

М.Р. Воробьев

M.R. Vorobev

matvej.vorobev.05@mail.ru

Е.Д. Назарова

E.D. Nazarova

byna0606@yandex.ru

Г.В. Харина

G.V. Kharina

gvkharina32@yandex.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный

профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург

Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Работа посвящена исследованию качества питьевой воды из различных источников водоснабжения в Свердловской области. Проанализированы пробы воды, отобранные из систем централизованного водоснабжения, скважин и поверхностных источников в разных районах области. Оценку качества воды проводили по следующим показателям: жёсткость, окисляемость, реакция среды (pH), содержание нитратов и тяжёлых металлов (меди и свинца). Обнаружено превышение допустимых значений жесткости, окисляемости, содержания нитратов и свинца в ряде проб. Приведено обоснование полученных результатов. Сделан вывод о неудовлетворительном качестве питьевой воды из разных источников водоснабжения.

Ключевые слова: вода, источники, загрязнение, тяжелые металлы, жесткость, окисляемость, нитраты.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DRINKING WATER FROM DIFFERENT SOURCES OF WATER SUPPLY IN THE SVERDLOVSK REGION

Abstract. The work is devoted to the study of the quality of drinking water from various sources of water supply in the Sverdlovsk region. Water samples taken from centralized water supply systems, wells and surface sources in different districts of the region were analyzed. The water quality was assessed according to the following indicators: hardness, oxidizability, reaction of the medium (pH), the content of nitrates and heavy metals (copper and lead). The excess of permissible values of hardness, oxidizability, nitrate and lead content in a number of samples was found. The justification of the obtained results is given. The conclusion is made about the unsatisfactory quality of drinking water from various sources of water supply.

Keywords: groundwater, wells, wells, drinking water, water quality, heavy metals, water hardness, oxidizability, nitrates.

Введение. Вода – это одно из самых важных веществ на планете, удовлетворяющее множество наших повседневных и физиологических потребностей. Вода регулирует температуру тела, увлажняет воздух при дыхании, обеспечивает доставку питательных веществ и кислорода клеткам тела, защищает жизненно важные органы, помогает преобразовывать пищу в энергию, выводит шлаки и отходы процессов жизнедеятельности [1].

В разных источниках воды есть свои особенности. Минеральный состав воды в реках и озерах зависит от местности и состава пород. Гранитные реки имеют минимальное количество минералов из-за их нерастворимости, делая воду мягкой. Реки с известняковым дном содержат много кальция и магния, делая воду жесткой. Количество бактерий в реках

зависит от сезона и сточных вод, а загрязнения включают пестициды, радиоактивные вещества и тяжелые металлы из-за человеческой деятельности.

Колодец — более безопасный источник воды, чем река. Он роется на глубину 10 метров или более для доступа к грунтовым водам, проходящим естественную фильтрацию. Однако из-за недостаточной глубины колодца естественная очистка не удаляет все опасные компоненты, такие как нитраты, пестициды и нитриты. Кроме того, колодцы могут быть загрязнены верховодкой, подпочвенными водами, проникающими через негерметичные соединения колодезных колец.

Дождевая вода не так чиста, как многие думают. В ней содержатся минеральные соли, углекислый газ и промышленные загрязнители, такие как закись азота и сернистый газ. При сборе воды в емкости она может загрязняться биологически и химически из-за пыли, фекалий насекомых и минералов с растений.

Жители городов зависят от водопровода как основного источника воды, так как им недоступны колодцы и скважины. Вода должна соответствовать стандартам качества, но иногда содержит загрязнения. Централизованные станции очистки удаляют частицы и обеззараживают воду, но не всегда исключают все опасные вещества. Хлор, используемый для обработки, может образовывать ядовитые соединения, вредные для здоровья. В водопроводной воде могут содержаться опасные элементы, а трубы могут загрязнять ее по пути к потребителю [2].

Материалы и методы исследования: титриметрический (нейтрализации, комплексонометрии, окислительно-восстановительный), потенциометрический.

Экспериментальная часть. В работе было исследовано качество воды двух типов: водопроводной, т.е. из систем централизованного водоснабжения и из мест индивидуального водоснабжения, т.е. из природных источников.

1. п.п. Белоярский, вода из реки Пышмы
2. г. Екатеринбург, Луначарского, вода из уличной колонки
3. п.п. Белоярский, Ленина 180, Родник
4. п.п. Белоярский, Ленина 190, скважина (15 м)
5. п.п. Белоярский, Центральная 31, водопроводная вода
6. п.п. Белоярский, Октябрьская, вода из уличной колонки
7. с. Гарашкинское, Ильича 33 колодец (4 м)
8. с. Гарашкинское, Свердлова 5-1, водопроводная вода
9. п.п. Белоярский, скважина (47 метров)
10. п.п. Белоярский, д. Чернобровкина, Ленина 23, колодец

11. п.п. Белоярский, дождевая вода

12. г. Ревда, ул. М. Горького 19, водопроводная вода

Глубина залегания водоносных слоев в указанных источниках варьировалась в пределах 4–47 м.

Для оценки качества воды были выбраны следующие показатели: жесткость, реакция среды (рН), окисляемость, содержание нитратов и тяжелых металлов – меди и свинца. Исследования проводились в лаборатории химического анализа РГППУ объемным, (титриметрическим), потенциометрическим методами.

Определение потенциометрическим методом проводили с помощью иономер РХ 150 и соответствующих ионоселективных электродов.

Результаты и обсуждение. Один из ключевых индикаторов качества воды – это ее окислительно-восстановительный потенциал, выраженный через показатель рН. Химическая обстановка определяет скорость и механизм химических превращений, происходящих в жидкости. Сохранение оптимального уровня рН в воде играет важную роль в поддержании баланса внутренней среды организма человека.

Жесткость представляет собой содержание растворимых солей кальция и магния. Повышенное содержание ионов кальция и магния способствует возникновению заболеваний пищеварительной и мочевыделительной систем, и нарушению обменных процессов в организме человека.

Нитраты (соли азотной кислоты) при попадании в организм человека в результате сложных биохимических превращений приводят к образованию нитрозаминов и гидроксиламинов, обладающих иммунодепрессивным, канцерогенным, тератогенным воздействиями.

Таблица 1. Значения рН, жесткости временной ($J_{вр.}$), жесткости общей ($J_{общ.}$), окисляемости (X) и концентрации нитратов ($C_{NO_3^-}$) в пробах воды

Номер пробы	рН	ПДК	$C_{NO_3^-}$ мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	$J_{вр.}$, ммоль/дм ³	$J_{общ.}$, ммоль/дм ³	ПДК, ммоль/дм ³	X, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
1	7,06	6-8	0,48	45,0	2,5	2,68	7,0	7,06	5,0
2	6,94		1,08		2,05	4,16		5,35	
3	6,94		43,4		2,85	6,68		0,77	
4	6,93		55,8		3,45	7,36		1,94	
5	7,07		10,85		4,05	5,24		0,31	
6	6,79		37,2		2,75	5,64		0,62	
7	7,58		4,96		8,5	7,24		3,64	
8	7,06		4,03		6,1	5,04		1,78	
9	6,67		55,8		1,3	5,48		3,95	
10	7,28		43,4		7	10,16		3,95	
11	6,6		0,006		1,3	0,84		7,6	
12	7,54		2,48		1,75	2,24		3,33	

Как следует из таблицы 1, реакция среды анализируемых проб воды близка к нейтральной, значения pH соответствуют установленным нормативам [3].

Учитывая особенности геологического строения Уральского региона и глубину расположения водоносных слоев, вода, которая происходит из подземных источников Свердловской области, относится к категории трещинно-жильных. Это означает, что эти воды являются грунтовыми, а не артезианскими. Грунтовые воды тесно связаны как с поверхностными водами, так и с атмосферными осадками. Химический состав этих вод в значительной степени зависит от воздействия антропогенных факторов, таких как распашка и обработка сельскохозяйственных угодий вблизи источников, вырубка лесов, строительство и другие человеческие деятельности [4].

Результаты, представленные в табл. 1, свидетельствуют о превышении нормативных значений жесткости в пробах №№ 4, 7 и 10. Это пробы, отобранные из скважины в пгт. Белоярском, из колодца в селе Гарашкинское, и колодца в пгт. Белоярском. Перечисленные источники воды относятся к подземным, с преобладанием в них воды гидрокарбонатного кальциево-магниевого типа, что обуславливает их высокую жесткость [5]. Повышенная жесткость подземных вод может быть вызвана как природными геологическими, так и антропогенными факторами. Вода, проникая через горные породы, может растворять в них минеральные вещества, такие как кальций и магний, что приводит к повышенной жесткости воды. Некоторые районы могут иметь естественно жесткую воду из-за наличия в почве и горных породах большого количества известняков [6]. Антропогенное влияние сводится к использованию удобрений на полях, различным промышленным выбросам и сточным водам, попадающим в подземные источники и вызывающим в результате увеличение содержания минеральных солей в воде, в том числе, и жесткости.

Окисляемость показывает содержание органических и минеральных загрязнителей, способных окисляться кислородом. Значения окисляемости исследуемой воды за исключением проб №№ 1, 2, 11, как следует из табл. 1, находятся в пределах допустимой нормы. Перечисленные пробы – это вода из реки Пышмы, дождевая вода в п.п. Белоярский и из колонки на ул. Луначарского в Екатеринбурге соответственно. Повышенные значения окисляемости в поверхностных водах обусловлены выбросами промышленных предприятий; использованием удобрений, пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве [7]. Повышенное содержание органических загрязнителей в воде из колонки, относящейся к системе централизованного водоснабжения, можно объяснить техническими неполадками в работе фильтровальной станции.

Нитраты – однозарядные анионы NO_3^- – входят в состав солей азотной кислоты, широко используемых в качестве азотсодержащих удобрений, способных легко просачиваться через толщи пород и достигать грунтовых вод. Превышение допустимых норм нитратов обнаружено в пробах №№ 4 и 9, отобранных из скважин. Близки к нормативному значению найденные концентрации нитратов в пробах №№3 и 10 ($43,4\text{мг/дм}^3$), отобранные из скважины и колодца. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными, согласно которым среди минеральных загрязнителей подземных вод в Уральском регионе доминируют нитраты [8].

В настоящее время весьма актуальна проблема загрязнения питьевой воды, тяжелыми металлами, представляющими серьезную угрозу здоровью человека. При попадании в организм человека в концентрациях, превышающих допустимые, тяжелые металлы нарушают нормальное функционирование всех органов и систем, вызывая тяжелые острые и хронические заболевания.

Таблица 2. Содержание ионов меди и свинца в пробах воды, найденное потенциометрическим методом.

Номер пробы	Содержание ионов металлов, мг/дм^3			
	Cu^{2+}	ПДК _C u^{2+}	Pb^{2+}	ПДК _P b^{2+}
1	0,0045	1,000	0,002	0,03
2	0,0045		0,002	
3	0,03		0,18	
4	0,02		0,18	
5	0,03		0,11	
6	0,04		0,27	
7	0,004		0,01	
8	0,01		0,095	
9	0,03		0,02	
10	0,005		0,002	
11	0,04		0,27	
12	0,006		0,095	

Результаты, представленные в табл. 2, свидетельствуют о соответствии содержания меди во всех пробах нормативному значению. Однако найденные в большинстве проб (№№ 3–6, 8, 11, 12) концентрации свинца превышают его ПДК; наибольшее превышение допустимых норм свинца обнаружено в пробах №№6 и 11 (рис. 1). Причем, перечисленные пробы отобраны источников как нецентрализованного, так и централизованного водоснабжения.

Увеличение содержания тяжелых металлов в водах сетей централизованного водоснабжения объясняется, прежде всего, изношенностью водопроводных труб в

результате их длительного использования. Вследствие коррозионного разрушения материала труб в воду попадают токсичные соединения свинца, кадмия и других тяжелых металлов. Причиной загрязнения подземных вод тяжелыми металлами является просачивание промышленных стоков из хранилищ и отстойников, по затрубному пространству неисправных скважин [9]. Кроме того, тяжелые металлы, содержащиеся в загрязненных почвах, в процессе их растворения постепенно проникают в нижние слои почвы, далее – почвообразующие породы и мигрируют далее, достигая подземных вод.

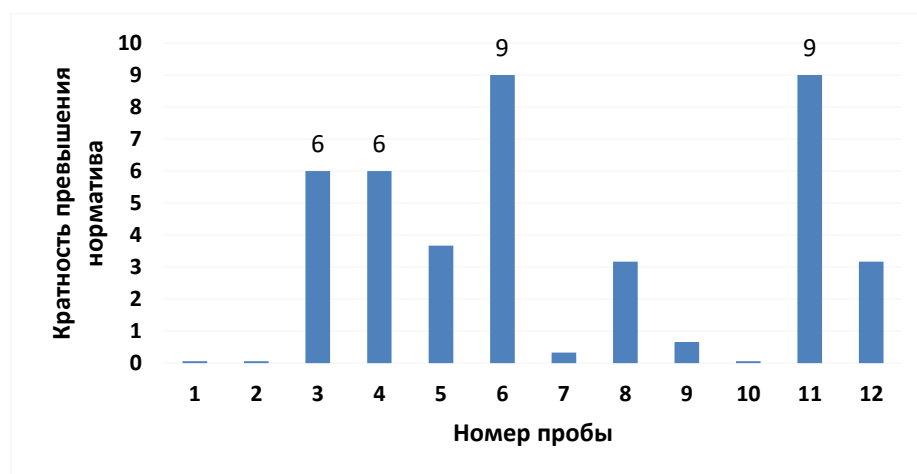


Рисунок 1. Диаграмма превышения концентрации свинца в пробах.

Таким образом, в четырех пробах (из пяти) воды из системы централизованного водоснабжения обнаружено превышение ПДК свинца (рис. 2). Из проб грунтовых вод свинцом загрязнены только две. Загрязнение нитратами обнаружено в двух пробах подземных вод. Повышенной жесткостью характеризуются три пробы из подземных источников. Превышение допустимых норм окисляемости выявлено в одной пробе водопроводной воды и двух пробах поверхностных вод.

Увеличение содержания тяжелых металлов в водах сетей централизованного водоснабжения объясняется, прежде всего, непригодностью большинства водопроводных труб из-за долгого использования, что не соответствует санитарно-гигиеническим стандартам. Вследствие постоянного контакта с водой трубы подвергаются коррозии, что приводит к образованию токсичных соединений свинца, кадмия и прочих тяжелых металлов, попадающих в воду. Еще одним фактором, способствующим проникновению тяжелых металлов в источники централизованного водоснабжения, является значительное антропогенное загрязнение почв Уральского региона. Наконец, загрязнение водоемов,

используемых для захвата питьевой воды, может возникать из-за сброса в них неочищенных промышленных стоков [10].

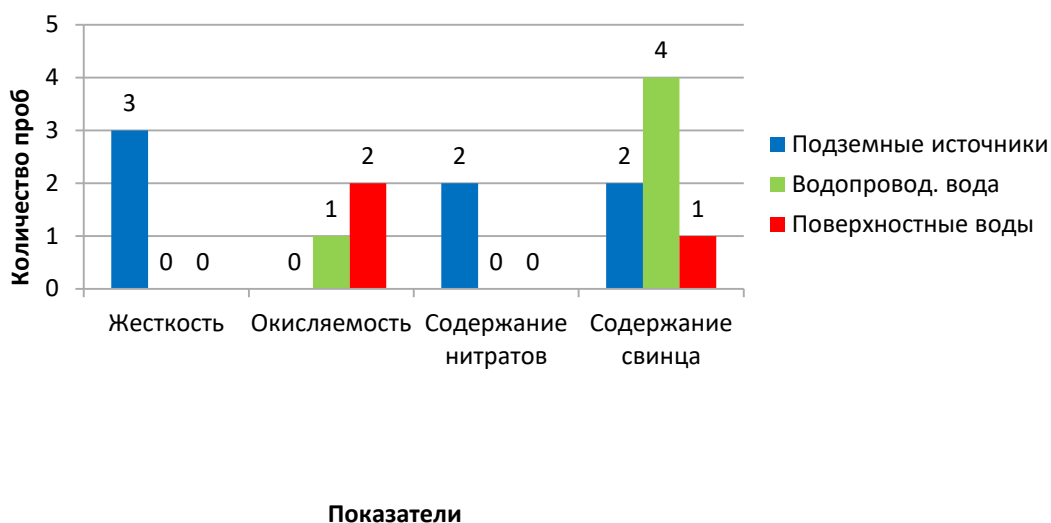


Рисунок 2. Количество проб воды из разных источников с превышением допустимых норм определяемых показателей.

Заключение. В результате проведенных исследований было выявлено несоответствие установленным санитарно-гигиеническим нормам таких показателей, как жесткость, окисляемость, содержание нитратов и свинца.

Высокое содержание нитратов выявлено в двух пробах воды из подземных источников, что обусловлено загрязнением почв азотсодержащими удобрениями, способными проникать в глубокие слои почвообразующих пород, достигая грунтовых вод. Превышение ПДК окисляемости выявлено в двух пробах поверхностных вод и одной – водопроводной.

Обнаружено, что пробы воды из трех подземных источников характеризуются высокими значениями жесткости, что объясняется влиянием геохимического фактора – преобладания известковых пород в почве. В пробах из других источников значения жесткости не превышают нормативных значений.

Большинство исследованных проб воды, отобранных из разных источников, содержат высокие концентрации свинца. В большей степени свинцом загрязнены пробы водопроводной воды.

Таким образом, большинство проанализированных проб воды независимо от места отбора характеризуется неудовлетворительным качеством.

Список литературы

1. Исследование качества питьевой воды в свердловской области / А. А. Андреева, А. В. Строшкова, Г. В. Харина, Л. В. Алешина // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Второй Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 26 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2019. С. 241–245. URL: <https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/29951> (дата обращения: 05.05.2024).
2. Состав воды в зависимости от источника водозабора // Wisewater: сайт. URL: <https://wisewater.ru/articles/sostav-vody-v-zavisimosti-ot-istochnika-vodozabora?ysclid=lybztctsrel58477100> (дата обращения: 08.05.2024).
3. Физико-химические показатели воды: как определяется качество // Русфильтр: сайт. URL: <https://rusfilter.ru/company/news-industry/fiziko-khimicheskie-pokazateli-vody-kak-opredelyaetsya-kachestvo/> (дата обращения: 05.05.2024).
4. Толкачёва О., Иванов В. Загрязнение воды // Семья: онлайн-журнал. URL: <https://www.kp.ru/family/ecology/zagryaznenie-vody/> (дата обращения: 06.05.2024).
5. Егоричева С. Д., Родюкова О. А., Авчинников А. В. Гигиеническая оценка состояния питьевого водоснабжения населения Смоленской области // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 6 (267). С. 16–19.
6. Ермолаева В. А. Изучение сезонных изменений жесткости и щелочности питьевой воды // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 1 (77). С. 44–53.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества // Инженерная экология. URL: <https://eng-eco.ru/upload/iblock/f62/f62518fef27847ef31fcc40c3543b2a5.pdf> (дата обращения: 06.05.2024).
8. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год. Вып. № 18. Екатеринбург: УЦАО, 2018. URL: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf (дата обращения 10.05.2024).
9. Коробкин В. И., Передельский А. В. Экология. 19-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2014. 601 с.
10. Мониторинг качества питьевой воды в Свердловской области России / Г. В. Харина, О. В. Инжеватова, С. В. Анахов, Л. В. Алёшина // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 1 (81). С. 63–73. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2020.25.1.63-73>.