фактором природного происхождения, так как в других четырех пробах воды, отобранных также из источников децентрализованного водоснабжения, оно отсутствует. Поэтому в данном случае этот факт можно объяснить ржавым трубопроводом, по которому вода из общей скважины поступает в водонапорную башню, а затем подается в дома жителей села Красное, а также в одиночную колонку на территории села.

Город Борисоглебск. Централизованные источники. Анализ на содержание солей жесткости показал, что пробы № 1, 2, 4 обладают средней жесткостью и соответствуют гигиеническим требованиям. Однако, проба № 3, отобранная в районе автовокзала, характеризуется как «очень жесткая» (17,76 °Ж), кратность превышения ПДК достигает 2,5 раз. Это объясняется повышенным содержанием *катиона кальция* (в 1,14 раза выше ПДК равной  $\leq 200$  мг/л) и присутствием большого количества гидрокарбонатных ионов (363,22 мг/л).

Все пробы питьевой воды из разводящей сети относятся к «среднеминерализованным». Однако в пробе № 3, отобранной в районе автовокзала г. Борисоглебска, обнаружено высокое содержание

хлоридов до 333,1 мг/л (при норме  $\leq 350$  мг/л). В Борисоглебском районе широко развит водоносный неогеновый аллювиальный горизонт. По химическому составу воды этого горизонта большей частью относятся к пресным. Но в местах маломощных водоупорных отложений создается подток высокоминерализованных вод с глубины и они становятся слабосоленатыми, чем и объясняется присутствие хлоридных ионов.

Анализ на наличие азотистых соединений позволил обнаружить в пробе № 3 значительное количество *нитратов*, превышающих норму в 3,3 раза (ПДК  $\leq 45$  мг/л), и *аммонийного азота* – в 1,8 раза (ПДК  $\leq 2$  мг/л). Присутствие значительного количества азотистых соединений в пробе воды, отобранной в районе автовокзала, свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке и, как следствие, о *нитратном загрязнении* водопроводной воды. Также установлено единичное превышение аммонийных солей в 1,1 раза в пробе № 4 (юго-восточный район города).

**Децентрализованные источники.** Анализ органолептических показателей позволил выявить наличие повышенной *цветности* (40 град) в пробе воды № 7, отобранной в с. Третьяки.

В двух пробах, отобранных из индивидуальных скважин Юго-восточного района г. Борисоглебска, обнаружены опасные для организма значения минерализации воды от 892 мг/л «повышенная» (проба № 6) до 1125 мг/л «высокая» (проба № 5). Этим же фактом объясняется повышенное содержание *хлоридов* в пробе № 5 (422,14 мг/л), превышающих норму в 1,2 раза.

Результаты химического анализа на содержание солей жесткости показали, что в тех же пробах № 5 и № 6 обнаружена повышенная *жесткость*, превышающая норматив от 1,3 до 1,97 раза. Вода характеризуется как «очень жесткая», что объясняется фактом естественного происхождения, так как водоносный горизонт приурочен к толще меловых отложений, богатых катионами кальция. В данных пробах содержание катиона кальция превышает ПДК в 1,1–1,3 раза.

В пробах из индивидуальных скважин Юго-восточного района г. Борисоглебска установлено *нитратное загрязнение* питьевой воды. В пробе № 5 содержание нитратов превышает ПДК в 1,56 раза, а содержание аммонийного азота – в 1,67 раза. В пробе № 6 содержание нитратов превышает ПДК в 9,5 раза, а содержание аммонийного азота – в 2,8 раза. Повышенные значения соединений азота в химическом составе проб воды, отобранных в Юго-восточном районе г. Борисоглебска, могут свидетельствовать о загрязнении верховодки, так как глубина индивидуальных скважин составляет до 25 м.

В скважине с. Третьяки (проба № 7) обнаружено высокое содержание *железа* в количестве 2,54 мг/л, которое не связано с фактором природного происхождения, так как в пробах № 5, № 6, отобранных также из децентрализованных источников (индивидуальные скважины), оно отсутствует. Поэтому в данном случае этот факт можно объяснить ржавым трубопроводом, по которому вода из общей скважины с помощью водонапорной башни поступает жителям села Третьяки.

**Город Острогожск. Централизованные источники.** Результаты химического анализа показали, что величина минерализации, pH и содержание основных макрокомпонентов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) удовлетворяют нормативам ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения. Однако все пробы воды из разводящей сети г. Острогожска содержат *железо*, превышающее ПДК в 1,1 раза (при норме не более 0,3 мг/л). Растворенное в воде железо повышенной концентрации часто становится причиной развития у населения аллергических реакций, дерматитов, заболеваний почек и печени [2].

**Децентрализованные источники.** Анализ органолептических показателей позволил установить наличие повышенной *цветности* (35 град) в пробе воды № 5, отобранной из родника в с. Терновое.

Несмотря на средние значения минерализации воды в пробах № 4 и 5 (от 336 до 434 мг/л соответственно), результаты химического анализа выявили, что в подземных водах с. Терновое отмечены повышенные значения *жесткости* в диапазоне от 7,14 °Ж «жесткая» (проба № 5-родник) до 9,4 °Ж «очень жесткая» (проба № 4 – скважина).

Аналогично пробам воды, отобранным из разводящей сети г. Острогожска, в источниках децентрализованного водоснабжения с. Терновое (общая скважина и родник) также обнаружено значительное содержание *железа* до 0,36 мг/л, обусловленное природным происхождением.

По остальным исследуемым показателям ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) в пробах воды, отобранных в источниках как централизованного, так и децентрализованного водоснабжения, превышений значений ПДК не выявлено.

**Пгт Рамонь. Централизованные источники.** Результаты химического анализа позволили установить, что приоритетными загрязнителями водопроводной воды являются соли жесткости и аммонийный азот.

За исключением пробы № 1, в двух других отобранных пробах воды (№ 2, 3) величина общей жесткости превышает ПДК в 1,1 раза, что характеризует данные пробы воды как «очень жесткая». Вода в централизованную систему водоснабжения города подается из нескольких скважин. Для водоснабжения населения, проживающего по ул. Мосина и ул. Фучика пгт Рамони, подаются подземные воды турон-коньякского водоносного горизонта, приуроченного к толще меловых отложений (писчий трещиноватый мел) [10].

Величина минерализации всех проб питьевой воды из разводящей сети пгт Рамони находится в интервале от 272 до 372 мг/л, что позволяет отнести их к категории «среднеминерализованная».

Анализ на присутствие азотистых соединений показал во всех пробах повышенное содержание *аммонийного азота*, превышающего норму от 1,7 до 2,1 раза, и имеющего, вероятно, антропогенный характер.

Децентрализованные источники. В двух пробах, отобранных из общих скважин пос. Комсомольский и с. Красное Рамонского района, установлены «повышенные» значения минерализации воды: 639 мг/л (проба № 5) и 591 мг/л (проба № 7).

Результаты химического анализа на содержание солей жесткости показали, что проба воды № 8 (пос. Сергеевское) характеризуется как «жесткая», а в пробах № 5, № 7 обнаружены очень высокие значения жесткости 12,8 и 30,5 °Ж соответственно, превышающие норматив от 1,28 до 3,05 раза (при норме  $\leq 10$  °Ж). Вода относится к категории «очень жесткая», ее употребление может привести к прогрессированию развития у населения мочекаменной болезни. Это объясняется природными факторами, так как водоносный горизонт приурочен к толще меловых отложений.

Во всех исследуемых пробах воды из источников децентрализованного водоснабжения сельских поселений Рамонского района установлено *нитратное загрязнение* питьевой воды. Обнаруженное превышение *аммонийного азота* находится в диапазоне от 1,8 до 2,7 ПДК, а *нитратного азота* – от 1,6 до 2,2 ПДК.

Значительное содержание нитратного и аммонийного азота обусловлено хозяйственной деятельностью. Так, например, источниками нитратного загрязнения воды в с. Красное являются: силосные ямы, животноводческая ферма по выращиванию коров и скотомогильник, расположенные недалеко от общей скважины. О низком качестве питьевой воды администрация села осведомлена, поэтому на водонапорной башне установлен единственный фильтр по очистке воды, который, однако, не справляется с объемом потребляемой воды.

В скважинах пос. Сергеевское и с. Красное Рамонского района обнаружено повышенное содержание *железа* в количестве 1,03 мг/л (проба № 7) и 0,33 мг/л (проба № 8), которое не связано с фактором природного происхождения, так как в пробах № 4, № 5, № 6, отобранных также из общей скважины пос. Комсомольский, оно отсутствует. Поэтому в данном случае этот факт можно объяснить ржавым трубопроводом, по которому вода из общей скважины с помощью водонапорной башни поступает жителям с. Красное и пос. Сергеевское.

## Выводы

Таким образом, по результатам проведенных исследований были получены следующие обобщающие выводы.

1. Установлено, что население Воронежской области (на примере городов Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск, пгт Рамонь и их окрестностей) употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»<sup>1</sup>.

2. Приоритетными загрязняющими веществами в питьевой воде *централизованных и децентрализованных* источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий г. Новохоперск, Борисоглебск, Острогожск и пгт Рамонь Воронежской области являются: *соли жесткости* (природного происхождения) и *железо* (антропогенного происхождения).

3. На территории г. Новохоперска, Борисоглебска, пгт Рамонь и их окрестностей в централизованных и децентрализованных источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения обнаружено *нитратное загрязнение* питьевой воды.

4. Питьевую воду из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения исследованных городов и их окрестностей не рекомендуется употреблять без дополнительной очистки.



Так как в сельских поселениях основным источником питьевого водоснабжения являются подземные воды, не прошедшие специальной водоподготовки (колодцы, скважины, родники), то необходимо выявить формы сдерживания и распространения нитратного загрязнения. А в качестве реальных мероприятий можно рекомендовать бурение скважин глубиной более 20 м, так как грунтовые воды чище и более защищены от антропогенного воздействия, чем верховодка.

Несмотря на реализацию программы «Развитие систем водоснабжения и водоотведения Воронежской области» [11], срок действия которой заканчивается в 2020 г., на территории Воронежской области до сих пор большое количество источников хозяйственно-питьевого водоснабжения не отвечает санитарно-гигиеническим стандартам. Поэтому проблема обеспечения населения региона чистой питьевой водой остается актуальной и требует неотложного решения. Для снижения риска и вреда здоровью населения, вызванного употреблением некачественной питьевой воды, жителям урбанизированных и сельских территорий региона рекомендуется использовать бытовые фильтры доочистки воды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степкин Ю.И., Борисов Н.А., Денисенко В.И. Санитарно-гигиеническая оценка качества питьевого водоснабжения // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. Воронеж, 2011. С. 100-102.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 444 с.
3. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и [др.]. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. 355 с.
4. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2018 году / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области. Воронеж, 2019. 199 с.
5. Медико-экологический атлас Воронежской области: монография / под общ. ред. С.А. Куролапа, Н.П. Мамчика, О.В. Клепикова. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2019 // URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (дата обращения 11.02.2020).
6. Прожорина Т.И., Гребенникова О.А. Анализ современного централизованного питьевого водоснабжения малых городов Воронежской области // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогноз: матер. межд. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3-5 октября 2019 г.). Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. Т.2. С. 276-280.
7. Прожорина Т.И., Хрушлова И.П. Оценка качества централизованного питьевого водоснабжения г. Воронежа // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 142-144.
8. Прожорина Т.И., Гребенникова О.А. Анализ качества питьевой воды в пределах г. Новохоперска и его окрестностей // Инновационные технологии в машиностроении: сб. тр. X межд. науч.-практ. конф. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2019. С.323-325.
9. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Нагих Т.В. Исследование состояния питьевого водоснабжения в пределах города Воронежа и окрестностей // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа: сб. науч. ст. / под общ. ред. С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2018. С. 86-92.
10. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Гребенникова О.А. Геоэкологическая оценка состояния централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения малых городов Воронежской области // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, вып.2. С. 213-220.
11. Государственная программа Воронежской области «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами населения Воронежской области» // URL: <http://docs.cntd.ru/document/412701224> (дата обращения: 15.02.2020).

Поступила в редакцию 10.03.2020

Прожорина Татьяна Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма

E-mail: [coriander@rambler.ru](mailto:coriander@rambler.ru)

Куролап Семен Александрович, доктор географических наук, профессор, декан факультета географии, геоэкологии и туризма

E-mail: [skurolap@mail.ru](mailto:skurolap@mail.ru)

Преснякова Юлия Анатольевна, бакалавр 3 курса, направление «Экология и природопользование»

E-mail: [presnyakova\\_07@mail.ru](mailto:presnyakova_07@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

394068, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1

*T.I. Prozhorina, S.A. Kurolap, Yu.A. Presnyakova*

## GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DRINKING WATER SOURCES IN URBAN AND RURAL AREAS OF VORONEZH REGION

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-53-63

The problem of providing the population of the Voronezh region with clean drinking water is the most acute, since about 30 % of water sources do not meet environmental requirements, which causes a certain risk to the health of the region's population. The paper assesses the current state of centralized and decentralized drinking water supply and sanitation in the cities of Novohopersk, Borisoglebsk, Ostrogzhsk, Ramon and their surroundings, which are administrative centers of the same name municipal districts of the Voronezh region. The problems of providing the population of the region with high-quality drinking water are revealed and ways of solving rational water supply are considered. In addition, based on the results of the chemical composition of drinking water from centralized and decentralized water supply sources, the quality of drinking water supplied to the population of the studied cities was established. The results of the analysis showed that the population of the Voronezh region (for example, the cities of Novohopersk, Borisoglebsk, Ostrogzhsk, Ramon and their surroundings) uses drinking water that does not meet hygienic requirements. Therefore, today it is necessary to strengthen monitoring and control over the quality of drinking water supply, and the population of urban and rural areas of the region need to use household filters for water purification.

*Keywords:* quality of drinking water, chemical composition, priority pollutants, centralized and decentralized water supply, distribution network, well, underground water, Voronezh region.

### REFERENCES

- Stepkin Yu.I., Borisov N.A., Denisenko V.I. [Sanitary-hygienic assessment of the quality of drinking water supply], in *Ekologicheskaya geologiya: teoriya, praktika i regional'nye problemy*, Voronezh, 2011, pp. 100-102 (in Russ.).
- Nikanorov A.M. *Gidrokimiya* [Hydrochemistry], St. Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 2001, 444 p. (in Russ.).
- Kaverina N.V., Prozhorina T.I., Ivanova E.Yu., Klevtsova M.A., Kurolap S.A., Klepikov O.V., Murav'ev A.G., Nikol'skaya A.N., Sinegubova V.V. *Metody ekologicheskikh issledovaniy: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Methods of environmental research: a textbook for universities], Voronezh: Nauchnaya kniga Publ., 2019, 355 p. (in Russ.).
- Doklad o sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Voronezhskoy oblasti v 2018 godu / Upravlenie Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Voronezhskoy oblasti* [Report on the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Voronezh region in 2018 / Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Voronezh Region], Voronezh, 2019, 199 p. (in Russ.).
- Mediko-ekologicheskii atlas Voronezhskoy oblasti* [Medical and Ecological Atlas of the Voronezh Region], Kurolap S. A., Mamchik N. P. and Klepikov O. V. (ed), Voronezh: Voronezh Gos. Univ., 2019. Available at: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (accessed: 11.02.2020) (in Russ.).
- Prozhorina T.I., Grebennikova O.A. [Analysis of modern centralized drinking water supply in small cities of the Voronezh region], in *Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. "Global'nye klimaticheskie izmeneniya: regional'nye efekty, modeli, prognoz"* (Voronezh, October 3-5, 2019), Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya Publ., 2019, vol. 2, pp. 276-280 (in Russ.).
- Prozhorina, T.I., Khruslova, I.P. [Quality assessment of centralized drinking water supply in Voronezh], in *Vestn. Voronezh. Gos. Univ. Ser. Geografiya. Geoekologiya*, 2013, no. 1, pp. 142-144 (in Russ.).
- Prozhorina T.I., Grebennikova O.A. [Analysis of the quality of drinking water within the city of Novokhopersk and its environs], in *Sborn. tr. X mezhd. nauch.-prakt. konf. "Innovatsionnye tekhnologii v mashinostroenii"*, Tomsk: Tomsk. politekh. Univ., 2019, pp. 323-325 (in Russ.).
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Nagikh T.V. [Study of the state of drinking water supply within the city of Voronezh and its surroundings ], in *Sborn. nauch. statey "Ekologicheskaya situatsiya i riski dlya zdorovya naseleniya goroda Voronezha"*, Kurolap S. A. and Klepikov O. V. (ed), Voronezh: Nauchnaya kniga Publ., 2018, pp.86-92 (in Russ.).
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Grebennikova O.A. [Geoecological assessment of the state of centralized drinking water supply in small cities of the Voronezh region], in *Vesnt. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2019, vol.29, iss. 2, pp.213-220 (in Russ.).
- Gosudarstvennaya programma Voronezhskoy oblasti «Obespechenie dostupnym i komfortnym zhil'em i kommunal'nymi uslugami naseleniya Voronezhskoy oblasti»* [The state program of the Voronezh region "Providing affordable and comfortable housing and public services of the population of the Voronezh region"], Available at: <http://docs.cntd.ru/document/412701224> (accessed: 15.02.2020) (in Russ.).

Prozhorina T.I., Candidate of Chemistry, Associate Professor at Department of geoecology and environmental monitoring of the Faculty of geography, geoecology and tourism

E-mail: coriandre@rambler.ru

Kurolap S.A., Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of geoecology and environmental monitoring of the Faculty of geography, geoecology and tourism

E-mail: skurolap@mail.ru

Presnyakova Y.A., bachelor

E-mail: presnyakova\_07@mail.ru

Voronezh State University

Universitetskaya sq., 1, Voronezh, Russia, 394018