

УДК 504.4.054:543.3(470.54-25)
DOI 10.17513/use.38419

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ И АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

¹Харина Г.В., ¹Белова К.А., ²Алешина Л.В., ³Раскатова Е.А.

¹ФГАОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»,
Екатеринбург, e-mail: gykharina32@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург;

³Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт
(филиал) УрГПУ, Нижний Тагил

Цель работы заключалась в комплексной оценке качества водопроводной воды, поставляемой населению Екатеринбурга, а также в анализе функционирования системы централизованного водоснабжения города. Была определена задача картографической визуализации результатов анализа проб воды, взятых в разных районах города. Проведен анализ 52 проб воды системы централизованного водоснабжения. Качество воды оценивалось по следующим показателям: жесткость, окисляемость, pH, содержание нитратов, ионов свинца и меди. Исследования проводились титриметрическим и потенциометрическими методами. Показаны пути попадания химических загрязнителей в водопроводную сеть. Рассмотрены факторы опасности таких загрязнителей, как нитраты и ионы свинца. Обнаружено, что более 30% исследуемых проб не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям качества. Выявлена наиболее неблагоприятная экологическая ситуация по значениям окисляемости и содержанию свинца в Орджоникидзевском районе города. Рассчитаны значения канцерогенного риска здоровью потребителей водопроводной воды, загрязненной свинцом. Выявлено, что максимальные (неприемлемые) значения канцерогенного риска соответствуют пробам воды из Орджоникидзевского района. Отмечено, что основной причиной загрязнения воды является коррозионное разрушение водопроводных труб в связи с высокой степенью их изношенности, а также сбой в работе устаревших технических систем водоподготовки. По результатам исследований составлена интерактивная информационная карта качества питьевой воды в Екатеринбурге. Приведены пути решения проблемы неудовлетворительного качества водопроводной воды.

Ключевые слова: загрязнители, централизованное водоснабжение, водопроводная вода, трубопровод, качество воды, канцерогенный риск

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF TAP WATER AND ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF THE CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEM IN YEKATERINBURG

¹Kharina G.V., ¹Belova K.A., ²Alyoshina L.V., ³Raskatova E.A.

¹Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, e-mail: gykharina32@yandex.ru;

²Ural state University of Economics, Yekaterinburg;

³Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of USPU, Nizhny Tagil

The purpose of the work was to comprehensively assess the quality of tap water supplied to the population of Yekaterinburg, as well as to analyze the functioning of the city's centralized water supply system. The task of cartographic visualization of the results of the analysis of water samples taken in different areas of the city was determined. The analysis of 52 water samples of the centralized water supply system was carried out. The water quality was assessed according to the following indicators: hardness, oxidizability, pH, nitrate content, lead and copper ions. The studies were carried out using titrimetric and potentiometric methods. The ways of chemical pollutants entering the water supply network are shown. The hazard factors of pollutants such as nitrates and lead ions are considered. It was found that more than 30% of the samples studied do not meet the sanitary and hygienic quality requirements. The most unfavorable environmental situation in terms of oxidizability and lead content in the Ordzhonikidze district of the city has been identified. The values of the carcinogenic risk to the health of consumers of tap water contaminated with lead have been calculated. It was revealed that the maximum (unacceptable) values of carcinogenic risk correspond to water samples from Ordzhonikidze district. It is noted that the main cause of water pollution is the corrosive destruction of water pipes due to their high degree of deterioration, as well as failures in the operation of outdated technical water treatment systems. Based on the research results, an interactive information map of drinking water quality in Yekaterinburg has been compiled. The ways of solving the problem of unsatisfactory quality of tap water are given.

Keywords: pollutants, centralized water supply, tap water, pipeline, water quality, carcinogenic risk

Введение

Во всех крупных населенных пунктах подача питьевой воды потребителю осуществляется в основном централизованно. При этом эксплуатируемые водопроводные сети, как правило, находятся в ветхом состоянии, обусловленном превышением нормативных сроков службы. Подобная ситуация провоцирует развитие биокоррозии труб и способствует инфильтрации загрязняющих веществ из внешней среды. Кроме того, водопроводные трубы зачастую характеризуются небольшим диаметром, что влечет за собой значительные потери напора воды.

В Екатеринбурге к главным водоснабжающим объектам относятся Верхнемакаровское и Волчихинское водохранилища на реке Чусовой [1]. Процесс приведения характеристик воды в соответствие с санитарно-гигиеническими нормативами осуществляется в результате многоступенчатого процесса очистки на трех фильтровальных станциях города: Сортировочной, головных сооружений водопровода, Западной. Тем не менее качество питьевой воды в Екатеринбурге с каждым годом ухудшается. Последнее обусловлено не только малоэффективными очистными сооружениями, но и нарушением гигиенических требований к эксплуатации технических систем водоподготовки, а также высокой степенью износа водопроводных сетей, приводящего к вторичному загрязнению воды [2; 3]. На сегодняшний день основную часть (около 70%) водопроводной сети, обслуживаемой МУП «Водоканал», составляют чугунные трубы. Стальные трубы занимают значительно меньшую долю – 26%, а трубы из полимеров и других материалов используются в минимальном объеме (всего 4%). Длительный срок службы чугунных и стальных труб приводит к их внутреннему обрастанию микроорганизмами и коррозии [4]. Эти процессы ухудшают качество воды, загрязняя ее тяжелыми металлами и органическими соединениями, а также негативно влияют на ее органолептические свойства, такие как запах, вкус и прозрачность.

Цель работы заключалась в комплексной оценке качества водопроводной воды, поставляемой населению Екатеринбурга, а также в анализе функционирования системы централизованного водоснабжения города. Была определена задача картографической визуализации результатов анализа проб воды, взятых в разных районах города.

Материалы и методы исследований

Исследования были выполнены в учебно-исследовательской лаборатории химии и экологии Уральского государственного педагогического университета в рамках научно-исследовательского студенческого проекта «Экологический мониторинг».

Пробы водопроводной воды были отобраны в герметичные стеклянные емкости объемом 600 см³ и проанализированы по следующим показателям: жесткость, окисляемость, pH, содержание нитратов и тяжелых металлов (свинца и меди). Пункты отбора проб включали жилые дома, административные, медицинские и образовательные учреждения, находящиеся в разных районах города. Всего было проанализировано 52 пробы: Академический район – 3 пробы; Верх-Исетский – 3; Железнодорожный – 8; Кировский – 5, Ленинский – 4; Октябрьский – 3; Орджоникидзевский – 20; Чкаловский район – 6 проб. Эксперимент по определению качества воды проводился в период с 20.01.2024 г. по 30.06.2024 г.

При проведении исследования использовали следующие методы анализа: титриметрический (для определения жесткости и окисляемости) и потенциометрический (для определения pH, содержания нитратов, свинца и меди).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Анализ данных, приведенных в таблице 1, свидетельствует, что жесткость, pH и концентрация меди в исследованных образцах воды находятся в пределах нормы. Однако в некоторых пробах зафиксировано превышение допустимых значений окисляемости, содержания свинца и нитратов.

Окисляемость представляет собой содержание легкоокисляющихся органических веществ естественного и антропогенного происхождения. К последним относятся продукты разложения различных отходов, содержащихся в коммунально-бытовых и промышленных сточных водах. Загрязнение питьевой воды из системы централизованного водоснабжения органическими соединениями может быть вызвано либо низкой эффективностью работы фильтровальной станции, либо высокой степенью изношенности водопроводных труб. Из таблицы 1 видно, что повышенной окисляемостью характеризуются семь проб, причем четыре из них отобраны в Орджоникидзевском районе.

Таблица 1

Значения показателей качества исследуемых проб воды

№	Адрес отбора пробы	$J_{\text{общ}}^*$ ммоль/дм ³	X , мгО ₂ /л Н ₂ О	pH	C_{NO_3} мг/дм ³	$C_{\text{Pb}^{2+}}$ мг/дм ³	$C_{\text{Cu}^{2+}}$ мг/дм ³
	ПДК	7 ммоль/дм ³	5 мгО ₂ /л Н ₂ О	6-9	45 мг/л	0,03 мг/л	1,0 мг/л
1.	Ильича, 26	2,40	4,32	7,93	5,30	-	-
2.	Победы, 94	2,00	5,00	7,83	0,62	-	0,01
3.	Кузнецова, 14	2,10	3,50	7,90	3,10	-	0,01
4.	Рутминского, 2	2,40	3,36	8,00	1,55	0,06	-
5.	Краснолесья, 93	3,81	4,52	7,81	7,55	0,05	0,52
6.	Стрелочников, 9	2,30	7,20	7,88	-	-	0,18
7.	Орджоникидзе, 4а	2,06	5,20	8,12	0,90	-	-
8.	Ломоносова, 44	2,50	3,30	6,61	4,03	-	-
9.	Комсомольская, 14а	3,88	4,03	7,24	3,10	-	-
10.	Индустрии, 66	3,30	3,61	8,02	1,20	-	-
11.	Репина, 20	2,24	2,67	7,35	6,20	-	-
12.	Шварца, 20	2,16	3,16	7,27	4,65	-	-
13.	Агрономическая, 12	2,38	2,14	7,29	62,00	-	-
14.	Сиреневый бульвар, 14	2,84	3,68	8,16	2,79	0,02	0,02
15.	Стахановская, 32	2,82	6,80	7,18	0,62	0,20	0,05
16.	Ильича, 5а	2,50	3,24	7,92	0,56	-	-
17.	Ломоносова, 34	2,50	3,30	8,05	0,46	0,02	-
18.	Щербакова, 37	2,88	3,20	8,01	0,30	-	-
19.	Индустрии, 55	2,64	5,76	7,98	2,48	0,02	0,02
20.	Шефская, 10	1,10	5,44	7,81	0,30	-	-
21.	Народного Фронта, 72	3,32	1,76	6,50	62,00	2,07	0,15
22.	Луначарского, 83	2,76	4,48	7,79	3,72	-	0,62
23.	Индустрии, 24	0,96	2,16	6,44	40,30	6,21	0,33
24.	Советская, 58	2,70	3,96	7,44	0,06	0,02	-
25.	Начдива Онуфриева, 44	2,66	3,96	7,59	0,01	-	-
26.	Дорожная, 18	2,64	5,84	7,20	0,06	0,10	-
27.	Фурманова, 114	2,66	3,06	7,90	0,06	0,02	-
28.	Хмелева, 6	2,68	3,57	7,36	0,06	0,02	-
29.	Бажова, 193	2,68	3,53	7,23	0,30	0,02	-
30.	Щербакова, 3/1	2,70	3,20	7,34	0,56	-	-
31.	Техническая, 12	2,70	3,92	7,17	0,51		
32.	Таганская, 57	1,76	4,48	6,83	-	1,68	0,01
33.	Уктусская, 46	2,40	3,60	7,34	3,10	-	-
34.	Культуры, 4	2,76	4,00	7,60	4,34	-	-
35.	Экспо-бульвар, 2	2,20	3,23	7,53	3,41	-	-
36.	Данилы Зверева, 7в	2,68	5,61	7,68	3,72	-	-
37.	Фронтowych Бригад, 7	2,72	3,54	7,37	3,72	1,05	0,19
38.	Маневровая, 25	2,48	3,76	6,13	4,65	0,80	0,03
39.	Машиностроителей, 30	2,56	3,92	7,11	4,03	-	-
40.	Токарей, 44/2	2,64	2,80	7,50	5,27	-	-
41.	Восстания, 91	2,68	3,76	7,45	4,96	-	-

Окончание табл. 1

№	Адрес отбора пробы	$J_{\text{общ}}^*$ ммоль/дм ³	X, мгО ₂ /л Н ₂ О	pH	$C_{\text{NO}_3^-}$ мг/дм ³	$C_{\text{Pb}^{2+}}$ мг/дм ³	$C_{\text{Cu}^{2+}}$ мг/дм ³
	ПДК	7 ммоль/дм ³	5 мгО ₂ /л Н ₂ О	6-9	45 мг/л	0,03 мг/л	1,0 мг/л
42.	Пехотинцев, 6	3,00	9,12	6,6	3,41	0,20	-
43.	Стачек, 59	2,72	3,28	7,25	5,27	-	-
44.	Латвийская, 3	3,88	1,44	7,16	4,03	-	-
45.	Уральская, 61а	2,92	3,44	7,26	4,96	-	-
46.	Щербакова, 37	2,72	2,87	7,41	0,65	-	-
47.	П. Тольятти, 13а	3,16	3,28	7,25	3,01	-	-
48.	Решетникова, 3	2,76	3,18	7,60	4,03	-	-
49.	Мира, 19	2,64	3,28	7,17	4,03	-	-
50.	Техническая, 44	2,24	4,80	6,02	1,55	1,20	0,64
51.	Мира, 3	2,58	4,72	6,43	2,48	0,20	-
52.	Шаманова, 22	3,08	3,78	7,55	9,21	0,04	0,45

- «-» – показатель не определен;
- жирным шрифтом выделены значения, превышающие нормативные значения;
- сведения о материале труб отсутствуют.

Источник: составлено авторами на основании результатов исследования.

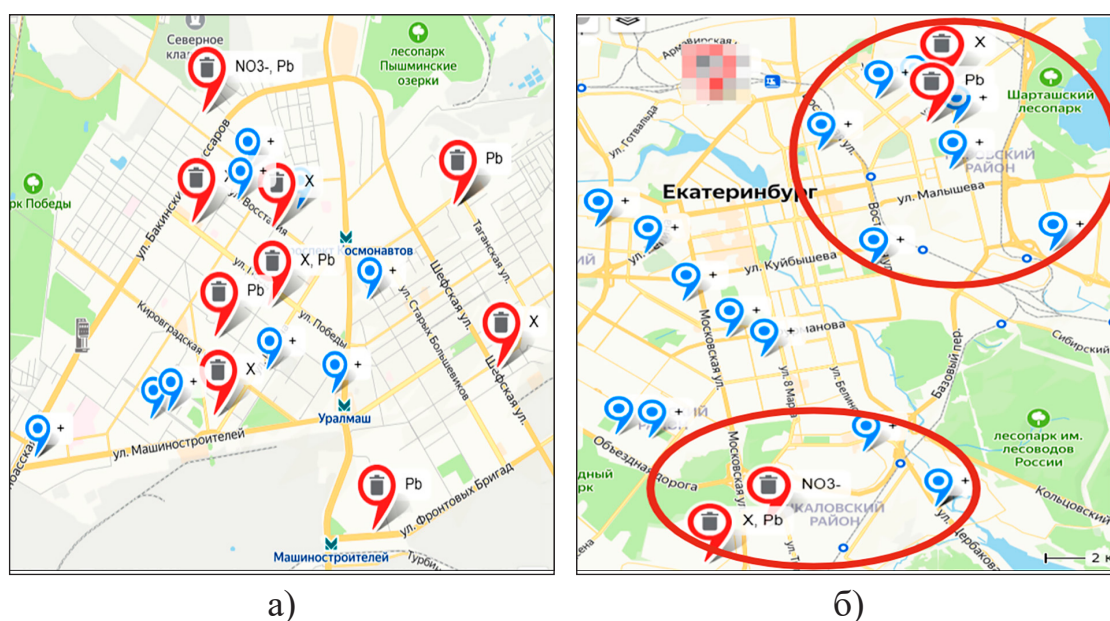


Рис. 1. Пункты отбора проб водопроводной воды: а) в Орджоникидзевском районе; б) в Ленинском, Кировском, Чкаловском и Верх-Исетском районах (красными линиями обведены Чкаловский и Кировский районы с загрязненной водой). Пункты отбора проб воды неудовлетворительного качества по одному или нескольким показателям отмечены красными метками

Источник: составлено авторами на основании результатов исследования

Превышение содержания нитратов обнаружено в двух пробах, отобранных в Чкаловском и Орджоникидзевском районах. Известно, что как в поверхностных, так и в грунтовых водах Свердловской области нитраты

среди загрязнителей занимают ведущие позиции [5]. Характерной особенностью нитратов является их способность трансформироваться в организме человека в нитрозамины – канцерогенные соединения [6–8].

Один из пунктов отбора загрязненных нитратами проб находится в Орджоникидзевском районе, неподалеку от СНТ «Садовод»; второй пункт располагается в Чкаловском районе, между городскими парками завода РТИ, Камвольного комбината и Юго-Западным. Основная причина загрязнения воды нитратами – избыточное использование азотных удобрений. Проблемы с устаревшими водопроводными трубами, подверженными коррозии и, следовательно, частым авариям, способствуют попаданию нитратов в систему централизованного водоснабжения. При этом, согласно данным таблицы 1, свинец является самым распространенным загрязнителем, превышающим допустимые нормы в большинстве проб (13 случаев).

Свинцом загрязнены пять проб из Орджоникидзевского района, три – из Академического, три – из Железнодорожного и по одной из Чкаловского и Кировского районов. На рисунке 1 представлены пункты отбора проб с соответствующей оценкой качества воды в Орджоникидзевском районе (1а), Ленинском, Чкаловском и Кировском, Верх-Исетском районах (1б). Таким образом, свинец можно отнести к числу приоритетных загрязнителей в исследуемых пробах воды.

Основная причина появления свинца в питьевой воде – это разрушение старых водопроводных труб из-за коррозии. Однако возможно и непосредственное попадание соединений свинца в водопроводную сеть из окружающей среды в результате частых аварийных разрывов трубопровода [4; 9]. К основным источникам свинца относят отходы машиностроительных и металлургических предприятий, большая часть которых расположена в Орджоникидзевском районе. Кроме того, свинец в окружающую среду поступает с выхлопными газами автотранспорта и из отработанных автомобильных аккумуляторов.

Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют о многократном (от 6 до 200 раз) превышении ПДК свинца в пробах воды из Орджоникидзевского района. Все пункты отбора проб в этом районе представляют собой здания старой (40–50 лет) жилой застройки, домовые водопроводные трубы в которых требуют срочной замены. На высокую степень коррозионного повреждения труб указывают постоянные аварии водопровода в этом районе, сопровождающиеся выходом воды на поверхность и затоплением улиц и придомовых территорий.

Проблеме загрязнения воды из разных источников свинцом и последствий его не-

гативного влияния на организм человека посвящено немало работ [6; 10; 11]. Свинец, как и многие тяжелые металлы, взаимодействует с содержащимися в организме человека серосодержащими аминокислотами (цистеином, глутатионом, метионином и др.) с образованием труднорастворимых соединений. Дефицит указанных аминокислот, выполняющих функцию антиоксидантов в организме, неизбежно ведет к повышению концентрации свободных радикалов с последующим повреждением клеточных мембран и возникновением различных патологий [12]. Для свинца свойственно явление биоаккумуляции, что существенно усиливает его токсикологический эффект. Следовательно, при регулярном употреблении воды, содержащей десятки и даже сотни ПДК свинца, пропорционально возрастают и масштабы отрицательных последствий воздействия на организм человека.

Свинец, помимо разрушения антиоксидантов, обладает еще и канцерогенными свойствами [13; 14]. В этой связи были рассчитаны уровни индивидуального канцерогенного риска потребителей воды в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения»¹:

$$CR = I \cdot SF, \quad (1)$$

где I – среднесуточная доза при пероральном поступлении загрязнителя в организм человека с питьевой водой; SF – фактор канцерогенности.

$$I = \frac{C_w \cdot V \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (2)$$

где C_w – концентрация загрязнителя в воде; V – объем потребляемой воды в сутки; EF – частота воздействия; продолжительность воздействия; BW – средняя масса тела; AT – средний период экспозиции. Расчеты приведены с учетом потребления воды взрослым человеком со средней массой тела 70 кг.

Приемлемость риска (CR) оценивали по критериям, приведенным в [15]:

1) $CR \leq 1 \cdot 10^{-6}$ – риск соответствует одному случаю заболевания или смерти на миллион экспонированных лиц и считается пренебрежимо малым;

2) $1 \cdot 10^{-6} \leq CR \leq 1 \cdot 10^{-4}$ – имеет место предельно допустимый риск, требующий регулярного контроля качества объектов окружающей среды;

¹ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

3) $1 \cdot 10^{-4} < CR \leq 1 \cdot 10^{-3}$ – риск становится недопустимым или неприемлемым; при этом требуется проведение мероприятий по улучшению экологической ситуации;

4) $CR > 1 \cdot 10^{-3}$ – необходимы экстренные меры по оздоровлению окружающей среды с целью снижения риска.

Как следует из таблицы 2, максимальные (недопустимые) канцерогенные риски соответствуют наиболее загрязненным пробам питьевой воды из Орджоникидзевского района ($CR > 1 \cdot 10^{-3}$). Канцерогенные риски, рассчитанные для других проб, можно оценить как предельно допустимые. Для детей, с учетом их меньшей средней массы тела и меньшим времени экспозиции, среднесуточная доза свинца при пероральном поступлении существенно возрастает, следовательно, значения канцерогенного риска будут значительно выше.

Вызывает вопрос низкий уровень качества питьевой воды в Академическом районе, строительство которого началось в 2006 году и продолжается до сих пор. Здания, сооружения, инфраструктура, все коммуникации, а значит, и водопроводные сети здесь сооружены недавно. Тем не менее все пробы воды, отобранные в Академическом, содержат свинец от 1,3 до 2 ПДК. Для сравнения: в пробах воды, отобранных в Ленинском и Верх-Исетском районах, измеренные

показатели качества находятся в пределах, допустимых санитарно-гигиеническими нормативами (рис. 16). Полученные данные свидетельствуют о критической экологической ситуации с питьевой водой в Орджоникидзевском районе, что обусловлено значительным превышением норм по окисляемости, нитратам и свинцу (рис. 2).

С целью визуализации результатов проведенных исследований была разработана интерактивная информационная карта качества питьевой воды в городе Екатеринбурге.

Данные, приведенные на рисунке 3, представляющем карту экологического благополучия города по результатам анализа водопроводной воды, свидетельствуют о несоответствии нормативам качества более 30% исследуемых проб по одному или двум из определяемых показателей. Вторичное загрязнение воды может быть вызвано различными факторами: коррозионные процессы в трубопроводах, попадание экотоксикантов через уплотнения, колебание давления и перераспределение потоков воды в водопроводной сети, существование тупиковых участков водопровода и др. [16]. В дополнение к указанным причинам поступления загрязнителей в водопроводную сеть следует отметить и периодические сбои в работе устаревших технических систем водоподготовки.

Таблица 2

Уровни индивидуального канцерогенного риска здоровью потребителей от питьевой воды, загрязненной свинцом

№ п/п	Пункты отбора проб	C_w , мг/л	I, мг/кг-день	CR
1.	Рутминского, 2	0,06	$1,64 \cdot 10^{-3}$	$7,72 \cdot 10^{-5}$
2.	Краснолесья, 93	0,05	$1,37 \cdot 10^{-3}$	$6,44 \cdot 10^{-5}$
3.	Шаманова, 22	0,04	$1,10 \cdot 10^{-4}$	$6,15 \cdot 10^{-6}$
4.	Стахановская, 32	0,2	$5,48 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-4}$
5.	Народного Фронта, 72	2,07	$5,67 \cdot 10^{-2}$	$2,67 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
6.	Индустрии, 24	6,21	$1,70 \cdot 10^{-1}$	$7,80 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
7.	Таганская, 57	1,68	$4,60 \cdot 10^{-2}$	$2,16 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
8.	Фронтных Бригад, 7	1,05	$2,88 \cdot 10^{-2}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
9.	Техническая, 44	1,2	$3,29 \cdot 10^{-2}$	$1,55 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
10.	Маневровая, 25	0,8	$2,20 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$ (недопустим)
11.	Пехотинцев, 6	0,2	$5,48 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-4}$
12.	Мира, 3	0,2	$5,48 \cdot 10^{-3}$	$2,58 \cdot 10^{-4}$
13.	Дорожная, 18	0,1	$2,74 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$

Источник: составлено авторами на основании результатов исследования.

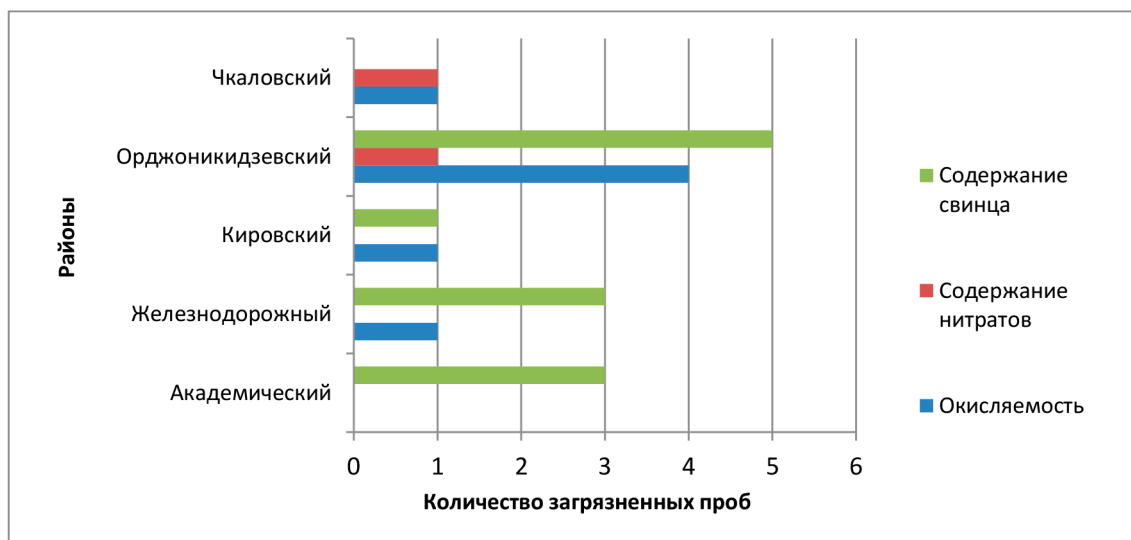


Рис. 2. Количество загрязненных проб водопроводной воды по районам города
 Источник: составлено авторами на основании результатов исследования

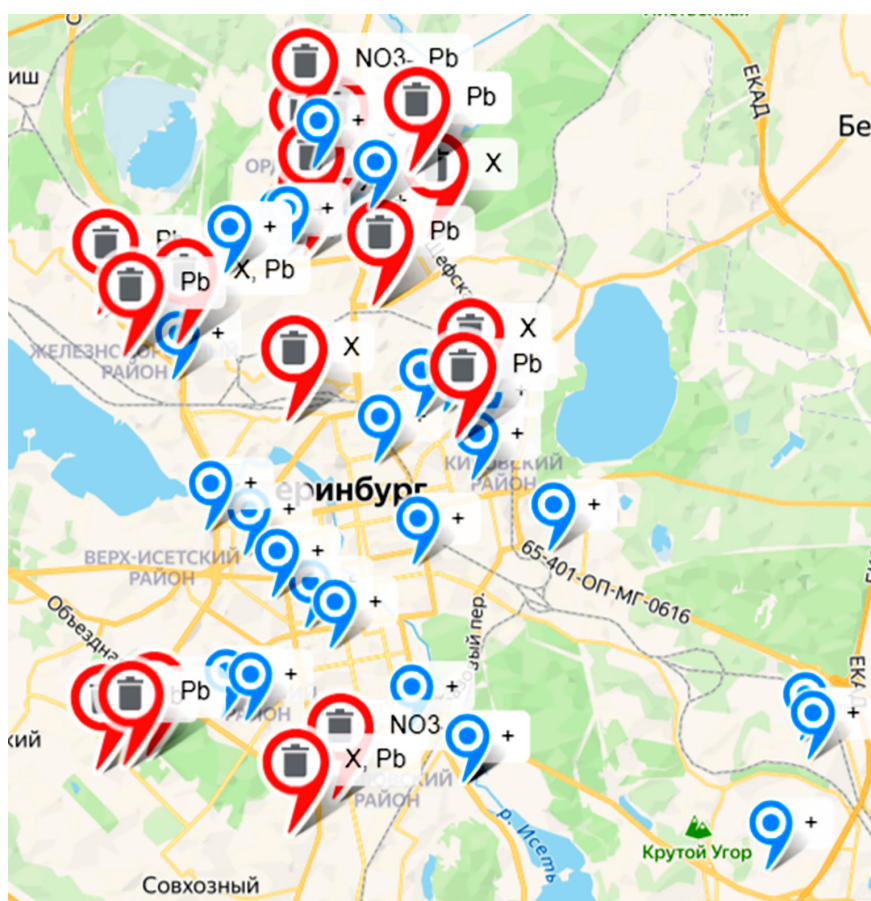


Рис. 3. Результаты анализа исследуемых проб водопроводной воды
 Примечание: пункты отбора проб воды неудовлетворительного качества по одному или нескольким показателям отмечены красными метками
 Составлено по: URL: <https://водоканалекб.рф/media-center/novosti/speczialisty-vodokanala-prezentovali-interaktivnuyu-kartu-perekladki-setej-po-rajonam-ekaterinburga/>

Одним из путей решения проблемы вторичного загрязнения водопроводной воды является замена изношенных участков водопроводных сетей. В МУП «Водоканал» разработан и с 2024 года реализуется план ремонта и замены водопроводных труб. На интерактивной карте, составленной сотрудниками «Водоканала», отмечены наиболее аварийные участки трубопровода, подлежащие ремонту. В большинстве случаев на отмеченных участках отобранные для анализа пробы воды не соответствуют стандартам качества.

Выводы

Таким образом, анализ питьевой воды из системы централизованного водоснабжения Екатеринбурга выявил ряд проблем. В частности, в нескольких районах зафиксировано превышение нормативных показателей по окисляемости (в Орджоникидзевском, Чкаловском, Железнодорожном, Кировском районах), содержанию свинца (Орджоникидзевском, Кировском, Чкаловском, Железнодорожном, Академическом районах) и нитратов (загрязнение в Чкаловском и Орджоникидзевском районах), что свидетельствует о неудовлетворительном качестве воды. Обнаружено, что доля загрязненных проб составила 34%.

К основным причинам неудовлетворительного качества питьевой воды относятся высокая степень изношенности трубопровода, вызывающей его коррозию и частые аварийные разрывы, колебание давления и перераспределение потоков воды в водопроводной сети. Решение указанной экологической проблемы, заключающейся в ремонте и замене водопроводных труб, реализуется МУП «Водоканал» в Екатеринбурге.

Список литературы

1. Соколов Ю.И. Риски самого ценного ресурса планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 1. С. 10–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riski-samogo-tsennogo-resursa-planety/viewer> (дата обращения: 05.06.2025). DOI: 10.32686/1812-5220-2020-17-1-10-23.
2. Коньшина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. №95 (5). С. 413–416. DOI:10.17513/mjrf.13604.
3. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Преснякова Ю.А. Геоэкологическая оценка качества источников хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий Воронежской области // Вестник Удмуртского университета. 2020. Т. 30. № 1. С. 53–63. DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-53-63.
4. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Гребенникова О.А. Геоэкологическая оценка состояния централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения малых городов Воронежской области // Вестник Удмуртского университета. 2019. Т. 29. № 2. С. 213–220. DOI: 10.35634/2412-9518-2019-29-2-213-220.

5. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год. 2018. 18 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf (дата обращения: 05.06.2025).
6. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения // Гигиена и санитария. 2014. № 3. С. 5–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-pitievoy-vody-i-riska-dlya-zdorovya-naseleniya/viewer> (дата обращения: 05.06.2025).
7. Харина Г.В., Алешина Л.В. Анализ качества подземных вод Свердловской области // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 221–228. DOI: 10.47470/0016-9900-2023-102-3-221-228.
8. Кикун П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 94–101. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101.
9. Росоловский А.П. Состояние источников центрального водоснабжения и влияние качества питьевой воды на здоровье населения Новгородской области // Здоровье населения и среда обитания. 2016. Т. 274. № 1. С. 8–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-istochnikov-tsentralnogo-vodosnabzheniya-i-vliyaniye-kachestva-pitievoy-vody-na-zdorovie-naseleniya-novgorodskoy-oblasti> (дата обращения: 05.06.2025).
10. H. Al-Aizari, A. Achachoua, M. Fadlib, F. Al-Kadsec. Analytical Groundwater Contamination by Heavy Metal // Applied Journal of Environmental Engineering Science. 2018. No. 3. P. 299–308. URL: <https://revues.imist.ma/index.php/AJEEES/article/view/11254> (дата обращения: 02.06.2025).
11. Aparna Borawake, V. B. Gaikwad, Sucheta Patil, Kamra Anjana. Evaluation of Heavy Metal Contamination in Ground Water of Ambad Industrial Area of Nashik, Maharashtra, India // International Journal of Science and Research (IJSR). 2015. Vol. 4. No. 7. P. 1826–1831. DOI: 10.21275/SUB2156804.
12. Галимова А.Р., Тунакова Ю.А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 2. С. 165–169. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-otsenki-vozdeystviya-potrebyaemyh-pitievoyh-vod-na-zdorovie-detskogo-naseleniya-i-obosnovanie-sposobov-povysheniya-ih-kachestva> (дата обращения: 05.06.2025).
13. Коньшина Л.Г. Оценка риска здоровью детей, обусловленного химическим составом питьевой воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 9. С. 997–1003. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-9-997-1003.
14. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области) // Анализ риска здоровью. 2021. № 2. С. 41–51. DOI: 10.21668/health.risk/2021.2.04.
15. Ширяева И.А., Попова Е.В. Тяжелые металлы в питьевых водах различных природных геохимических провинций Пермского края как факторы канцерогенного риска для здоровья населения // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2014. № 4. С. 89–96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tyazhelye-metally-v-pitievoyh-vodah-razlichnyh-prirodnyh-geohimicheskikh-provintsiy-permskogo-kрая-kak-factory-kantserogennogo-riska> (дата обращения: 05.06.2025).
16. Шеренков И.А., Осыка Н.В., Багмут Л.Л. Анализ проблем эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2009. Т. 11. № 1. С. 350–352. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-ekspluatatsii-sistem-pitievogo-vodosnabzheniya-iz-podzemnyh-istochnikov> (дата обращения: 03.06.2025).