

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ САМАРА

© 2020

Сазонова О.В.¹, Рязанова Т.К.¹, Тупикова Д.С.¹, Судакова Т.В.^{1,2}, Вистяк Л.Н.¹, Торопова Н.М.¹, Соколова И.В.¹

¹Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация)

²Самарский государственный технический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга качества питьевой воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в городе Самаре. Оценивалось качество питьевой воды в 7 внутригородских районах г.о. Самара по 20 санитарно-химическим показателям в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074–01 (2010–2013 гг. и 2018–2019 гг.). Повышенная цветность питьевой воды преимущественно отмечалась в районах с водоснабжением из Саратовского водохранилища ($53,5 \pm 8,5\%$ проб). В районах с подземными водоисточниками показатели сухого остатка и жесткости превышали гигиенические нормативы в 100% и 87,5% проб соответственно. Шестьдесят четыре процента проб в 2010–2013 гг. и 17,4% проб в 2018–2019 гг. были нестандартными по перманганатной окисляемости. В нескольких пробах было превышение гигиенического норматива содержания железа. Отмечаются неблагоприятные изменения во временной динамике доли проб с превышением гигиенического норматива содержания нефтепродуктов. Таким образом, качество отдельных проб питьевой воды в г.о. Самара не соответствовало санитарно-гигиеническим требованиям по некоторым показателям. Не выявлено достоверных различий между средне-многолетними значениями санитарно-гигиенических показателей по внутригородским районам и данными, полученными для питьевой воды в микрорайонах новой застройки, что позволяет предположить отсутствие выраженного влияния на состав воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения состояния труб водопроводной сети на уровне двора или дома.

Ключевые слова: качество питьевой воды; санитарно-гигиеническая оценка; районы с подземными водоисточниками; районы с поверхностными водоисточниками; санитарно-химические показатели; предельно допустимая концентрация; нефтепродукты; металлы; централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение; город Самара.

THE QUALITY OF DRINKING WATER SUPPLY IN SAMARA

© 2020

Sazonova O.V.¹, Ryazanova T.K.¹, Tupikova D.S.¹, Sudakova T.V.^{1,2}, Vistyak L.N.¹, Toropova N.M.¹, Sokolova I.V.¹

¹Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

²Samara State Technical University (Samara, Russian Federation)

Abstract. The purpose of the study was to monitor the quality of drinking water supply in Samara. The quality of drinking water was evaluated in 7 districts of Samara on the basis of 20 sanitary-chemical indicators in accordance with health and safety norms and regulations (SanPiN 2.1.4.1074–01 2010–2013 and 2018–2019). A changed color of drinking water was mainly observed in the areas with water supply from the Saratov reservoir ($53,5 \pm 8,5\%$ of samples). In the areas with underground water sources the dry residue and hardness of drinking water exceeded hygiene requirements by 100% and 87,5% of samples respectively. 64% of samples in 2010–2013 and 17,4% of samples in 2018–2019 were non-standard in terms of permanganate oxidation. Several samples didn't meet the hygienic standard for iron content. Adverse changes in the temporal dynamics of the proportion of samples that didn't meet the hygienic standard for the content of oil products were noted. The quality of some samples of drinking water in Samara did not meet sanitary requirements for some indicators. No significant differences were found between the average long-term values of sanitary and hygienic indicators for urban areas and the obtained data for drinking water in the new housing estate, which suggests that the condition of the water supply pipes doesn't influence the composition of the drinking water in the yard or at home.

Keywords: drinking water quality; sanitary assessment; areas with underground water sources; areas with surface water sources; sanitary and chemical indicators; maximum permissible concentration; petroleum products; metals; centralized drinking water supply; Samara.

Введение

Обеспечение населения питьевой водой высокого качества относится к одной из основных потребностей человека и является залогом санитарно-гигиенического благополучия и предупреждения соматической и инфекционной заболеваемости [1, с. 15; 2, с. 48; 3]. Состав воды в водоисточниках и действующая система водоснабжения определяют качество питьевого водоснабжения в населенных пунктах. В соответствии с санитарно-эпидемиологическими требо-

ваниями, питьевая вода должна иметь благоприятные органолептические свойства, быть безвредной по химическому составу, безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении [4]. Однако качество воды, особенно поверхностных водоисточников, в большинстве регионов России, а также странах СНГ продолжает оставаться неудовлетворительным [5, с. 1837; 6, с. 527; 7, с. 34; 8, с. 60; 9, с. 51; 10, с. 3423].

В связи с этим экологический мониторинг качества питьевой воды сохраняет свою актуальность,

особенно в условиях возрастающего антропогенного загрязнения поверхностных и подземных водоисточников [3; 9, с. 51; 10, с. 3423]. Влияние антропогенных факторов на природные воды наблюдается повсеместно, что приводит к изменению состава и структуры водных экосистем [9, с. 51; 10, с. 3423; 11, с. 20]. Антропогенные факторы определяют многокомпонентность состава загрязнения (появление углеводов, продуктов старения полимеров, синтетических веществ, присадок и т.п.). Одним из определяющих факторов антропогенной деятельности, влияющим на окружающую среду, стало потребление ископаемых нефти, газа, угля, сланцев, торфа. Отмечается высокий уровень загрязнения питьевой воды летучими хлорорганическими соединениями, которые могут оказывать мутагенное и канцерогенное действие. Их присутствие в воде связано с процессами избыточного хлорирования, а также с поступлением хлорсодержащих стоков от химических предприятий [11, с. 20; 12, с. 48; 13, с. 31]. Помимо углеводов, практически во всех промышленных регионах наблюдается загрязнение вод металлами [8, с. 60; 9, с. 51; 10, с. 3423].

Считается, что поверхностные водоисточники наиболее подвержены антропогенному воздействию [9, с. 51]. Химическое загрязнение воды поверхностных водоемов связано с неуклонным ростом водопотребления, изменениями водоисточников под влиянием антропогенных факторов, способов очистки вод и водоподготовки, а также с бытовыми и промышленными сточными водами [13, с. 31]. В частности, большое антропогенное воздействие испытывает река Волга с ее притоками, из которых отбирается 38,5% общего объема водозабора Российской Федерации [14].

Качество подземных водоисточников зависит от загрязненности территорий, где расположены эти источники, и гидрологических особенностей водоносных горизонтов. Однако состав подземных вод также может меняться под влиянием неконтролируемых антропогенных воздействий. Основную угрозу для подземных вод составляет утечка из подземных цистерн, стоки с сельскохозяйственных полей, мест захоронения городских отходов, а также заброшенных хранилищ вредных отходов. К наиболее часто упоминаемым загрязнителям, поступающим из этих источников, относятся нитраты, металлы, различные органические соединения, в том числе пестициды, летучие органические соединения, полиароматические углеводороды и др. [15, с. 5; 16].

Санитарно-гигиеническое благополучие питьевой воды необходимо для обеспечения здоровья населения, в связи с чем важен регулярный мониторинг качества питьевой воды, подаваемой централизованными системами питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, для оценки эффективности работы сооружений водоподготовки и своевременного выявления и предупреждения проблем с водообеспечением [3; 8, с. 60; 9, с. 51; 10, с. 3423].

В этом ракурсе является актуальным рассмотрение водоснабжения городского округа Самара, которое осуществляется как из поверхностного водоисточника, так и путем забора подземных вод. Основным источником водоснабжения является Саратовское водохранилище реки Волга. В районах

г.о. Самара имеются предпосылки к напряженной эколого-гигиенической ситуации в связи с интенсивным влиянием антропогенной деятельности на окружающую среду, в том числе на источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, что диктует необходимость постоянного наблюдения за качеством питьевой воды [14; 17, с. 86; 18, с. 414].

Цель исследования: мониторинг качества питьевой воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения во внутригородских районах и микрорайонах новой застройки г.о. Самара.

Материал и методы

В этой работе рассмотрены результаты анализа качества отдельных проб питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения во внутригородских районах г.о. Самара (Куйбышевский, Железнодорожный, Ленинский, Промышленный, Кировский, Советский, Красноглинский районы) в осенне-летнем периоде 2018–2019 гг. в сравнении со средне-многолетними данными 2010–2013 гг. ($N = 72$, из каждого района ежегодно отбирали по 2–4 пробы воды), полученными на базе научно-исследовательского института гигиены и экологии человека ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России. В каждом внутригородском районе вода отбиралась из выбранных случайным образом 5 точек водоразбора, водопроводной внутренней сети с разрешения жителей квартир. Дополнительно отбирали пробы в микрорайонах новой застройки (Крутые Ключи, Новая Самара (Красноглинский район), пос. Озерный (Куйбышевский район) и Южный город) ($n = 2$ в каждом микрорайоне). Состав питьевой воды анализировали по 20 санитарно-химическим показателям (табл. 1). Оценка качества проводилась в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074–01 [4].

Статистическая обработка результатов выполнена при помощи пакета программ Statistica for Windows (Release 6.0, StatSoft Inc.) и программных средств MS Excel for Windows. В каждом районе для каждого показателя рассчитывали среднее арифметическое значение (M); среднеквадратическое отклонение. Проверку нормальности распределения значений каждого анализируемого показателя в выборках совокупных результатов из районов с подземными ($n = 14$ в 2018–2019 гг. и $n = 16$ в 2010–2013 гг.) или поверхностными ($n = 29$ в 2018–2019 гг. и $n = 56$ в 2010–2013 гг.) источниками поступления воды в распределительные сети проводили с помощью критерия W Шапиро-Уилка. Для оценки отличий значений показателей между районами с поверхностным и подземным водоисточником использовали U -критерий Манна-Уитни. Различия считали достоверными при степени вероятности более 95% ($p < 0,05$).

Результаты

Как видно из представленных ниже данных, питьевая вода по многим санитарно-химическим показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 (табл. 2, 3). Однако во всех образцах содержание нефтепродуктов в 2018–2019 гг. превышало предельно допустимые концентрации. Помимо этого, в пробах питьевой воды, подаваемой из Саратовского водохранилища, отмечалось превышение гигиенических нормативов по таким показателям, как цветность, железо, перманганатная окисля-

мость, а в пробах питьевой воды, связанной водоснабжением с подземными водоисточниками, – несоответствие по жесткости и сухому остатку [19].

Интенсивность запаха во всех пробах воды составляла 0–1 балл (не превышала предельно допустимого значения). В 2018–2019 гг. интенсивность запаха во всех пробах составляла 0 баллов, что ниже средне-многолетних значений за 2010–2013 гг. (1 балл) [19].

Превышение показателей цветности воды отмечено в районах, связанных питьевым водоснабжением с Саратовским водохранилищем (Железнодорожный, Ленинский, Красноглинский районы). Процент проб, не соответствовавших санитарно-гигиеническим требованиям, в этих районах составлял в среднем $47,8 \pm 11,5\%$ в 2010–2013 гг. и $40,5 \pm 5,0\%$ в 2018–2019 гг. по сравнению с 0% в обоих исследуемых периодах в районах с подземными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения ($p < 0,05$). Цветность воды – в первую очередь естественный природный показатель, на который влияет геологические условия, водоносные горизонты, характер почвы.

Показатель мутности говорит о наличии в воде взвешенных веществ минерального и микробиологического происхождения. Повышенная мутность питьевой воды отмечалась в одной пробе в пос. Красная Глинка (в 1,9 раз). Во всех остальных пробах этот показатель был в пределах нормы.

Сухой остаток характеризует совокупность солевого состава воды. Высокие показатели сухого остатка оказывают влияние на органолептические свойства воды, в частности на вкусовые критерии. Показатели сухого остатка были выше гигиенического норматива (1000 мг/дм^3) в пробах питьевой воды,

полученной из подземных водоисточников: в Куйбышевском районе (в среднем 1585 мг/дм^3), и Южном городе (1560 мг/дм^3). В остальных районах величина сухого остатка находилась в пределах $260\text{--}346 \text{ мг/дм}^3$ в 2010–2013 гг. и $312\text{--}764 \text{ мг/дм}^3$ в 2018–2019 гг.

Превышение норматива по жесткости отмечалось в районах с подземными водоисточниками питьевого назначения ($91,7 \pm 5,3\%$ нестандартных проб по сравнению с 0% проб из районов с поверхностным водоисточником; $p < 0,05$). В 2018–2019 гг. превышение норматива в воде, отобранной в пос. Красная Глинка, составило в среднем $3,4^\circ\text{Ж}$ (в 1,5 раза), в Южном городе – $9,5^\circ\text{Ж}$ (в 2,4 раза), в Куйбышевском районе – $10,1^\circ\text{Ж}$ (в 2,4 раза). В районах с поверхностным водоисточником величина показателя жесткости варьировала в 2010–2013 гг. от $3,7$ до $4,7^\circ\text{Ж}$, в 2018–2019 гг. диапазон варьирования составил от $3,8$ до $4,8^\circ\text{Ж}$.

Хлориды являются составной частью большинства природных вод, однако большое их содержание может являться косвенными показателями загрязнения бытовыми и некоторыми промышленными сточными водами. Содержание хлоридов в питьевой воде исследуемых районов не превышало гигиенически нормативов, однако их концентрации были достоверно выше в районах с подземными водоисточниками ($p < 0,05$) [19]. В районах, получающих воду из Саратовского водохранилища, содержание хлоридов находилось в пределах $23,7\text{--}31,2 \text{ мг/дм}^3$ в 2010–2013 гг. и $23,2\text{--}33,8 \text{ мг/дм}^3$ в 2018–2019 гг., в то время как в районах с подземными водоисточниками средние значения составили $111,2$ и $142,2 \text{ мг/дм}^3$ в 2010–2013 гг. и 2018–2019 гг. соответственно.

Таблица 1 – Оцениваемые санитарно-химические показатели и документы, устанавливающие правила и методы исследования и оценки качества воды

№ п/п	Определяемый показатель	Единица измерения	ПДК	Документ, устанавливающий правила и методы исследований (испытаний), измерений
1	Запах	баллы	Не более 2	ГОСТ Р 57164–2016
2	Мутность	мг/дм ³	1,5	ГОСТ Р 57164–2016
3	Цветность	град.	20	ГОСТ 31868–2012
4	Водородный показатель	ед. рН	6–9	ФР 1.31.2018.30110
5	Жесткость общая	°Ж	7,0	ГОСТ 31954–2012
6	Сухой остаток	мг/дм ³	1000	ГОСТ 18164–72
7	Перманганатная окисляемость (ПО)	мг/дм ³	5,0	ГОСТ Р 55684–2013
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	ГОСТ Р 51797–2001
9	Сульфаты	мг/дм ³	500	ГОСТ 31940–2012
10	Хлориды	мг/дм ³	350	ГОСТ 4245–72
11	Аммиак и ионы аммония	мг/дм ³	2,0	ГОСТ 33045–2014
12	Нитриты	мг/дм ³	3,0	ГОСТ 33045–2014
13	Нитраты	мг/дм ³	45	ГОСТ 33045–2014
14	Кадмий	мг/дм ³	0,001	ПНД Ф 14.1:2.4.69–96 ПНД Ф 14.1:2.4.149–99
15	Свинец	мг/дм ³	0,03	ПНД Ф 14.1:2.4.69–96 ПНД Ф 14.1:2.4.149–99
16	Цинк	мг/дм ³	5,0	ПНД Ф 14.1:2.4.69–96 ПНД Ф 14.1:2.4.149–99
17	Медь	мг/дм ³	1,0	ПНД Ф 14.1:2.4.69–96 ПНД Ф 14.1:2.4.149–99
18	Мышьяк	мг/дм ³	0,05	ФР.1.31.2002.00589
19	Железо (суммарно)	мг/дм ³	0,3	ГОСТ 4011–72
20	АСПАВ (Анионоактивные синтетические поверхностно-активные вещества)	мг/дм ³	0,5	ГОСТ 31857–2012

Таблица 2 – Качество питьевого водоснабжения населения г.о. Самара в районах с поверхностными источниками водоснабжения ($M \pm m$)

Показатели	ПДК	Железнодорожный район		Ленинский район		Промышленный район		Кировский район		Советский район		Красноглинский район		
		2010–2013 гг.	2018–2019 гг.	2010–2013 гг.	2018–2019 гг.	2010–2013 гг.	2018–2019 гг.	2010–2013 гг.	2018–2019 гг.	2010–2013 гг.	2018–2019 гг.	Средние данные	Ключи	Новая Самара
Запах, баллы	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
Мутность, мг/дм ³	1,5	0,75 ± 0,15	1,13 ± 0,23	0,82 ± 0,16	0,57 ± 0,11	0,59 ± 0,12	0,30 ± 0,06	0,84 ± 0,17	0,32 ± 0,06	0,83 ± 0,17	0,47 ± 0,09	0,54 ± 0,11	0,55 ± 0,11	0,75 ± 0,15
Цветность, град	20	23,0 ± 4,6	21,6 ± 4,3	23,0 ± 4,6	19,0 ± 3,8	20,0 ± 4,0	15,1 ± 3,0	21,0 ± 4,2	15,0 ± 3,0	20,0 ± 4,0	19,0 ± 3,8	13,0 ± 2,6	20,0 ± 4,0	21,7 ± 4,3
Водородный показатель, единицы рН	6–9	7,1 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,6 ± 0,2	7,5 ± 0,2
Жесткость, °Ж	7,0	4,7 ± 0,6	4,5 ± 0,6	4,4 ± 0,6	4,3 ± 0,6	3,7 ± 0,5	3,8 ± 0,5	4,6 ± 0,6	4,2 ± 0,6	4,7 ± 0,6	4,8 ± 0,6	3,7 ± 0,5	4,0 ± 0,5	3,9 ± 0,5
Хлориды, мг/дм ³	350	24,7 ± 2,0	33,8 ± 3,0	28,0 ± 2,0	31,9 ± 3,5	27,3 ± 2,0	31,4 ± 3,3	23,7 ± 2,0	32,0 ± 2,0	25,8 ± 2,0	33,4 ± 2,0	31,2 ± 2,0	32,4 ± 2,0	23,2 ± 2,0
Сульфаты, мг/дм ³	500	102 ± 11	70,0 ± 7,7	84,0 ± 9,2	62,9 ± 7,0	43,0 ± 4,7	51,5 ± 5,7	96,8 ± 10,2	45,2 ± 5,0	102 ± 11	84,9 ± 9,3	75,0 ± 8,2	57,6 ± 6,4	50,0 ± 5,5
Железо, мг/дм ³	0,3	0,25 ± 0,06	0,33 ± 0,06	0,36 ± 0,09	0,15 ± 0,04	0,26 ± 0,06	0,10 ± 0,02	0,26 ± 0,06	0,19 ± 0,05	0,23 ± 0,06	0,23 ± 0,05	0,25 ± 0,06	0,17 ± 0,04	0,20 ± 0,05
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	2,0	0,27 ± 0,05	0,21 ± 0,04	0,35 ± 0,07	0,29 ± 0,06	0,36 ± 0,07	0,25 ± 0,05	0,28 ± 0,05	0,27 ± 0,05	0,27 ± 0,05	0,19 ± 0,04	0,38 ± 0,07	0,36 ± 0,07	0,37 ± 0,07
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	3,0	0,005 ± 0,002	<0,003	0,004 ± 0,002	<0,003	<0,003	<0,003	0,005 ± 0,002	<0,003	0,004 ± 0,002	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	45	3,75 ± 0,56	2,05 ± 0,30	2,49 ± 0,37	3,60 ± 0,51	2,40 ± 0,36	3,49 ± 0,50	3,88 ± 0,58	3,17 ± 0,45	3,85 ± 0,58	3,43 ± 0,50	2,43 ± 0,36	3,31 ± 0,48	2,77 ± 0,39
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	5,0	5,7 ± 0,6	4,7 ± 0,5	5,8 ± 0,6	3,9 ± 0,4	6,0 ± 0,6	4,8 ± 0,5	5,1 ± 0,5	4,7 ± 0,5	5,5 ± 0,6	5,1 ± 0,5	6,3 ± 0,6	4,3 ± 0,4	5,4 ± 0,5
Сухой остаток, мг/дм ³	1000	345 ± 35	327 ± 33	310 ± 31	320 ± 28	258 ± 26	346 ± 31	332 ± 33	342 ± 31	346 ± 35	361 ± 36	261 ± 26	328 ± 29	312 ± 31
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,1	0,22 ± 0,11	0,25 ± 0,12	0,12 ± 0,06	0,40 ± 0,20	0,18 ± 0,09	0,52 ± 0,26	0,14 ± 0,07	0,19 ± 0,09	0,24 ± 0,12	0,24 ± 0,12	0,05 ± 0,02	0,29 ± 0,14	0,32 ± 0,16
аПАВ, мг/дм ³	0,5	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,1	<0,015	<0,015

Примечание. аПАВ – анионные поверхностно-активные вещества; ПДК – предельно допустимая концентрация.

Таблица 3 – Качество питьевого водоснабжения населения во внутригородских районах г.о. Самара с подземными источниками водоснабжения и Южном городе

Показатели	ПДК	Куйбышевский район			Красноглинский район		Южный город 2018–2019 гг.
		2010– 2013 гг.	2018– 2019 гг.	пос. Озерный, 2018–2019 гг.	2010– 2013 гг.*	2018– 2019 гг.**	
Запах, баллы	2	1	0	0	1	0	0
Мутность, мг/дм ³	1,5	0,57 ± 0,11	1,36 ± 0,27	0,63 ± 0,12	0,54 ± 0,11	1,50 ± 0,30	0,32 ± 0,06
Цветность, градусы	20	13,0 ± 2,6	13,7 ± 2,7	8,5 ± 1,7	13,0 ± 2,6	9,0 ± 2,7	9,0 ± 2,7
Водородный показатель, единицы рН	6–9	7,5 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,4 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,5 ± 0,2
Жесткость, °Ж	7,0	14,3 ± 2,2	17,2 ± 2,6	17,0 ± 2,6	3,7 ± 0,5	10,4 ± 1,6	16,5 ± 2,5
Хлориды, мг/дм ³	350	111,2 ± 2,0	200 ± 22	166,2 ± 18	31,2 ± 2,0	75,2 ± 8,4	144 ± 16
Сульфаты, мг/дм ³	500	309 ± 34	290 ± 32	448 ± 49	75,0 ± 8,2	168 ± 19	400 ± 45
Железо, мг/дм ³	0,3	0,17 ± 0,04	0,50 ± 0,12	0,19 ± 0,05	0,25 ± 0,06	1,5 ± 0,3	0,21 ± 0,05
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	2,0	0,18 ± 0,04	0,50 ± 0,12	0,60 ± 0,15	0,38 ± 0,08	0,53 ± 0,11	0,43 ± 0,11
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	3,0	<0,003	0,08 ± 0,04	0,19 ± 0,08	<0,003	<0,003	0,014 ± 0,007
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	45	5,4 ± 0,8	7,4 ± 1,0	6,2 ± 0,9	2,43 ± 0,36	10,9 ± 1,5	6,4 ± 0,9
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	5,0	2,21 ± 0,44	1,36 ± 0,27	1,36 ± 0,27	6,3 ± 0,6	1,00 ± 0,20	1,40 ± 0,28
Сухой остаток, мг/дм ³	1000	1090 ± 110	1620 ± 160	1550 ± 150	261 ± 26	764 ± 85	1560 ± 150
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,1	0,11 ± 0,05	0,63 ± 0,31	0,17 ± 0,08	0,05 ± 0,02	0,21 ± 0,10	0,16 ± 0,08
аПАВ, мг/дм ³	0,5	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015

Примечание. * – средние данные по району. Водоснабжение из подземного источника осуществляется в пос. Красная Глинка. ** – данные для проб питьевой воды из пос. Красная Глинка. аПАВ – анионные поверхностно-активные вещества, ПДК – предельно допустимая концентрация.

Содержание сульфатов также было выше в пробах воды, связанных питьевым водоснабжением с подземными водоисточниками. Если в районах с водоснабжением из Саратовского водохранилища их содержание в 2010–2013 и 2018–2019 гг. находилось в пределах 43,0–102 мг/дм³, то в районах с водоснабжением из подземных водоисточников оно составляло 168–448 мг/дм³ [19].

Соединения азота, присутствующие в питьевой воде в виде аммиака и солей аммония, нитратов, нитритов, являются первостепенным критерием степени загрязненности воды антропогенного происхождения. Поэтому постоянный мониторинг этих показателей является очень важным составляющим санитарно-эпидемиологического контроля [19]. Содержание всех анализируемых неорганических соединений азота во всех исследуемых образцах не превышало гигиенических нормативов, не выявлено значимых различий между их концентрациями в питьевой воде, отобранной в 2018–2019 гг., и средне-многолетними данными за 2010–2013 гг.

Из специфических загрязнителей в питьевой воде определялись нефтепродукты, мышьяк, металлы: кадмий, свинец, железо, медь, цинк.

Содержание железа в воде может говорить о неэффективной водоподготовке, а также о состоянии труб разводящей сети. Превышение гигиенических нормативов было отмечено в Куйбышевском районе на 0,2 мг/дм³ и в пос. Красной Глинке на 1,2 мг/дм³ (в 5 раз выше ПДК). Употребление воды с содержанием железа может привести к отложению его соединений в органах и тканях организма.

Содержание остальных металлов не превышало гигиенических нормативов (табл. 4).

Перманганатная окисляемость воды указывает на содержание в ней растворенных легкоокисляющихся

органических и некоторых неорганических соединений. В 2010–2013 гг. 64% проб не соответствовали гигиеническому нормативу по этому показателю, средне-многолетнее значение ПО для всех районов г.о. Самара за указанный период составило 5,22 мгО/дм³ при ПДК 5,0 мгО/дм³. В 2018–2019 гг. 17,4% проанализированных проб были нестандартными по перманганатной окисляемости, среднее значение в исследуемом периоде составило 3,5 мгО/дм³, при этом среднее значение для районов с поверхностным водоисточником было достоверно выше (4,8 ± 0,5 мгО/дм³), чем в районах с подземным водоисточником (1,3 ± 0,3 мгО/дм³) ($p < 0,05$).

Содержание нефтепродуктов во всех исследуемых пробах в 2018–2019 гг. были выше гигиенического норматива (0,1 мг/дм³). Следует отметить тенденцию к увеличению содержания нефтепродуктов в питьевой воде систем централизованного водоснабжения внутригородских районов г.о. Самара. Так, доля нестандартных проб по нефтепродуктам в 2010–2013 годах составила 51%, в 2018–2019 гг. 100% проб не соответствовали нормативу. В 2010–2013 гг. средний показатель превышал гигиенический норматив на 0,20 мг/дм³, тогда как в 2018–2019 гг. превышение в среднем составило 0,31 мг/дм³ (в 3,1 раза). Самые высокие значения в 2018–2019 гг. были получены в отдельных пробах из Куйбышевского района (0,76 мг/дм³). Промышленного района (0,68 мг/дм³) и Ленинского района (0,57 мг/дм³). Превышение норматива более чем в 2,5 раза в 2018 гг. отмечалось в 71% проб питьевой воды в районах с поверхностным водоисточником по сравнению с 25% проб в районах с подземным водоисточником [19], в 2019 г. соответствующие значения составили 38% и 25% (табл. 5).

Таблица 4 – Среднее содержание металлов и мышьяка в питьевой воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения во внутригородских районах г.о. Самара

Внутригородской район	Концентрации металлов								Концентрация мышьяка, мг/дм ³	
	кадмий, мг/дм ³		свинец, мг/дм ³		медь, мг/дм ³		цинк, мг/дм ³			
	факт.	ПДК	факт.	ПДК	факт.	ПДК	факт.	ПДК	факт.	ПДК
Железнодорожный	н/о	0,001	0,0002	0,03	0,0009	1,0	0,0072	5,0	0,0065	0,05
Кировский	0,0001		0,0044		0,0035		0,0024		0,0018	
Красноглинский	0,0001		0,0002		0,002		0,0610		0,0052	
Красноглинский*	н/о		0,0023		0,0123		0,0266		0,0255	
Куйбышевский	0,0005		0,0005		0,0043		0,0886		0,0061	
Ленинский	0,0005		0,0001		0,0009		0,1304		0,0056	
Промышленный	0,0003		0,0022		0,0192		0,1528		0,0078	
Советский	0,0001		0,0001		0,0035		0,0327		0,0062	

Примечание. * – пос. Красная Глинка (водоснабжение из подземного водоисточника). На остальных территориях Красноглинского района водоснабжение из Саратовского водохранилища. *факт.* – фактическое содержание; *ПДК* – предельно допустимая концентрация; *н/о* – не обнаруживался.

Таблица 5 – Качество питьевой воды г.о. Самара по приоритетным показателям

№ п/п	Показатель	Источник питьевого водоснабжения								
		поверхностные воды				подземные воды				
		% нестандартных проб				% нестандартных проб				
		2010 г.	2013 г.	2018 г.	2019 г.	2010 г.	2013 г.	2018 г.	2019 г.	
1	Цветность	58%	75%	43%	38%	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	
2	Жесткость	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	100%	100%	100%	100%	
3	Сухой остаток	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	не было нест. проб	100%	100%	75%	75%	
4	ПО	54%	66%	43%	13%	не было нест. проб	не было нест. проб	10%	не было нест. проб	
5	НПР	более 2,5 ПДК	79% более ПДК	12,5% более ПДК	71,4%	38%	не было нест. проб	не было нест. проб	25%	25%
		менее 2,5 ПДК			28,6%	62%	не было нест. проб	30%	75%	75%

Примечание. *ПО* – перманганатная окисляемость; *НПР* – нефтепродукты; *ПДК* – предельно допустимая концентрация, *нест.* – нестандартные.

Обсуждение

Водоснабжение г. Самары смешанное. Централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществляется через две насосно-фильтровальные станции (НФС-1 и НФС-2) и ГВС (городская водопроводная станция) из поверхностного водоисточника – Саратовского водохранилища. Технология водоподготовки на НФС-1 двухступенчатая, реагентная (горизонтальные отстойники и скорые фильтры с зернистой загрузкой) [19]. Коагуляция примесей воды осуществляется сульфатом алюминия и полиоксихлоридом алюминия. Обеззараживание воды осуществляется хлором двукратно. Водоочистка на НФС-2 производится с использованием контактных осветлителей, одной ступени реагентной подготовки и обеззараживания. Последнее осуществляется в два этапа: первичное – УФ-обеззараживанием, вторичное – путем хлорирования после контактных осветлителей. Технология водоподготовки на ГВС – одноступенчатая, реагентная. Обеззараживание воды осуществляется гипохлоритом натрия в два этапа, после водозабора сырой воды и перед подачей в распределительную сеть [19].

Хозяйственно-питьевое водоснабжение Куйбышевского района осуществляется из подземного водоисточника в Самарском Заречье через НФС-3. Для водоподготовки используется станция обезжелезирования со следующей технологией: аэрация с последующим фильтрованием и обеззараживанием воды гипохлоритом натрия перед подачей в распределительную сеть. В Красноглинском районе на подземном водоснабжении находится пос. Управленческий и пос. Красная Глинка. Подготовка воды в пос. Управленческий идентична применяемой на НФС-3. Водоснабжение пос. Красная Глинка осуществляется напрямую без водоподготовки [19].

С большой долей вероятности ожидалось, что питьевая вода, подаваемая НФС-1, НФС-2 и ГВС, будет содержать органическое вещество, т.к. вода Саратовского водохранилища значительно загрязнена органическими соединениями [14; 17, с. 86]. Так, по данным Государственного доклада, характерными загрязняющими веществами воды Саратовского водохранилища в районе г.о. Самара являются нефтепродукты, легко- и трудноокисляемые органические вещества [20]. Недавнее исследование показало значительное загрязнение нефтепродуктами в местах выпуска с очистных сооружений канализации г.о. Самары и г. Новокуйбышевск (р. Кривуша), а также в точках выше и ниже места сброса. Содержание нефтепродуктов в точке ниже по течению, месте выпуска и точке выше по течению в Саратовском водохранилище составляло 1,59, 1,61 и 1,30 ПДК соответственно, в р. Кривуша – 1,76, 3,82 и 3,83 ПДК соответственно, что может указывать на высокий уровень загрязнения и сброс недостаточно очищенных вод [18, с. 414].

В питьевой воде, подаваемой в Куйбышевский и частично в Красноглинский районы, ожидалась повышенная жесткость, учитывая исходное качество подземной воды и гидравлическую связь подземного водоносного горизонта в Самарском заречье и р. Самарой [14; 17, с. 86].

В соответствии с исходными предположениями, для воды из районов с подземными водоисточниками

получены высокие значения жесткости и минерализации по сухому остатку, что может указывать на неэффективность работы станции обеззараживания [17, с. 86]. Повышенная жесткость оказывает неблагоприятное влияние на большинство систем организма человека, в том числе сердечно-сосудистую, желудочно-кишечную, мочевыделительную, костно-мышечную системы. Постоянное употребление воды, насыщенной солями кальция и магния, может привести к образованию камней в почках, желчном пузыре, может вызвать гипертонию и склероз. Соли этих элементов с белками могут оседать на стенках желудочно-кишечного тракта и вызывать нарушение обмена веществ и работы ферментов [9, с. 51]. Повышенная жесткость также увеличивает риск поломки бытовых электронагревательных приборов и может оказывать негативное влияние на продукты питания в процессе кулинарной обработки. Однако имеются данные, что слишком «мягкие» питьевые воды также могут спровоцировать ряд патологических состояний [8, с. 60].

Предположения в отношении загрязнения питьевой воды в районах с поверхностным водоисточником органическими соединениями также нашли некоторое подтверждение. В районах с водоснабжением из Саратовского водохранилища достоверно чаще отмечали превышение гигиенического норматива для перманганатной окисляемости, являющейся показателем загрязнения воды легкоокисляемыми органическими соединениями, и более высокое содержание нефтепродуктов по сравнению с качеством питьевой воды в районах с водозабором из подземных водоисточников ($p < 0,05$ в обоих случаях). Известно, что высокие концентрации нефтепродуктов в питьевой воде ассоциируются с риском развития острой и хронической почечной недостаточности, при купании в такой воде есть риск возникновения кожных заболеваний [21, р. 144]. Сложность очистки вод от органических веществ нефтяного происхождения может вносить вклад в появление этих соединений в питьевой воде [22, с. 29; 23]. Так, для очистки сточных вод рекомендуется использовать многослойные комбинированные фильтры, сочетающие в себе различные сорбенты (природные и синтетические) с возможностью дополнительной модификации [22, с. 29; 23]. В рамках дорожной карты «Использование нанотехнологий в сфере очистки питьевой воды для населения» к перспективным направлениям относится разработка сорбентов нового поколения, в том числе для поглощения нефтепродуктов [24, с. 44]. В то же время следует отметить, что широкий разброс значений этого показателя по районам может быть связан с влиянием состояния водопроводных сетей.

Повышенная цветность, отмечающаяся в пробах питьевой воды из районов, связанных питьевым водоснабжением с Саратовским водохранилищем, может быть объяснена влиянием природного характера на поверхностные водоисточники (климатические условия, способствующие активному протеканию процессов развития планктона), а также гидрогеологическими процессами в водохранилище. Повышенные значения этого показателя относительно санитарно-гигиенического норматива могут быть признаком микробиологической деструкции водных расте-

ний, а также могут быть связаны с содержанием в воде веществ органического и неорганического происхождения, в частности некоторыми соединениями железа, марганца и меди. Разноплановость значений цветности может говорить также о связи неблагоприятного качества питьевой воды с состоянием труб распределительной водопроводной системы [17, с. 86].

К ограничениям нашего исследования можно отнести небольшое количество проб, не позволяющее репрезентативно оценить распространенность превышений значений санитарно-химических показателей гигиенических нормативов. Тем не менее полученные результаты уже свидетельствуют о наличии несоответствия требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01.

Заключение

На основании выполненного анализа показано, что качество питьевой воды по внутригородским районам г.о. Самара не соответствует гигиеническим требованиям по таким санитарно-химическим показателям, как цветность, перманганатная окисляемость, нефтепродукты, жесткость сухой остаток. Не выявлено достоверных различий между средне-многолетними значениями санитарно-гигиенических показателей по внутригородским районам и данными, полученными для питьевой воды в микрорайонах новой застройки, что позволяет предположить отсутствие выраженного влияния на состав воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения состояния труб водопроводной сети на уровне двора или дома.

Качество питьевой воды по внутригородским районам определяется источником питьевого водоснабжения (поверхностным и подземным). Следовательно, для достижения нормативного состава приготовленной питьевой воды необходима соответствующая водоподготовка. По данным литературы, на НФС-1 и НФС-2 г. Самары осуществляется достаточно эффективная водоподготовка. На НФС-3 эффект водоочистки недостаточно высокий, учитывая жесткость и общую минерализацию приготовленной воды. На качество воды у потребителя отрицательное влияние оказывает и неблагоприятное состояние труб распределительной сети.

Список литературы:

1. Боровский И.В., Брусенцова А.В., Овчинникова Е.Л. и др. Оценка влияния состава питьевой воды на здоровье населения Омской области // Здоровье населения и среда обитания. 2004. № 7. С. 15–18.
2. Кузнецова И.А., Фигурина Т.Я., Шадрина С.Ю. Пути обеспечения населения Вологодской области безопасной питьевой водой с использованием методологии оценки риска // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 48–51.
3. World Organization of Health. Drinking water [Internet] // <https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
4. СанПиН 2.1.4.1074–01 «2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы».
5. Березин И.И., Мустафина Г.И. Региональные особенности химического состава питьевой воды хозяйственно-питьевого водоснабжения города Самары //

Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1 (8). С. 1837–1840.

6. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Актуальные проблемы состояния среды обитания и здоровья населения стран содружества независимых государств // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 5 (2). С. 527–533.

7. Воробьева Л.В., Лутай Г.Ф., Кузнецова И.А. и др. Региональные особенности гигиенической оценки биологического загрязнения поверхностных вод // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 34–37.

8. Ковальчук В.К., Маслов Д.В. Гигиенические проблемы химического состава питьевой воды систем водоснабжения Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал. 2006. № 3. С. 60–63.

9. Исламова А.А., Колбина М.Ю., Сафиханов Р.Я. Экологический мониторинг качества питьевой воды центрального водоснабжения города Бирск Республики Башкортостан // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, № 2 (19). С. 51–55.

10. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Нагерняк М.Г., Сухачева А.И. Мониторинг качества питьевой воды // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–15. С. 3423–3427.

11. Голиков Р.А., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31.

12. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода: химия и экология. 2012. № 3. С. 48–53.

13. Мысякин А.Е., Королик В.Б. Зависимость качества питьевой воды от режимов водопользования и типов водопроводных труб // Гигиена и санитария. 2010. № 6. С. 31–33.

14. Оценка современной эколого-гигиенической ситуации притоков реки Волги 1-го, 2-го, 3-го порядков: отчет о НИР // Научно-исследовательский институт гигиены и экологии человека ГОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет». Самара, 2007. 157 с.

15. Стрелков А.К., Егорова Ю.А., Быков П.Г. Выбор наиболее эффективных реагентов при очистке воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 8. С. 5–9.

16. Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П. Введение в химию окружающей среды. М.: Мир, 1999. 271 с.

17. Сазонова О.В., Исакова О.Н., Бедарева Л.И. и др. К вопросу о качестве питьевой воды централизованного водоснабжения в городском округе Самара // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6–1. С. 86–90.

18. Рязанова Т.К., Судакова Т.В., Сучков В.В., Сергеев А.К. Степень загрязнения поверхностных вод Самарской области в районе выпуска сточных вод в зимний период // Химия и химическая технология в XXI веке: мат-лы XVIII междунар. науч.-практ. конф. им. профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых. Томск: Томский политехнический университет, 2017. С. 414–415.

19. Рязанова Т.К., Сазонова О.В., Тупикова Д.С. и др. Санитарно-гигиенический анализ качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения г.о. Самара // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб. науч. тр. XX междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. М.: Российский университет дружбы народов, 2019. С. 466–471.

20. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2018 год. Вып. 29. Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2019. 222 с.

21. Okoye O. Environmental exposure to crude oil: a potential risk for chronic kidney disease (CKD) in disadvantaged countries // *West African Journal of Medicine*. 2019 May-Aug. Vol. 36, № 2. P. 144–157.

22. Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродук-

тов // *Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение*. 2008. № 6 (6). С. 29–43.

23. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Башаров М.М. и др. Энерго- и ресурсосберегающие технологии и аппараты очистки жидкостей в нефтехимии и энергетике. Казань: Отечество, 2012. 410 с.

24. Нанотехнологии в водоочистке: где нужны стартапы? // *Нанотехнологии. Экология. Производство*. 2013. № 1 (20). С. 44–49.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Сазонова Ольга Викторовна, доктор медицинских наук, доцент, директор института профилактической медицины, заведующий кафедрой гигиены питания с курсом гигиены детей и подростков; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: ov_2004@mail.ru.</p> <p>Рязанова Татьяна Константиновна, кандидат фармацевтических наук, заведующий лабораторией санитарно-химических методов исследований научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: ryazantatyana@mail.ru.</p> <p>Тупикова Дарья Сергеевна, ассистент кафедры гигиены питания с курсом гигиены детей и подростков, научный сотрудник научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: typikovads@yandex.ru.</p> <p>Судакова Татьяна Викторовна, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии; Самарский государственный технический университет (г. Самара, Российская Федерация); старший научный сотрудник научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: margo_a69@mail.ru.</p> <p>Вистяк Людмила Николаевна, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: lvist31@mail.ru.</p> <p>Торопова Наталья Михайловна, научный сотрудник научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: ryazantatyana@mail.ru.</p> <p>Соколова Ирина Владимировна, научный сотрудник научно-исследовательского института гигиены; Самарский государственный медицинский университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: isokolova94@gmail.com.</p>	<p>Sazonova Olga Viktorovna, doctor of medical sciences, associate professor, director of the Institute of Preventive Medicine, head of Food Hygiene with a Course of Children and Adolescents' Hygiene Department; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: ov_2004@mail.ru.</p> <p>Ryazanova Tatyana Konstantinovna, candidate of pharmaceutical sciences, head of Sanitary and Chemical Research Methods Laboratory of the Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: ryazantatyana@mail.ru.</p> <p>Tupikova Daria Sergeevna, assistant of Food Hygiene with a Course of Children and Adolescents' Hygiene Department, researcher at the Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: typikovads@yandex.ru.</p> <p>Sudakova Tatyana Viktorovna, candidate of chemical sciences, associate professor of General and Inorganic Chemistry Department; Samara State Technical University (Samara, Russian Federation); senior researcher of Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: margo_a69@mail.ru.</p> <p>Vistyak Lyudmila Nikolaevna, leading researcher of the Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: lvist31@mail.ru.</p> <p>Toropova Natalia Mikhailovna, researcher of the Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: ryazantatyana@mail.ru.</p> <p>Sokolova Irina Vladimirovna, researcher of the Research Institute of Hygiene; Samara State Medical University (Samara, Russian Federation). E-mail: isokolova94@gmail.com.</p>

Для цитирования:

Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Тупикова Д.С., Судакова Т.В., Вистяк Л.Н., Торопова Н.М., Соколова И.В. К вопросу о качестве питьевого водоснабжения в городском округе Самара // *Самарский научный вестник*. 2020. Т. 9, № 3. С. 113–121. DOI: 10.17816/snv202093119.