

А. В. Обухова

A. V. Obukhova

DemetraStark@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, Ekaterinburg

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

CHEMICAL ANALYSIS OF DRINKING WATER QUALITY IN YEKATERINBURG

Аннотация: Работа посвящена исследованию качества питьевой воды в Екатеринбурге. Особое внимание уделено анализу проб воды из водных автоматов «Водоробот». Установлено, что исследуемая вода относится к мягкому типу. Обнаружено, что в пробах воды из автоматов «Водоробот» содержание ионов свинца значительно превышает допустимые нормы. Приведено обоснование необходимости замены или регенерации утративших эффективность полупроницаемых мембран, используемых в обратном осмотическом методе очистки воды. Сделан вывод о неудовлетворительном качестве воды из водных автоматов.

Abstract: The work is devoted to the study of the quality of drinking water in Yekaterinburg. Special attention is paid to the analysis of water samples from water machines «Vodorobot». It is established that the water under study belongs to the soft type. It was found that in the water samples from the «Vodorobot» machines, the content of lead ions significantly exceeds the permissible norms. The rationale for the need to replace or regenerate the semi-permeable membranes used in the reverse osmotic method of water purification that have lost their effectiveness is given. The conclusion is made about the unsatisfactory quality of water from water machines.

Ключевые слова: питьевая вода, «Водоробот», жесткость, тяжелые металлы.

Keywords: drinking water, «Vodorobot», hardness, heavy metals.

Введение. Проблема чистой питьевой воды в современном мире является одной из самых острых. Антропогенная нагрузка на окружающую среду из года в год усиливается, вследствие чего нарушается функционирование природных экосистем, истощаются не только невозобновимые, но и потенциально возобновимые ресурсы, к которым относится вода. В последнем случае речь идет не столько о сокращении объемов, сколько о стремительном ухудшении качества воды [2, с. 201]. Уральский регион вообще и Екатеринбург в частности характеризуются очень высоким уровнем загрязнения водной среды [1, с. 76]. Среди причин

неудовлетворительного качества воды можно выделить следующие: техногенное загрязнение источников водоснабжения, устаревшие технологии водоочистки, вторичное загрязнение воды вследствие износа водопровода и т.д. [6, с. 413]. Использование воды, загрязненная экотоксикантами органической и неорганической природы, представляет серьезную угрозу здоровью человека. Высокое качество питьевой воды должно благоприятно сказываться на организме человека, транспортируя питательные вещества и продукты метаболизма, а также соответствовать гигиеническим нормам, контролируемым СанПиН 2.1.4.1074-01 [10]. Именно поэтому совершенствуются технологии очистки, ведутся поиски подземных источников чистой воды. Альтернативой источникам централизованного водоснабжения в Екатеринбурге стали водные автоматы «Водоробот» с многостадийной системой очистки воды.

Целью настоящей работы был сравнительный анализ проб воды, отобранных из разных источников. Данное исследование является продолжением серии работ по оценке качества питьевой воды из различных источников водоснабжения, проводимых на базе химической учебно-исследовательской лаборатории РГППУ.

Экспериментальная часть. Для анализа были отобраны следующие пробы воды:

№ 1 – «Святой источник» (востребованный поставщик бутилированной воды);

№ 2 – «Водоробот» на ул. Большакова, 95;

№ 3 – «Водоробот» на ул. Краснолесья 111;

№ 4 – «Водоробот» на ул. Шейнкмана, 45;

№ 5 – «Водоробот» на ул. Шаумяна, 100;

№ 6 – «Водоробот» на ул. Шейнкмана, 4;

№ 7 – вода из-под крана (система централизованного водоснабжения).

Качество воды оценивалось по следующим показателям: жесткость, рН, окисляемость, содержание тяжелых металлов (меди, кадмия, свинца) и нитрат-ионов.

Жесткость – это содержание ионов кальция и магния в воде: временная (карбонатная) представлена гидрокарбонатами, постоянная – сульфатами и хлоридами указанных металлов. Окисляемость характеризует загрязнение воды, главным образом, органическими соединениями и определяется количеством кислорода, необходимого для окисления органических примесей в одном литре воды. Значения рН, а также содержание ионов NO_3^- , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} в пробах воды определяли с использованием иономера РХ 150 и соответствующих ионоселективных электродов, позволяющих измерить активность ионов [4, с.54]. Для построения градуировочных графиков были приготовлены соответствующие растворы концентрацией 1 моль/л; растворы меньших концентраций были приготовлены

последовательным десятикратным разведением исходных растворов дистиллированной водой.

Результаты и обсуждение. Как было сказано выше, главным условием обеспечения высокого качества воды является ее очистка. В [9] отмечается, что очистка воды для торгового бренда «Святой источник» осуществляется фильтрованием воды из тщательно проверенных источников через слой песка природного происхождения, что обеспечивает обогащение воды необходимыми для организма человека макро- и микроэлементами.

Вода в автоматизированных фильтровальных станциях «Водоробот» проходит многоступенчатую очистку [8]: предварительный этап заключается в отделении крупных частиц примесей (до 1 мкм), главным образом, песка и ржавчины. На втором этапе очистка воды происходит методом обратного осмоса под высоким давлением с использованием полупроницаемой мембраны. Третий этап направлен на улучшение органолептических параметров воды путем ее пропускания через угольный фильтр. На заключительном этапе воду подвергают ультрафиолетовому облучению с целью уничтожения патогенной микрофлоры. Как утверждается на сайте vodorobot.ru [5], очищенная таким образом вода из автоматов «Водоробот» – одна из самых чистых в городе.

В таблице 1 приведены результаты определения жесткости и перманганатной окисляемости исследуемых проб воды.

Таблица 1. Значения жесткости и перманганатной окисляемости проб воды.

Проба	Временная жесткость ($J_{вр}$), ммоль/дм ³	Общая жесткость ($J_{общ}$), ммоль/дм ³	ПДК _{Жобщ} , ммоль/дм ³	Окисляемость (X), мг/л	ПДК _X , мг O ₂ /л
№ 1	1,3	2,7	7,0	1,0	5,0
№ 2	0,3	3,4		0,68	
№ 3	1,7	0,14		0,32	
№ 4	1,7	0,3		0,4	
№ 5	1,7	0,2		0,08	
№ 6	0,15	0,2		0,24	
№ 7	1,7	0,05		3,68	

Как следует из табл. 1, рассчитанные по результатам титрования значения жесткости и окисляемости не превышают нормативных значений. Однако интерес представляет тот факт, что значения временной жесткости проб №№ 3, 4, 5, 7 превышают значения их общей жесткости. Само по себе такое соотношение является абсурдным, поскольку общая жесткость представляет собой сумму временной и постоянной жесткости, следовательно, временная жесткость никак не может превышать общую. Имеет смысл обратиться к сущности метода определения временной жесткости, которая, в конечном итоге, сводится к

определению гидроксид-ионов (OH^-), образовавшихся в результате гидролиза гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-). Следовательно, в пробах №№ 3, 4, 5, 7 содержание OH^- -ионов превышает то их количество, которое должно быть при гидролизе HCO_3^- -ионов. Данное обстоятельство может быть связано с обработкой воды такими веществами-умягчителями (например, фосфатными реагентами – гексаметафосфат и ортофосфат натрия), которые также гидролизуются с образованием OH^- -ионов. Значит, определение временной жесткости обработанных таким образом вод является некорректным, поскольку сводится к определению суммарного количества гидроксид-ионов, образовавшихся при гидролизе и гидрокарбонатов, и вводимых реагентов [11, с. 5].

Судя по значениям общей жесткости, воды всех исследуемых проб относятся к мягкому и очень мягкому типу. Ионы кальция и магния поступают в организм, главным образом, с водой, поэтому постоянное употребление очень мягкой воды чревато возникновением острого дефицита этих биогенных макроэлементов и различных патологий, связанных с их метаболизмом.

Результаты определения реакции среды представлены в таблице 2. Значения pH исследуемых проб воды варьируются от 6 до 7,4 и соответствуют нормативным значениям.

Таблица 2. Значения pH проб воды

Проба	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	ПДК
pH	7,26	6,32	6,48	6,40	6,35	6,0	7,38	6–9

Определение нитратов, ионов меди, кадмия и свинца.

Таблица 3. Содержание ионов NO_3^- , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} в пробах исследуемой воды

Ион	С, мг/дм ³							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	ПДК
NO_3^-	21,7	5,8	26,0	16,1	5,6	5,8	43,4	45,0
Cu^{2+}	0,06	0,10	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	1,00
Cd^{2+}	–	–	–	–	–	–	–	0,001
Pb^{2+}	0,04	0,13	0,11	0,12	0,05	0,13	0,02	0,03

Сведений о токсичности нитратов и путях их попадания в источники водоснабжения в научной литературе достаточно много. По данным [3], приоритетными загрязнителями вод Уральского федерального округа являются именно нитраты, поэтому очень важно осуществлять непрерывный контроль за содержанием нитрат-ионов, аккумуляция которых в организме человека способствует не только развитию патологий отдельных систем, но и возникновению онкологических заболеваний. Как следует из таблицы 3, концентрация нитратов в исследуемых пробах не превышают значения их ПДК.

Угрозу здоровью человека представляют тяжелые металлы. Например, высокое содержание ионов меди вызывает целый спектр различных патологий: нарушается работа центральной нервной системы, почек, печени, появляются аллергические реакции. Кадмий, как и свинец, являются высокоопасными загрязнителями и относятся ко 2-му классу опасности. Накопление кадмия в организме приводит к подавлению антител, замещению цинка в ферментах, заболеваниям сердца, гипертензии, нарушению метаболизма кальция и работы почек. Не случайно ПДК кадмия, как одного из наиболее токсичных тяжелых металлов, составляет всего 0,001 мг/л. Высокое содержание ионов свинца в воде чревато охрупчиванием костной ткани за счет вытеснения кальция, нарушением синтеза гемоглобина и витамина D, ослаблением иммунитета, поражением почек и печени.

В исследуемых пробах воды содержание меди не превышает ее ПДК (табл. 3). Однако в большинстве проб найденные концентрации свинца превышают нормативное значение в несколько раз; исключением является проба № 7. В работе [6, с. 413] отмечается, что поступление свинца в питьевую воду происходит в основном в результате коррозионных процессов стальных водопроводных труб. Однако повышенное содержание свинца обнаружено нами не водопроводной воде, а в пробах №№ 2–6 – из водоматов «Водоробот», организаторы которых позиционируют себя поставщиками самой чистой воды в Екатеринбурге. Очевидно, один из этапов используемой системы очистки в «Водороботе» требует либо замены, либо реконструкции; мы предполагаем, что таким этапом является метод обратного осмоса. Дело в том, что полупроницаемые мембраны (ацетатцеллюлоза, полиамидные полимеры, триацетат и др.), используемые в данном методе для отделения загрязнителей, подвержены старению, и уже через год эксплуатации их пропускная способность уменьшается на 30–40%, следовательно, необходима замена. Следует отметить, что результаты анализа воды из водоматов «Водоробот» на содержание свинца хорошо согласуются с данными, полученными ранее [7].

Выводы. Таким образом, результаты химического анализа проб питьевой воды свидетельствуют о неудовлетворительном их качестве. Обнаружено, что вода из водоматов «Водоробот» характеризуется чрезмерной мягкостью в связи с ее обработкой реагентами-умягчителями. По нашему мнению, определение временной жесткости такой воды является некорректным ввиду гидролиза добавляемых фосфатных реагентов с образованием щелочной реакции среды. Выявлено, что найденные концентрации ионов свинца в пробах воды из водоматов превышают ПДК почти в четыре раза. Очевидно, данное обстоятельство связано с быстрым старением и, следовательно, снижением пропускной способности материала полупроницаемых мембран, используемых в обратном осмосе на одном из этапов очистки воды.

Список литературы.

1. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко. Ростов н/Д : Феникс, 2013. 623 с.
2. Экология города / В. В. Денисов, Е. С. Кулакова, И. А. Денисова и др. ; под ред. В. В. Денисова. 2-е изд. Ростов н/Д : Феникс, 2015. 568 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за ... Екатеринбург : УЦАО, 2018. Вып. № 18: 2017 год. 203 с. URL: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf (дата обращения: 13.05.22).
4. Качалова Г. С., Казанцева Е. Ю. Химия воды. Тюмень : Издательский центр БИК, ТИУ, 2019. 160 с.
5. Качество воды. URL: <https://www.vodorobot.ru/ekb/quality.html> (дата обращения: 10.05.22).
6. 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>.
7. Неустроева А. А. Исследование качества питьевой воды водных автоматов «Водоробот» // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : материалы Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов (с международным участием), Екатеринбург, 27 апреля 2018 г. Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2018. С. 68–71. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36681935&pff=1> (дата обращения: 13.05.22).
8. Очистка воды. URL: https://www.vodorobot.ru/ekb/clear_water.html (дата обращения: 10.05.22).
9. Производство воды «Святой Источник»: Откуда мы добываем воду? Наши заводы. URL: www.svyatoyistochnik.com (дата обращения: 10.05.22).
10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Взамен СанПиН 2.1.4.559-96; Введ. 2002-01-01. М., 2002. URL: <https://eng-eco.ru/upload/iblock/f62/f62518fef27847ef31fcc40c3543b2a5.pdf?ysclid=I551fdd3hc339802036> (дата обращения: 10.05.22).
11. Мониторинг качества питьевой воды в Свердловской области России / Г. В. Харина, Л. В. Алешина, С. В. Анахов, О. В. Инжеватова // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 1 (81). С. 63–73. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2020.25.1.63-73>.