

СТАТЬЯ

УДК 504.4/.61:543.3

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ СИСТЕМЫ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ****¹Харина Г.В., ¹Топорищев М.С., ²Алешина Л.В.**¹ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,
Екатеринбург, e-mail: gvkharina32@yandex.ru, toporishhev2000@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,
e-mail: alv@usue.ru

Работа посвящена исследованию качества питьевой воды из источников централизованного водоснабжения в Екатеринбурге. Указаны источники централизованного водоснабжения в Екатеринбурге, а также место и способ водоочистки. Приведены причины ухудшения качества воды. Отмечена актуальность работы, обусловленная необходимостью контроля качества питьевой воды в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду. Указаны места отбора проб водопроводной воды, включающие все районы города Екатеринбурга. Качество воды оценивалось по следующим показателям: реакция среды, жесткость, окисляемость, содержание нитрат-ионов и тяжелых металлов (меди, свинца и кадмия). Дана краткая характеристика показателей жесткости и окисляемости. Приведено описание методов исследования: титриметрического (для определения жесткости и окисляемости) и потенциометрического (для определения содержания нитратов и ионов тяжелых металлов). Установлено, что значения pH и жесткости воды соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам. Отмечено, что вода из-под крана относится к мягкому типу. Обнаружено превышение ПДК окисляемости и содержания нитратов в некоторых пробах воды. Приводится описание негативного воздействия нитратов и тяжелых металлов на здоровье человека. Выявлено превышение ПДК свинца в некоторых исследуемых пробах воды. Отмечаются причины несоответствия ряда определяемых показателей санитарно-гигиеническим нормативам. Авторы отмечают, что для получения более точного и объективного представления о состоянии городского водопровода требуется проведение анализа гораздо большего количества проб.

Ключевые слова: централизованное водоснабжение, качество воды, водопровод, нитраты, тяжелые металлы**ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY
OF THE CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEM IN YEKATERINBURG****¹Kharina G.V., ¹Toporishchev M.S., ²Alyoshina L.V.**¹Russian state vocational pedagogical university, Ekaterinburg,
e-mail: gvkharina32@yandex.ru, toporishhev2000@mail.ru;²Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: alv@usue.ru

The work is devoted to the study of the quality of drinking water from centralized water supply sources in Yekaterinburg. The sources of centralized water supply in Yekaterinburg are indicated, as well as the place and method of water treatment. The reasons for the deterioration of water quality are given. The relevance of the work is noted, due to the need to control the quality of drinking water in conditions of increasing anthropogenic impact on the environment. The places of sampling of tap water are indicated, including all districts of the city of Yekaterinburg. The water quality was assessed according to the following indicators: reaction of the medium, hardness, oxidizability, content of nitrate ions and heavy metals (copper, lead and cadmium). A brief description of the indicators of hardness and oxidizability is given. The description of the research methods is given: titrimetric (to determine hardness and oxidizability) and potentiometric (to determine the content of nitrates and heavy metal ions). It has been established that the pH and water hardness values correspond to sanitary and hygienic standards. It is noted that tap water belongs to the soft type. An excess of the maximum permissible concentration of oxidizability and nitrate content in some water samples was found. The negative effects of nitrates and heavy metals on human health are described. The excess of the maximum permissible concentration of lead in some of the studied water samples was revealed. The reasons for the inconsistency of a number of determined indicators with sanitary and hygienic standards are noted. The authors note that in order to obtain a more accurate and objective view of the state of the urban water supply system, it is necessary to analyze a much larger number of samples.

Keywords: centralized water supply, water quality, plumbing, nitrates, heavy metals

Наличие и качество воды – одного из наиболее ценных и незаменимых природных ресурсов на планете – оказывают существенное влияние на здоровье людей, уровень санитарно-эпидемиологического благополучия, степень комфорта и, следовательно, являются одним из факторов социальной стабильности общества [1].

В последнее время в связи с усилением техногенного воздействия на природные и искусственные экосистемы качество воды ухудшается. Речь идет о воде не только из поверхностных и подземных источников, но и из систем централизованного водоснабжения. Особенно страдает качество воды в крупных промышленных городах,

где порой и запасы водных ресурсов бывают ограничены. Среди основных причин ухудшения качества питьевой воды можно выделить устаревшие технологии водоочистки, нарушение гигиенических требований эксплуатации сооружений водоподготовки и, наконец, вторичное загрязнение воды в изношенных водопроводных сетях [2]. В процессе продолжительной эксплуатации водопроводные трубы (из сплавов железа) обрастают различными организмами растительного и животного происхождения, подвергаются коррозии. Вода, поступающая из таких труб, нередко загрязнена тяжелыми металлами (свинцом, кадмием), органическими токсикантами, имеет неприятный привкус и запах.

В Екатеринбурге основным источником водоснабжения является гидротехнический каскад Верхнемакаровского и Волчихинского водохранилищ на реке Чусовая. Новомариинское и Ревдинское водохранилища на реке Ревде и Нязепетровское на реке Уфе покрывают возникающий дефицит питьевой воды [3]. Качество водопроводной воды обеспечивается Западной фильтровальной станцией, где происходит двухступенчатая очистка водного потока от различных загрязнителей. Очищенная вода подается в городские трубы с помощью насосных станций. Однако не всегда качество воды в городском водопроводе Екатеринбурга соответствует требованиям СанПиНа в связи, как было сказано выше, с высокой степенью изношенности водораспределительных домовых труб.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью контроля качества питьевой воды в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на окружающую среду.

Цель данного исследования заключалась в оценке качества питьевой воды системы централизованного водоснабжения в городе Екатеринбурге по ряду показателей.

Материалы и методы исследования

Исследования были выполнены в учебно-исследовательской лаборатории химии и экологического мониторинга Российского государственного профессионально-педагогического университета.

Для проведения анализа были отобраны пробы водопроводной воды из разных районов Екатеринбурга: Орджоникидзевского (мкр-н Уралмаш – проба № 1), Чкаловского (мкр-ны Вторчермет – № 2 и Ботанический – № 3), Верх-Исетского (мкр-н ВИЗ – № 4), Ленинского (мкр-н Центральный – № 5), Октябрьского (мкр-н Синие камни – № 6), Кировского (мкр-н ЖБИ – № 7), Железнодорожного (мкр-н Вокзальный – № 8) и Академического – № 9.

Пробы воды отбирались в пластиковые бутылки, после чего переливались в стеклянные емкости с закручивающейся крышкой и хранились в лаборатории до окончания исследований. Для оценки качества проб воды определялись такие показатели, как реакция среды – рН, жесткость, окисляемость, содержание нитрат-ионов, концентрации тяжелых металлов: меди, свинца, кадмия. Жесткость и окисляемость определяли титриметрическим методом, остальные показатели – методом потенциометрии с использованием иономера РХ 150 и соответствующих ионселективных электродов.

Для определения содержания веществ потенциометрическим методом строили градуировочные графики зависимости электродного потенциала системы от концентрации определяемого иона $E=f(\lg C)$ в стандартных растворах: KNO_3 , $CuSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, $Cd(NO_3)_2$.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты определения рН, жесткости, окисляемости и концентрации нитратов приведены в таблице 1.

Актуальность определения реакции среды заключается в том, что протекание многих биологических и химических процессов напрямую зависит от значения рН воды [4]. Как следует из таблицы 1, значения рН исследуемых проб воды соответствуют гигиеническому нормативу.

Общая жесткость – это концентрация растворенных в воде солей кальция и магния; чем больше содержание этих солей, тем жестче вода.

Временная, или карбонатная (устраняемая), жесткость воды обусловлена присутствием в воде растворимых гидрокарбонатов кальция и магния. При кипячении воды происходят разложение гидрокарбонатов и образование труднорастворимых карбонатов, образующих накипь на поверхности нагревательных приборов. Постоянная жесткость, вызванная сульфатами и хлоридами кальция и магния, не может быть удалена простым кипячением. Для этой цели в воду добавляют различные щелочные реагенты, что делает невозможным ее использование в пищевых целях. Жесткая вода совершенно непригодна в технологических процессах, также употребление такой воды в пищу может приводить к возникновению серьезных осложнений со стороны пищеварительной, мочевыделительной и других систем организма.

Таблица 1

Значения pH, содержания нитрат-ионов, жесткости ($J_{\text{общ}}$) и окисляемости (X) воды в исследуемых пробах

Номер пробы	Показатели							
	pH	ПДК	$C_{\text{NO}_3^-}$, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	$J_{\text{общ}}$, ммоль/дм ³	ПДК, ммоль/дм ³	X, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
1	7,21	6-9	4,65	45,0	2,20	7,0	2,90	5,0
2	7,29		62,00*		2,38		2,14	
3	7,31		5,85		2,16		3,16	
4	7,35		6,20		2,24		2,67	
5	7,68		3,15		2,40		4,78	
6	7,15		5,27		2,36		4,86	
7	7,23		4,18		3,34		3,91	
8	7,42		4,96		2,56		5,36	
9	7,25		5,05		2,48		4,28	

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК).

Результаты определения жесткости (табл. 1) свидетельствуют о том, что вода во всех исследуемых пробах является мягкой.

Перманганатная окисляемость характеризует загрязненность воды различными легко окисляющимися, в основном органическими веществами. Она показывает, сколько миллиграммов кислорода необходимо для окисления загрязнителей, содержащихся в 1 л воды ($\text{мгO}_2 / \text{дм}^3 \text{H}_2\text{O}$). Как видно из таблицы 1, значения окисляемости не превышают ПДК [5]. Незначительное превышение допустимого значения обнаружено в пробе № 8. Как было отмечено выше, в распределительную сеть города вода попадает полностью очищенной. Следовательно, загрязнение происходит на этапе распределения воды по внутренней сети дома, возможно, из-за изношенности труб и постоянных аварий.

Нитраты являются одним из наиболее распространенных загрязнителей воды и почв в Свердловской области [6]. Попадание нитратов в поверхностные воды обусловлено, главным образом, чрезмерным использованием азотсодержащих удобрений на полях сельскохозяйственных культур. Регулярное поступление в организм человека больших количеств нитратов с водой и пищей препятствует нормализации уровня гемоглобина в крови, что вызывает недостаток кислорода и становится причиной различных заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем [7]. Кроме того, нитраты представляют серьезную опасность для здоровья человека и по другой причине: попа-

дая в кровь, они в процессе сложных биохимических превращений переходят в нитрозамины, оказывающие мощное канцерогенное действие [8]. Содержание нитратов в исследуемых пробах (табл. 1) находится в пределах нормы, за исключением пробы № 2, где обнаружено превышение ПДК почти в 1,5 раза. Одной из возможных причин такой неблагоприятной ситуации могут быть частые мелкие аварии на устаревшем водопроводе, способствующие проникновению загрязненных поверхностных вод в систему централизованного водоснабжения.

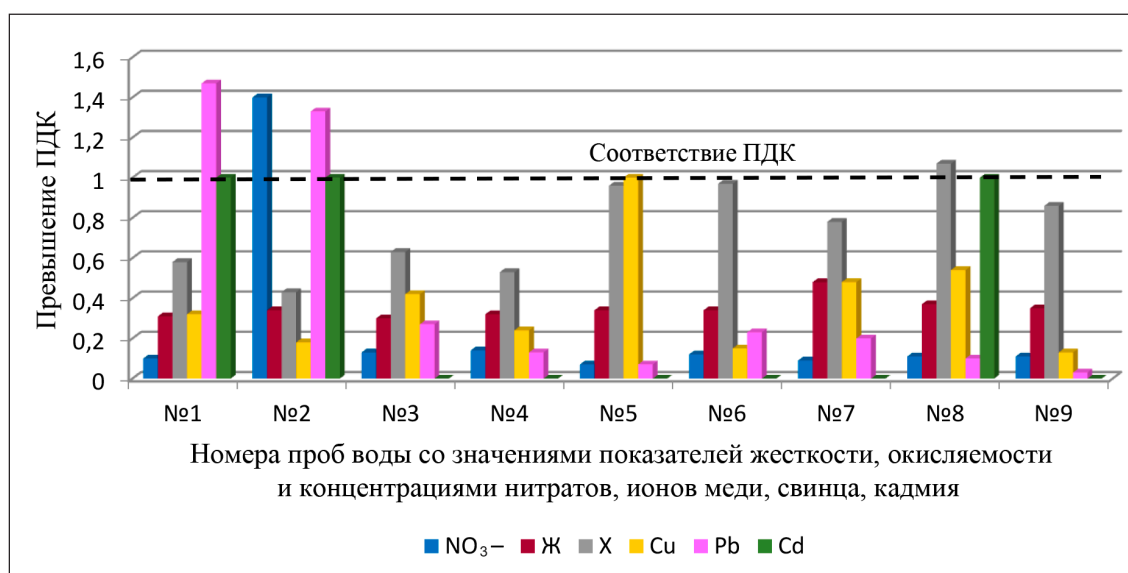
Важнейшим показателем качества воды является содержание в ней тяжелых металлов, характеризующихся способностью биоаккумулироваться и вызывать различные заболевания [9]. Известно [10], что некоторые тяжелые металлы в результате длительного накопления в организме человека способствуют развитию хронической болезни почек. Накопление кадмия, кроме этого, приводит к подавлению антител, замещению цинка в ферментах с последующей его потерей организмом, и другим патологиям. Увеличение концентрации меди в организме человека приводит к поражению головного мозга, заболеваниям пищеварительной, выделительной и дыхательной систем, аллергическим реакциям и т.д. [11]. Свинец при попадании в организм человека в концентрациях, превышающих его ПДК, ингибирует действие многих ферментов, поражает почти все системы в организме: кроветворную, центральную нервную, выделительную, пищеварительную и др. [12].

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в пробах исследуемой воды

Номер пробы	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³					
	Cu ²⁺	ПДК _{Cu²⁺}	Pb ²⁺	ПДК _{Pb²⁺}	Cd ²⁺	ПДК _{Cd²⁺}
1	0,32	1,00	0,044	0,030	0,001	0,001
2	0,18		0,040		0,001	
3	0,42		0,008		–	
4	0,24		0,004		–	
5	1,00		0,002		–	
6	0,15		0,007		–	
7	0,48		0,006		–	
8	0,54		0,003		0,001	
9	0,13		0,001		–	

Примечание: «–» элемент не обнаружен.



Превышение ПДК определяемых показателей качества воды (жесткости – Ж, окисляемости – X, содержания ионов NO₃⁻, Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺) в исследуемых пробах

Результаты определения тяжелых металлов в пробах анализируемой воды приведены в таблице 2. Как следует из таблицы 2, в пробах № 1 и 2 обнаружено превышение предельно допустимой концентрации свинца. Очевидно, вследствие изношенности и частичного коррозионного разрушения состояние домовых водопроводных труб в этих районах неудовлетворительное, в результате чего происходит вторичное загрязнение воды тяжелыми металлами, поступающими из материала труб. Возможно также частичное поступление свинца из окружающей среды в связи с частыми

авариями. Следует отметить, что пробы № 1 и 2 отобраны в микрорайонах (Уралмаш и Вторчермет) с большим количеством предприятий тяжелого машиностроения и, следовательно, отличающихся неблагоприятной экологической ситуацией, прежде всего, по содержанию тяжелых металлов в почве, воздухе и поверхностных водах. Настораживает содержание кадмия в пробах № 1, 2 и 8, которое, с одной стороны, соответствует допустимому значению, а с другой – свидетельствует о состоянии внутридомовой водопроводной сети, близком к критическому.

Таблица 3

Индексы загрязнения проб воды тяжелыми металлами

№ пробы	C_{fi}			C_d
	Cu^{2+}	Pb^{2+}	Cd^{2+}	
1	0,32	1,47	1	2,79
2	0,18	1,33	1	2,51
5	1,00	0,07	–	1,07
8	0,54	0,1	1	1,64

Обобщение результатов проведенных исследований качества питьевой воды представлено на рисунке. Очевидно, что из девяти проанализированных проб наиболее «грязными» являются № 1, 2 и 8, где обнаружено превышение ПДК ионов свинца (№ 1 и 2), нитратов (№ 2) и окисляемости (№ 8). Остальные пробы соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям качества.

С целью наиболее объективной оценки уровня загрязнения вод тяжелыми металлами был рассчитан индекс загрязнения C_d , характеризующий их суммарное влияние на качество воды [13]:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad (1)$$

где C_{fi} – коэффициент загрязнения i -м компонентом.

$$C_{fi} = C_i / C_{ПДК} \quad (2)$$

где C_i – концентрация i -го металла в пробе воды;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация i -го металла.

В таблице 3 приведены значения индексов загрязнения для четырех проб (№ 1, 2, 5, 8), в которых обнаружено превышение (или соответствие) ПДК тяжелых металлов.

Согласно [13], если $C_d < 1$, степень загрязнения воды низкая; $C_d = 1-3$ – средняя (умеренная); $C_d > 3$ – высокая. Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют об умеренном загрязнении указанных проб воды.

Выводы

Таким образом, проанализированы пробы воды системы центрального водоснабжения в Екатеринбурге, отобранные в разных районах города. Выявлено несоответствие качества проб воды санитарно-гигиеническим нормативам по некоторым показателям. Обнаружено превышение нормативных значений окисляемости (Же-

лезнодорожный район), содержания нитратов (Чкаловский р-н, мкр-н Вторчермет) и свинца (Орджоникидзеский и Чкаловский р-ны). Возможными причинами ухудшения качества питьевой воды являются изношенность водопроводных труб в процессе их длительной эксплуатации, частые аварии, коррозионные процессы.

Безусловно, приведенные результаты не могут характеризовать состояние распределительной водопроводной сети каждого из указанных районов в целом. Для получения более точного и объективного представления о состоянии городского водопровода требуется проведение анализа гораздо большего количества проб. И, поскольку данная работа является продолжением серии исследований качества воды из разных источников Екатеринбурга и области, задачей дальнейших исследований будет расширение географии отбора проб.

Список литературы

1. Соколов Ю.И. Риски самого ценного ресурса планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 1. С. 10-23.
2. Конышина Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей // Гигиена и санитария. 2016. № 95 (5). С. 413-416.
3. Носаль А.П., Шубарина А.С., Соколовских И.И. Повышение безопасности водоснабжения крупных населенных пунктов в период маловодья (на примере города Екатеринбурга) // Водное хозяйство России. 2011. № 6. С. 33-46.
4. Гривко Е.В., Шайхутдинова А.А., Шабанова С.В. Оценка качества поверхностных вод: методические указания. Оренбург: ОГУ, 2016. 54 с.
5. Главный государственный санитарный врач РФ (2001). СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (с изменениями на 2 апреля 2018 года). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 25.11.2023).
6. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год; 2018. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf (дата обращения: 25.11.2023).

7. Mamiseheno Rasolofonirina, Voahirana Ramarason, Solofonirina Dieudonné Ravelomanantsoa. Assessment of Nitrate Occurrence in the Shallow Groundwater of Merimandroso Area, Analamanga Region, Madagascar Using Multivariate Analysis // *American Journal of Water Resources*. 2018. Vol. 6. No. 1. P. 39-47.
8. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения // *Гигиена и санитария*. 2014. № 3. С. 5-10.
9. Al-Aizari H., Achaoucha A., Fadlib M., Al-Kadsec F. Analytical Groundwater Contamination by Heavy Metal // *Applied Journal of Environmental Engineering Science*. 2018. Vol. 3. P. 299-308.
10. Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma. 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. No. 3. P. 393-410.
11. Aparna Borawakel, Gaikwad V.B., 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.
12. Новикова М.А., Пушкарев Б.Г., Судаков Н.П., Никифоров С.Б. и др. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека // *Сибирский медицинский журнал*. 2013. № 2. С. 13-16.
13. Backman B., Bodis D., Lahermo P., Rapant S., Tarvainen T. Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia // *Environmental Geology*. 1997. No. 36. P. 55-64.