



Источники водоснабжения в Екатеринбурге: «за» и «против»

Г.В. Харина^{1*}, Л.В. Алешина², А.В. Обухова¹

¹ Российский государственный профессионально-педагогический университет, ул. Машиностроителей, 11, Екатеринбург, 620143, Россия

² Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620143, Россия

*E-mail: gvkharina32@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена оценке качества питьевой воды, отобранной из разных видов источников водоснабжения. Приведено описание проблемы загрязнения водных ресурсов, обоснована актуальность проведенных исследований. Указаны источники отбора проб воды: централизованная система водоснабжения, подземные воды и водные автоматы «Водоробот». Дана краткая характеристика использованных методов исследования: титриметрического, потенциометрического и инверсионно-вольтамперометрического. Представлены результаты определения следующих показателей качества: жесткость, окисляемость, содержание нитратов и тяжелых металлов – меди, свинца, кадмия. Обнаружено превышение допустимых значений жесткости, окисляемости, концентрации нитратов, свинца и кадмия в ряде проб воды. Рассмотрены возможные причины несоответствия указанных показателей нормативным значениям. Приведено объяснение превышению значений окисляемости проб водопроводной и грунтовой воды. Описано негативное воздействие на организм человека высоких концентраций нитратов и тяжелых металлов. Перечислены особенности тяжелых металлов, способствующих их миграции в подземных водах. Особое внимание уделено причинам избыточного содержания свинца в пробах воды из водных автоматов. Установлено, что наиболее распространенными загрязнителями исследуемых вод являются органические соединения и ионы свинца. Выявлено, что в большей степени загрязнены подземные воды, содержащие более двух экотоксикантов. Авторы отмечают, что однозначного ответа на вопрос об источнике, содержащем воду удовлетворительного качества, на сегодняшний день нет.

Ключевые слова: загрязнители, источники воды, водопроводная вода, водные автоматы, грунтовые воды.

Sources of water supply in Yekaterinburg: «for» and «against»

G.V. Kharina^{1*}, L.V. Alyoshina², A.V. Obukhova¹

¹ Russian State Vocational Pedagogical University, Mashinostroyteley str., 11 Yekaterinburg, 620143, Russia

² Ural State University of Economics, 8-th March/Narodnoi Voli, 62/45, Yekaterinburg, 620143, Russia

*E-mail: gvkharina32@yandex.ru

Abstract. The work is devoted to the assessment of the quality of drinking water selected from different types of water supply sources. The description of the problem of water pollution is given, the relevance of the research is substantiated. The sources of water sampling are indicated: centralized water supply system, underground water and water machines "Vodorobot". A brief description of the research methods used is given: titrimetric, potentiometric and inversion-voltammetric. The results of determining the following quality indicators are presented: hardness, oxidizability, content of nitrates and heavy metals – copper, lead, cadmium. Excess of permissible values of hardness, oxidizability, concentration of nitrates, lead and cadmium in a number of water samples was found. The possible reasons for the discrepancy of these indicators with the normative values are considered. An explanation is given for the excess of the values of the oxidability of samples of tap and ground water. The negative effects of high concentrations of nitrates and heavy metals on the human body are described. The features of heavy metals contributing to their migration in groundwater are listed. Special attention is paid to the causes of excessive lead content in water samples from water vending machines. It is established that the most common pollutants of the studied waters are organic compounds and lead ions. It was revealed that groundwater containing more than two ecotoxicants is more polluted. The authors note that there is currently no unambiguous answer to the question of a source containing water of satisfactory quality.

Keywords: pollutants, water sources, tap water, water machines, groundwater.

1. Введение

Проблема чистой питьевой воды сегодня особенно актуальна в городах с развитой промышленностью, где уровень загрязнения приближается к критической отметке. Высокая плотность населения, действующие промышленные предприятия, огромное количество автотранспорта – вот неполный перечень реальных источников загрязнения объектов природной среды, в том числе, и водных ресурсов [1, 2, 3].

Для источников водоснабжения в крупных промышленных центрах характерны все виды загрязнений: химическое, физическое, биологическое, механическое. Однако особую озабоченность вызывает химическое загрязнение, вызванное присутствием в воде избыточных концентраций веществ-суперэкоотоксикантов – нитратов, тяжелых металлов, мышьяка, фторидов, органических соединений (пестицидов, диоксинов, фенола и др.). Химические загрязнители оказывают серьезное негативное воздействие, порой необратимое, на здоровье человека [4, 5], приводят к постепенной деградации почвенных экосистем [6] и биогеоценозов.

Изношенность городских систем водоснабжения и малоудовлетворительная очистка воды для питьевых целей побуждают жителей городов, в частности, Екатеринбурга, искать новые источники: родники, колодцы, скважины на садово-огородных участках, городские водные автоматы, службы привозной воды и т.д. Многие горожане довольствуются водой, очищенной в домашних условиях бытовыми фильтрами. Однако абсолютной уверенности в удовлетворительном качестве воды из альтернативных источников быть не может.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Ранее нами на основании результатов проведенных исследований был сделан вывод о неудовлетворительном качестве питьевой воды из централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения Свердловской области [7, 8]. В настоящее время представляется актуальной задача определения пригодности к употреблению используемой в Екатеринбурге воды из различных источников.

В этой связи цель настоящей работы заключалась в сравнительной оценке качества питьевой воды, отобранной из разных источников водоснабжения в городе Екатеринбурге. Для достижения указанной цели были определены следующие задачи:

отбор проб воды из различных источников в городе; анализ качества воды по показателям: жесткость, концентрация нитратов, окисляемость, содержание тяжелых металлов; оценка источников водоснабжения по полученным результатам анализа.

3. Методы и материалы исследования

Для проведения анализа пробы воды объемом 500 мл были отобраны в пластиковую тару из следующих источников: системы городского водоснабжения в разных районах (№№ 1 – 6), из скважин (№№ 7 – 15) и колодцев (№№ 16, 17) и городских водных автоматов (№№ 18 – 22).

Водопроводная вода была отобрана в следующих микрорайонах города: Эльмаш, Ботанический, ВИЗ (Верх-Исетский завод), Уралмаш, Вторчермет, ЖБИ.

При выборе водоматов «Водоробот» также руководствовались принципом многоохватности районов города. Грунтовые воды были взяты из скважин, находящихся как в черте города, так и на территориях СНТ; глубина скважин составляла 30÷50 м.

Жесткость (содержание ионов кальция и магния) и окисляемость (содержание органических загрязнителей) воды определялись титриметрическими методами, основанных на реакциях нейтрализации, комплексообразования и окисления-восстановления. Содержание нитрат-ионов определяли потенциометрическим методом с использованием иономера РХ 150 (рисунок 1). Определение было основано на построении градуировочного графика зависимости электродного потенциала от концентрации стандартных растворов нитрата калия – $E=f(\lg C_{\text{KNO}_3})$ (рисунок 2).



Рисунок 1. Иономер РХ 150 для определения нитрат-ионов потенциометрическим методом.

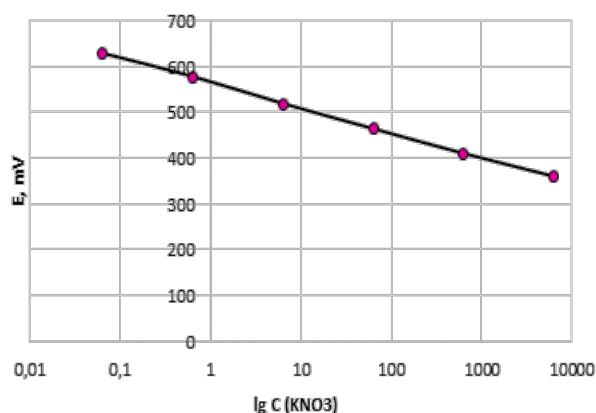


Рисунок 2. Зависимость электродного потенциала ионоселективного электрода от концентрации NO_3^- -ионов в стандартных растворах KNO_3 .

Содержание тяжелых металлов (меди, свинца, кадмия) находили методом инверсионной вольтамперометрии с помощью прибора ИВА (инверсионного вольтамперометрического анализатора) по ТУ 4215-001-05828695-95 (НПВП "ИВА", Екатеринбург) в комплекте с компьютером и трехэлектродной электрохимической ячейкой, а также государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов кадмия, свинца и меди (рисунок 3).



Рисунок 3. Инверсионный вольтамперометрический анализатор (ИВА) с трехэлектродной электрохимической ячейкой и компьютером с программным обеспечением.

4. Полученные результаты

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют об превышении допустимых уровней показателей качества некоторых проб воды. Например, избыточное содержание нитратов обнаружено в пробах грунтовых вод №№9 и 15.

Таблица 1. Значения жесткости, окисляемости и содержание нитрат-ионов в исследуемых пробах воды.

Источники водоснабжения, место отбора и номер пробы			Показатели качества		
			$C_{NO_3^-}$, мг/дм ³	Жесткость общая, ммоль/дм ³	Окисляемость, мг O ₂ /л H ₂ O
Система городского водоснабжения	Эльмаш	1	4,1	1,34	5,8
	Ботанический ВИЗ	2	4,2	1,38	4,1
	Уралмаш	3	4,8	1,34	3,5
	Вторчермет	4	4,1	1,35	4,0
	ЖБИ	5	4,5	1,80	6,6
		6	4,9	1,67	7,2
Грунтовые воды из скважин	СНТ «Восток» (западное направление)	7	23,4	3,92	3,56
	Станция Исток (южное направление)	8	5,6	2,18	2,80
	Подземный ключ в Октябрьском районе города	9	48,5	4,48	7,40
	СНТ «Надежда» (северное направление)	10	6,2	1,32	5,00
	СНТ «Университет» в Академическом районе города	11	36,9	4,31	5,98
	СНТ «Прогресс» (восточное направление)	12	12,4	3,27	1,22
	ул. Уктусская (в городе)	13	42,0	12,02	6,12
	дер. Мурзинка (северо-западное направление)	14	31,0	4,17	10,39
	СНТ «Механизатор» в Чкаловском районе города	15	62,0	5,35	3,40
Вода из колодцев	Станция Аять, (северное направление)	16	1,6	1,00	3,57
	Колодец вблизи оз. Шарташ в городе	17	18,6	3,36	5,00
Вода из водных автоматов «Водобот»	Ленинский район, центр	18	5,8	2,7	0,68
	Академический район	19	26,0	3,4	0,32
	Ленинский район, Юго-западный мкр-н	20	5,6	0,2	0,08
	Эльмаш	21	4,2	0,35	0,94
	Уралмаш	22	4,3	0,39	0,52
<i>Нормативные значения показателей</i>			45,0	4,0 – 7,0	5,0

Загрязнение подземных вод нитратами не является редкостью [9]. Главная причина этого явления – использование удобрений на основе азотсодержащих соединений, проникающих в процессе инфильтрации атмосферных осадков в грунтовые воды [10]. Следует отметить, что аккумуляция нитратов в организме человека способствует развитию различных патологий, в числе которых онкологические заболевания [11].

Среди других показателей качества воды, не соответствующих нормативным значениям, необходимо выделить жесткость и окисляемость. Из грунтовых вод повышенной жесткостью характеризуется проба №12, отобранная из городской скважины. Учитывая ее небольшую глубину (20 м) и длительный срок эксплуатации, попадание различных стоков в этот источник неизбежно.

Окисляемость, представляющая собой общее содержание органических соединений в воде, превышена в пробах не только грунтовых вод, так и в водопроводной воде. Последнее объясняется не столько степенью очистки, сколько низким санитарно-техническим уровнем водопроводной сети. В результате многолетней эксплуатации на внутренних стенках труб возникают и развиваются микробиологические отложения, состоящие из автохтонных микроорганизмов (бактерий, грибов, губок и др.). Они попадают в водопровод из водоемов и, благодаря своим природным приспособлениям и формам, прочно прикрепляются к поверхностям. В этом случае именно автохтонные бактерии являются источником органических соединений.

Причиной повышенной окисляемости проб грунтовых вод №№9, 11, 13, 14, на наш взгляд, является близость бытовых и техногенных стоков, которые постепенно просачиваясь сквозь горные породы, достигают водоносных горизонтов. Из таблицы 1 видно, что пробы воды из водных автоматов характеризуются допустимыми уровнями жесткости, окисляемости и содержания нитратов.

Особую озабоченность ученых-исследователей вызывает усиливающееся в последние годы загрязнение источников водоснабжения тяжелыми металлами, которые представляют серьезную опасность для здоровья человека [12, 13]. Миграция тяжелых металлов в подземных водах происходит в разных формах, обусловленных химическими свойствами этих элементов: высокая растворимость многих солей, склонность к комплексообразованию с соединениями различной природы. Перечисленные

особенности способствуют распространению тяжелых металлов в подземных водах на несколько десятков километров.

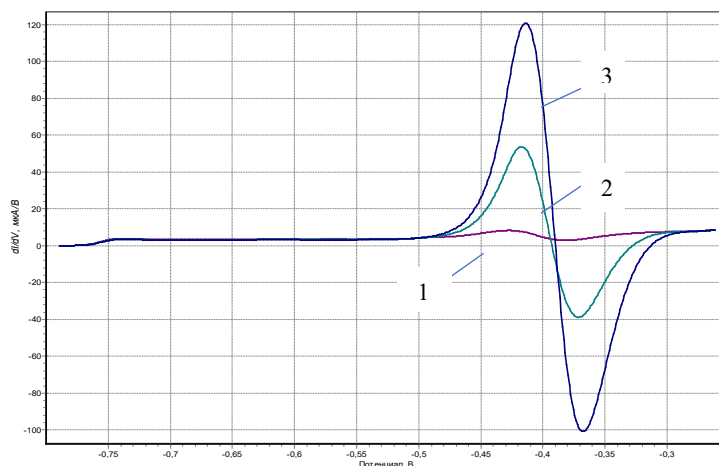


Рисунок 4. Дифференциальные анодные вольтамперограммы свинца: 1 – фон (HCl 0,1 моль/дм³), 2 – исследуемая проба из скважины №13 (2,0 см³); 3 – стандартная добавка ионов Pb²⁺ (20 мкг/дм³).

На рисунке 4 представлены дифференциальные анодные вольтамперограммы (ВА) свинца, полученные при анализе пробы №13 методом инверсионной вольтамперометрии. Как видно из рисунка 4, введение аликвоты пробы в раствор фонового электролита (ВА 1) приводит к росту аналитического сигнала при потенциале $-0,42$ В (ВА 2). В присутствии добавки стандартного раствора ионов свинца отмечается дальнейший прирост аналитического сигнала (ВА 3), что позволяет определить концентрацию ионов свинца.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в пробах исследуемой воды.

Источники водоснабжения, место отбора и номер пробы		Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³			
		$C_{Cu^{2+}}$	$C_{Pb^{2+}}$	$C_{Cd^{2+}} \times 10^{-3}$	
Система городского водоснабжения	Эльмаш	1	0,430	0,023	0,1
	Ботанический	2	0,391	0,024	0,1
	ВИЗ	3	0,420	0,021	–
	Уралмаш	4	0,420	0,019	0,1
	Вторчермет	5	0,410	0,019	0,1
	ЖБИ	6	0,654	0,012	
Грунтовые воды из скважин	СНТ «Восток» (западное направление)	7	0,004	0,024	0,5
	Станция Исток (южное направление)	8	0,009	0,001	–

	Подземный ключ в Октябрьском районе города	9	0,005	0,023	0,01
	СНТ «Надежда» (северное направление)	10	0,021	0,022	0,4
	СНТ «Университет» в Академическом районе города	11	0,009	0,001	–
	СНТ «Прогресс» (восточное направление)	12	0,004	0,061	2,3
	ул. Уктусская (в городе)	13	0,061	0,211	0,8
	дер. Мурзинка (северо-западное направление)	14	0,023	0,091	–
	СНТ «Механизатор» в Чкаловском районе города	15	0,052	0,003	0,5
Вода из колодцев	Станция Аять, (северное направление)	16	0,006	0,003	0,1
	Колодец вблизи оз. Шарташ в городе	17	0,005	0,001	–
Вода из водных автоматов	Ленинский район, центр	18	0,100	0,130	0,2
	Академический район	19	0,040	0,110	0,1
	Ленинский район, Юго-западный мкр-н	20	0,040	0,051	–
	Эльмаш	21	0,396	0,155	0,1
	Уралмаш	22	0,143	0,120	0,05
<i>Предельно-допустимые концентрации</i>			1,0	0,03	1
«—» - не обнаружено данным методом					
жирным выделены концентрации, превышающие нормативные значения					

Как следует из таблицы 2, тяжелые металлы не обнаружены в пробах водопроводной воды. Однако подземные воды и вода из автоматов «Водоробот» загрязнены свинцом и кадмием. Главный источник свинца – выхлопы автотранспорта, по числу единиц которого Екатеринбург занимает третье место в стране. Источники проб №№ 12, 13 находятся в Екатеринбурге, поэтому превышение ПДК свинца вполне закономерно. В пробе №13 обнаружено избыточное содержание кадмия, что обусловлено близостью компрессорного завода и завода гражданской авиации, отходы которых из почвы в процессе фильтрации загрязненных поверхностных вод достигают водоносных горизонтов. Полученные результаты хорошо согласуются с данными работы [14], где утверждается, что на территории Свердловской области с инфильтрационным потоком с территорий хранилищ отходов металлургической

промышленности и отвалов горнообогатительных предприятий ежегодно мобилизуется до 24 тыс. тонн кадмия. Источник пробы №14 располагается за городом, вблизи автомагистрали с интенсивным движением, что предопределяет загрязнение грунтовых вод. Кроме того, в атмосферных осадках, питающих неглубоко залегающие подземные воды и выпадающих в промышленных районах, концентрации тяжелых металлов в несколько раз превышают фоновые.

Удивительным является факт почти трехкратного превышения свинца в пробах воды из водоматов, где предусмотрена многоступенчатая очистка – от механических фильтров до установки обратного осмоса. По нашему мнению, причина загрязнения заключается либо в полупроницаемых мембранах, используемых в методе обратного осмоса и подверженных довольно быстрому старению, либо в фильтрующих картриджах с непродолжительным рабочим ресурсом и, следовательно, требующих частой замены.

Данные, приведенные в таблицах 1 и 2, указывают на загрязнение проб воды экотоксикантами, отобранных из разных источников водоснабжения.

На основании результатов, представленных на рисунке 5, можно утверждать, что наиболее распространенными загрязнителями исследуемых вод являются органические соединения и ионы свинца. Указанные загрязнители присутствуют в воде системы центрального водоснабжения водных автоматов «Водоробот» и грунтовых водах. Особенно велико превышение ПДК свинца (до 7 раз!), наблюдаемое в пробах воды из водоматов.

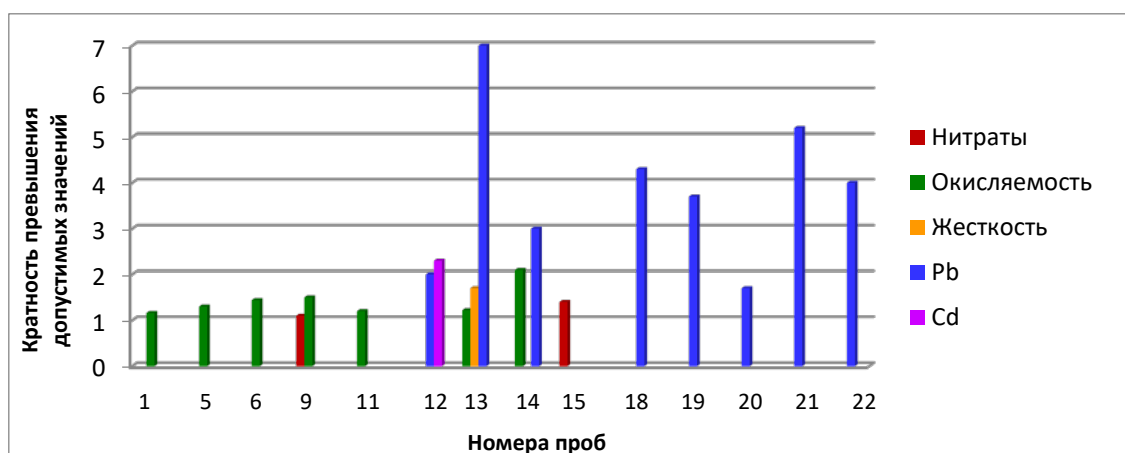


Рисунок 5. Превышение нормативных значений показателей качества воды.

Из рисунка 6 видно, что в большей степени загрязнены подземные воды, причем из шести загрязненных проб три содержат два и более экотоксиканта. Пробы воды из системы центрального водоснабжения и водных автоматов содержат по одному виду загрязнителя: органические соединения и свинец соответственно.

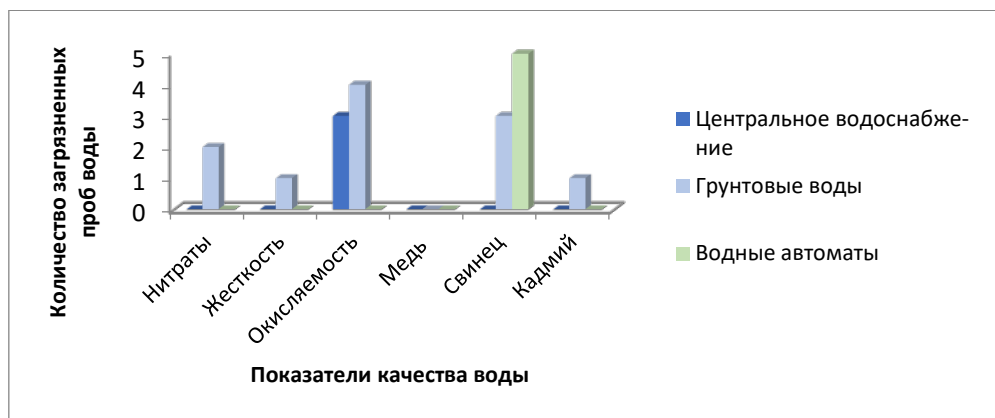


Рисунок 6. Количество загрязненных проб из разных видов источников воды.

5. Выводы

Полученные данные позволяют сделать вывод о загрязнении питьевой воды в Екатеринбурге из любого источника. Согласно полученным результатам в большей степени загрязнены подземные воды, при анализе которых обнаружено несоответствие всех определяемых показателей качества нормативным значениям. Подземные воды, как правило, не защищены от техногенного воздействия, поэтому все загрязнители, содержащиеся в отходах промышленного производства, рано или поздно за счет инфильтрации атмосферных осадков проникают на большую глубину и загрязняют источники. Кроме того, как указывалось выше, миграция загрязнителей, особенно тяжелых металлов, характеризуется не только вертикальной, но и горизонтальной траекторией перемещения, когда экотоксиканты с течением потока способны переноситься на расстояния до 30 км и более от источника загрязнения.

При выборе в качестве источника питьевой воды водные автоматы «Водоробот» следует помнить о возможном ее загрязнении тяжелыми металлами. Факт неудовлетворительного качества воды из водоматов безусловно требует обязательного

подтверждения, поскольку в наших исследованиях были проанализированы пробы только из пяти «Водороботов».

Водопроводная вода, согласно полученным результатам, не содержит тяжелых металлов, но отличается повышенной окисляемостью. Очевидно, сегодня одним из решений этой проблемы может быть установка в квартирах многоступенчатых фильтров.

Таким образом, однозначного ответа на вопрос об источнике, содержащем воду удовлетворительного качества, на сегодняшний день нет.

Список литературы

1. Унгуряну, Т.Н. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы) / Т.Н. Унгуряну, С.М. Новиков // Гигиена и санитария. – 2014. – №1. – С. 19-24.
2. Коньшина, Л.Г. Оценка качества воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга и его окрестностей / Л.Г. Коньшина // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95 (5). – С. 413-416.
3. Дмитриев, Д.В. Анализ качества воды в разных регионах России / Д.В. Дмитриев, В.Д. Черноусов, К.В. Стаканов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т.2. – С. 579-581.
4. Боев, В.М. Анализ канцерогенного риска при воздействии факторов окружающей среды на здоровье населения крупного промышленного города и заболеваемость злокачественными новообразованиями / В.М. Боев, Л.В. Зеленина, Д.А. Кряжев [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – №6(279). – С. 4-7.
5. Sachithra Imbulana. Groundwater as a potential cause of Chronic Kidney Disease of unknown etiology (CKDu) in Sri Lanka: a review / Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma. // Journal of Water and Health. – 2021. – V. 19(3). – P. 393-410.
6. Байtimiрова, Е.А. Оценка загрязнения рекреационных зон мегаполиса тяжелыми металлами (на примере Екатеринбурга) / Е.А. Байtimiрова, Е.В. Михеева, Е.Н. Беспамятных [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2016. – №4. – С. 71-77.

7. Харина, Г.В. Мониторинг качества питьевой воды в Свердловской области России / Г.В. Харина, Л.В. Алёшина, С.В. Анахов, О.В. Инжеватова // Вода и экология: проблемы и решения. – 2020. – № 1(81). – С. 63-73.
8. Харина, Г.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами / Г.В. Харина, Л.В. Алёшина // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 1. – С. 124-134.
9. Шеренков, И. А. Анализ проблем эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников / И.А. Шеренков, Н.В. Осыка, Л.Л. Багмут // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – №1(3). – С. 350-352.
10. Информационный бюллетень о состоянии недр Уральского федерального округа Российской Федерации за 2017 год. Выпуск № 18: сайт. – 2018. – URL: http://www.geomonitoring.ru/download/IB/2017_ufo.pdf [дата обращения 21.10.22].
11. Коньшина, Л.Г. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения / Л.Г. Коньшина, В.Л. Лежнин // Гигиена и санитария. – 2014. – № 3. – С. 5-10.
12. Al-Aizari, H. Analytical Groundwater Contamination by Heavy Metal / H. Al-Aizari, A. Achaoucha, M. Fadlib, F. Al-Kadsec // Applied Journal of Environmental Engineering Science. – 2018. – №3. – P. 299-308.
13. Ravisankar Tadiboyinaa. Trace Analysis of Heavy Metals in Ground Waters of Vijayawada Industrial Area / Ravisankar Tadiboyinaa, Prasada Rao Ptsrk // International Journal of Environmental & Science Education. – 2016. – Vol. 11, № 10. – P. 3215-3229.
14. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец. – М.: ЦЕНТЛИТНефтеГаз, 2012. – 672 с.