

**Н. С. Кочнев**

**N. S. Kochnev**

*nikitosko4nev@gmail.com*

**Г. В. Харина**

**G. V. Kharina**

*gvkharina32@yandex.ru*

ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург  
Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg

**Л. В. Алешина**

**L. V. Alyoshina**

*alv@usue.ru*

ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет», г. Екатеринбург  
Ural State University of Economics, Yekaterinburg

**А. Ю. Чистюлина**

**A. Yu. Chistyulina**

*arinachistyulina@mail.ru*

ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет», г. Екатеринбург  
Ural State University of Economics, Yekaterinburg

## **ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Аннотация:** Работа посвящена исследованию качества водопроводной воды в Екатеринбурге. Перечислены основные источники централизованного водоснабжения. Представлен путь движения воды из Волчихинского водохранилища в дома Екатеринбурга. Проанализированы пробы воды из разных районов города. Установлено, что исследуемые пробы загрязнены свинцом и кадмием. Отмечены районы города с загрязненной водой. Указаны причины загрязнения воды тяжелыми металлами. Сделан вывод о неудовлетворительном качестве водопроводной воды в Екатеринбурге. Приведено обоснование необходимости замены или ремонта утративших эффективность труб, используемых в центральном водопроводе.

**Ключевые слова:** вода, загрязнение, тяжелые металлы, водопроводные трубы, свинец, кадмий.

## **THE PROBLEM OF WATER POLLUTION OF THE CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEM IN YEKATERINBURG WITH HEAVY METALS**

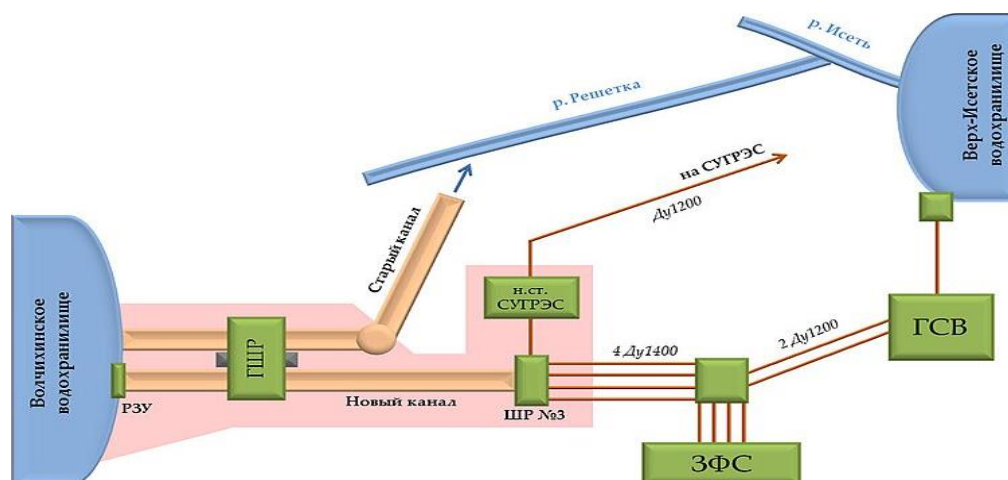
**Abstract.** The work is devoted to the study of the quality of tap water in Yekaterinburg. The main sources of centralized water supply are listed. The way of water movement from the Volchikhinsky reservoir to the houses of Yekaterinburg is presented. Water samples from different districts of the city were analyzed. It was found that the samples under study were contaminated with lead and cadmium. The areas of the city with polluted water are marked. The causes of water pollution with heavy metals are indicated. The conclusion is made about the unsatisfactory quality of tap water in Yekaterinburg. The justification for the need to replace or repair pipes that have lost their effectiveness and are used in the central water supply is given.

**Keywords:** water, pollution, heavy metals, water pipes, lead, cadmium.

**Введение.** Вода является одним из самых ценных природных ресурсов на земле. В условиях нарастающего антропогенного давления объекты окружающей природной среды претерпевают серьезные изменения, сопровождающиеся их разрушением, сокращением и гибелью. Водные объекты не являются исключением. С каждым годом возрастает степень

загрязнения источников питьевой воды. В крупных городах водохранилища являются едва ли не единственными источниками водоснабжения населения.

В Екатеринбурге основным источником водоснабжения является гидротехнический каскад Верхне-Макаровского и Волчихинского водохранилищ на реке Чусовой. Кроме того, есть дополнительные водохранилища – Ревдинское и Новомариинское (на реке Ревде) и Нязепетровское (на реке Уфе). В случае возникновения чрезвычайных ситуаций есть возможность задействовать резервный источник в виде Верх-Исетского водохранилища на реке Исеть [1]. Водоснабжение обычно состоит из трех этапов: 1) забор сырой воды из источников водоснабжения и транспортировка до станций водоподготовки; 2) водоподготовка в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями на фильтровальных станциях; 3) транспортировка питьевой воды потребителям по водопроводной сети [2]. В настоящее время в городе действуют пять фильтровальных станций, самая крупная из них – Западная фильтровальная станция.



**Рисунок 1.** Тракт подачи воды из Волчихинского водохранилища в Екатеринбург и на «СУГРЭС». РЗУ – Рыбозащитные устройства, ГШР – головной шлюз-регулятор, ШР № 3 – шлюз-регулятор № 3, н.ст. – насосная станция, ЗФС – Западная фильтровальная станция, ГСВ – Головные сооружения водопровода

На рис. 1 представлен путь движения воды из Волчихинского водохранилища к потребителю [3]. После прохождения головного шлюза-регулятора вода подается на Западную фильтровальную станцию с текущей максимальной производительностью по чистой воде, равной 455 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Несмотря на работу фильтровальных станций, водопроводная вода зачастую не отличается высоким качеством. К основным причинам несоответствия показателей качества санитарно-гигиеническим нормативам можно отнести технические неисправности в работе фильтровальных станций, износ водопроводных труб, попадание промышленных и сельскохозяйственных стоков в источники водоснабжения, утечки из

канализационной системы и проникновение сточных вод в водопроводную систему. На сегодняшний день особенно остро стоит проблема изношенности водопроводных труб, основным материалом которых до сих пор является чугун [4]. На балансе Екатеринбургского предприятия «Водоканал» находится около 1654 км водопроводных труб, из них на долю чугунных приходится 70%; на долю стальных – 26%; 4% составляют трубы из полипропилена и других материалов. Доминирование в ряду материалов водопроводной сети чугуна, не отличающегося высокой коррозионной стойкостью, обуславливает постепенное разрушение труб, проникновение различных загрязнителей в воду, возникновение частых аварий на водопроводе с длительными отключениями воды.

**Цель работы** заключалась в оценке качества воды централизованного водоснабжения г. Екатеринбурга по содержанию в ней тяжелых металлов.

**Экспериментальная часть.** Для анализа были отобраны следующие пробы воды из-под крана по адресам, приведенным в таблице 1. Пробы отбирались в стеклянную герметичную тару.

**Таблица 1.** Адреса отбора проб воды в Екатеринбурге

<i>Номер пробы</i>	<i>Адрес</i>
1	Техническая, 44
2	Индустрии, 24
3	Экспо-бульвар, 2
4	Щербакова, 37
5	Токарей, 44/2
6	Дорожная, 8
7	Маневровая, 25
8	Данилы Зверева, 7В
9	Орджоникидзе, 4А
10	Луначарского, 88

Места отбора проб выбирались с точки зрения максимального охвата административных районов города (рис. 2).

Определение содержания тяжелых металлов (меди, свинца, кадмия, цинка и никеля) в воде проводили методом инверсионной вольтамперометрии по аналитическому сигналу, представляющему собой либо ток анодного растворения продукта предварительного накопления (электролиза) с электрода, либо – ток катодного восстановления комплексного соединения на электроде.

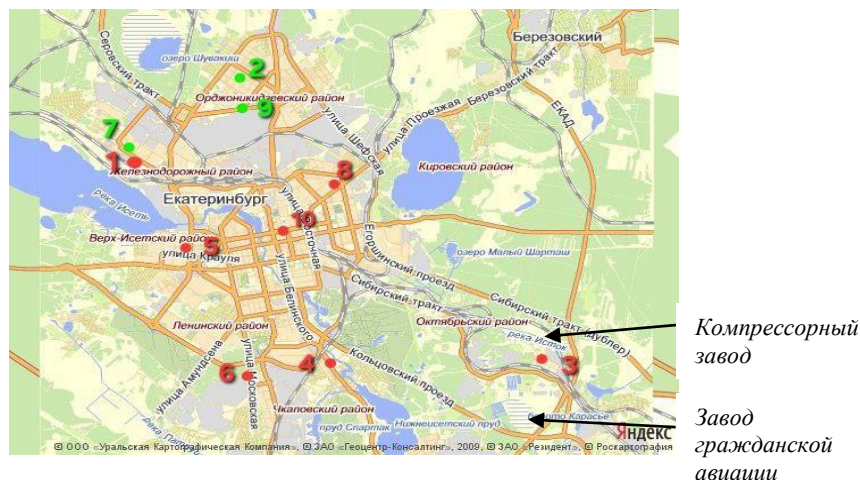


Рисунок 2. Точки отбора проб водопроводной воды

При выполнении анализа был использован инверсионный вольтамперометрический анализатор по ТУ 4215-001-05828695-95 (НПВП «ИВА», г. Екатеринбург). Исследования были проведены в учебно-исследовательской лаборатории кафедры физики и химии УрГЭУ.

**Результаты и обсуждение.** Результаты определения тяжелых металлов в исследуемых пробах приведены в таблице 2.

Определяемые металлы относятся к токсичным соединениям разного класса опасности: кадмий – I-го, остальные металлы – II-го класса опасности. Проблема негативного влияния тяжелых металлов на организм человека рассмотрена многими авторами [5–8]. Тяжелые металлы вызывают патологии важнейших органов и систем человека, нарушая таким образом его нормальное физическое развитие. Для тяжелых металлов, как и для многих других суперэкоотоксикантов, свойственно явление биоаккумуляции (накопления в живом), способствующее многократному увеличению концентрации вредного вещества. Некоторые тяжелые металлы обладают канцерогенным воздействием. По классификации МАИР (Международного агентства по изучению рака) к 1-й группе канцерогенов – несомненно канцерогенных – относятся кадмий и никель; в группу 2A – вероятно канцерогенных – включен свинец [6\*].

Результаты, представленные в табл. 2, свидетельствуют о загрязнении проб свинцом (№1) и кадмием (№№ 3–6; 8; 10). Как было отмечено выше, загрязнение питьевой воды тяжелыми металлами (свинцом и кадмием) обусловлено, главным образом, процессом разрушения чугунных и стальных водопроводных труб в результате их длительной эксплуатации. Поступление кадмия в питьевую воду, как отмечают авторы [9], вызвано использованием труб из полимерных материалов.

Кроме того, поступлению тяжелых металлов в воду способствуют сбросы в источники водоснабжения неочищенных сточных вод, а также проникновение токсикантов из загрязненных почв в грунтовые и поверхностные воды.

**Таблица № 2.** Результаты определения тяжелых металлов в пробах водопроводной воды

№ п/п	Найденное содержание, мг/дм <sup>3</sup>									
	Медь	ПДК	Свинец	ПДК	Кадмий	ПДК	Цинк	ПДК	Никель	ПДК
1	0,009	1,0	0,126	0,03	0,00024	0,001	0,022	5,0	0,0008	0,1
2	0,01		0,0028		–		0,011		0,001	
3	0,022		0,0055		0,0015		0,011		0,001	
4	0,0006		0,0018		0,0013		0,002		0,0003	
5	0,007		0,0068		0,002		0,013		–	
6	0,0001		0,002		0,0011		0,003		0,001	
7	0,0004		0,0065		–		0,003		0,0002	
8	0,0009		0,0078		0,0012		0,011		–	
9	0,0009		0,0048		0,0005		0,003		0,0004	
10	0,0002		0,004		0,0011		0,001		0,0033	

Из рис. 3 видно, что содержание свинца в пробе № 1 превышает ПДК более чем в 4 раза. Превышение концентрации кадмия в загрязненных пробах варьируется от 1,1 до 2-х раз. Интересно отметить расположение мест отбора загрязненных проб. Из рис. 2 следует, что загрязнение водопроводной воды наблюдается в Железнодорожном, Кировском, Ленинском, Верх-Исетском Октябрьском районах. При этом две пробы, отобранные в Орджоникидзевском районе, оказались не загрязненными тяжелыми металлами.

В сложившейся ситуации, очевидно, наиболее правильным решением проблемы загрязнения питьевой воды системы централизованного водоснабжения будет замена изношенных труб. Специалистами МУП «Водоканал» анонсирован и нанесен на карту адресный перечень водопроводных сетей, подлежащих ремонту в 2024 году [10].

Из рис. 4 видно, что ремонту будут подвергнуты участки водопроводных сетей в тех районах города, где водопроводная вода загрязнена тяжелыми металлами.

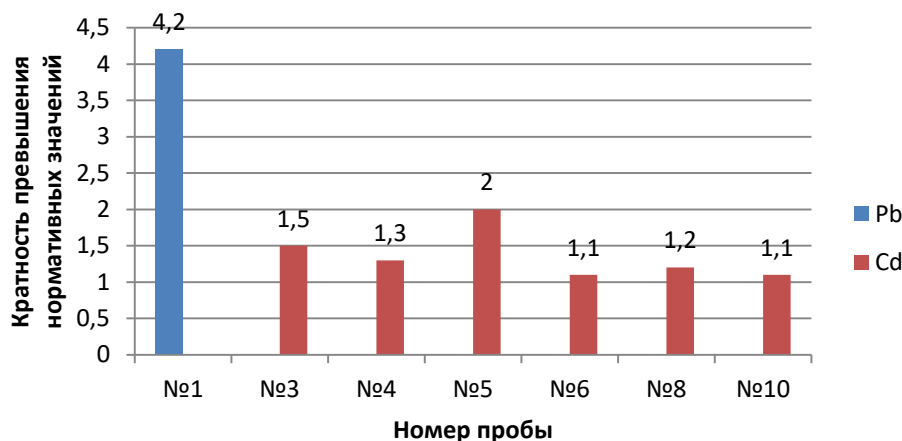


Рисунок 3. Превышение допустимых норм свинца и кадмия в загрязненных пробах.

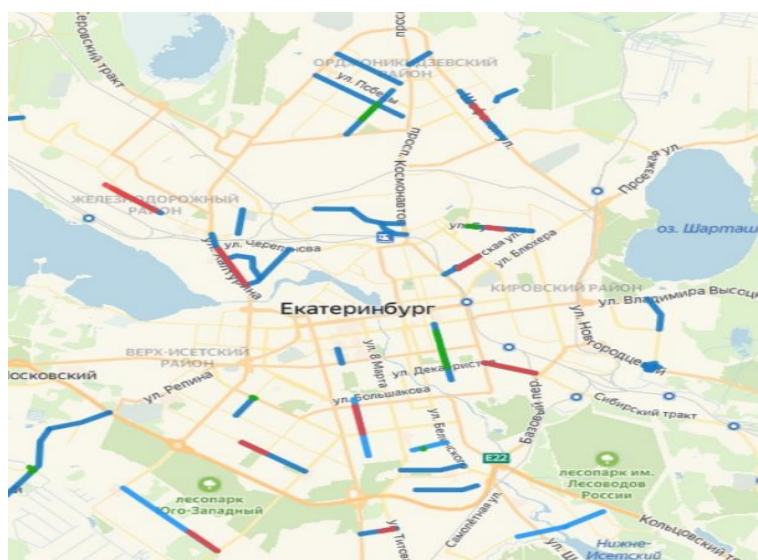


Рисунок 4. Участки водопроводных сетей (выделены красным), в Екатеринбурге, подлежащих ремонту и замене.

**Выводы:** Таким образом, полученные данные свидетельствуют о неудовлетворительном качестве водопроводной воды в Екатеринбурге. Выявлено, что из 10 проанализированных проб лишь три соответствуют санитарно-гигиеническим нормам по содержанию тяжелых металлов. Исследованные пробы загрязнены свинцом и кадмием, поступление которых в воду обусловлено коррозией водопроводных труб из чугуна и стали вследствие их сильного износа. Обоснована необходимость замены или ремонта утративших эффективность труб, используемых в центральном водопроводе.

#### Список литературы

1. Носаль А. П., Шубарина А. С., Сокольских И. И. Повышение безопасности водоснабжения крупных населенных пунктов в период маловодья (на примере города Екатеринбурга) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. С. 33–46.

2. Водоканал (Екатеринбург). Инфраструктура водоснабжения // Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Водоканал\\_\(Екатеринбург\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Водоканал_(Екатеринбург)) (дата обращения: 08.05.2024).

3. Водоснабжение Екатеринбурга. Источники водоснабжения и гидротехнические сооружения // Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Водоснабжение\\_Екатеринбурга](https://ru.wikipedia.org/wiki/Водоснабжение_Екатеринбурга) (дата обращения: 08.05.2024).

4. Коньшина Л. Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 5. С. 413–416. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-5-413-416>.

5. Analytical Groundwater Contamination by Heavy Metal / H. Al-Aizari, A. Achaoucha, M. Fadlib, F. Al-Kadsec // Applied Journal of Environmental Engineering Science. 2018. Vol. 4, iss. 3. P. 299–308.

6. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжелыми металлами / В. М. Боев, Л. В. Зеленина, Л. Х. Кудусова, Е. А. Кряжева, Д. О. Зеленин // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02>.

7. Imbulana S., Oguma K. Groundwater as a potential cause of Chronic Kidney Disease of unknown etiology (CKDu) in Sri Lanka: a review // Journal of Water and Health. 2021. Vol. 19, iss. 3. P. 393–410. <https://doi.org/10.2166/wh.2021.079>.

8. WHO water quality standards vs synergic effect(s) of fluoride, heavy metals and hardness in drinking water on kidney tissues / Wasana H., Perera G., Gunawardena P., Fernando P., Bandara J. // Scientific Reports. 2017. Vol. 7, iss. 1. Art. 42516. <https://doi.org/10.1038/srep42516>.

9. 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.

10. Специалисты водоканала презентовали интерактивную карту перекладки сетей по районам Екатеринбурга. URL: <https://водоканалекб.рф/media-center/novosti/speczialisty-vodokanala-prezentovali-interaktivnuyu-kartu-perekladki-setej-po-rajonam-ekaterinburga/> (дата обращения: 08.05.2024).