

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ г. ОРЛА¹ ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;² ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», 302001, Орёл, Россия

Население г. Орла использует в питьевых целях подземные воды Задонско-Оптуховского и Воронежско-Ливенского водоносных комплексов с природным содержанием общего железа, среднегодовые уровни которого в период наблюдения 2007–2015 гг. превышали ПДК 0,3 мг/л в 1,03–1,43 раза с максимумом 3,67–17,7 раза. Хотя повышенное содержание железа в питьевой воде принято рассматривать преимущественно с точки зрения изменений органолептических свойств воды, в ряде гигиенических исследований последних лет показано, что длительное употребление воды, в которой превышены ПДК железа, способствует увеличению общей заболеваемости, развитию болезней крови, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы, органов пищеварения, мочеполовой системы, аллергических заболеваний. В литературе имеются многочисленные публикации, рассматривающие причины возникновения и повреждающее действие перегрузки организма человека железом, и во многом объясняющие возможность развития перечисленных выше видов патологии. Цель настоящей работы – выявление связей между уровнями содержания общего железа в питьевой воде и заболеваемостью населения г. Орла. Исследования проводили с использованием корреляционного анализа. Для периода наблюдения с 2007 по 2015 г. выявлены достоверные прямые корреляционные связи среднегодовых концентраций железа в питьевой воде с общей заболеваемостью детского и взрослого населения, а также с 11 видами неинфекционных патологий, в том числе болезнями органов дыхания, мочеполовой системы, atopическим дерматитом и реактивными артропатиями и экземой у детей; болезнями крови и кровеносных органов, реактивными артропатиями, гастритом и дуоденитом у подростков; стенокардией, цереброваскулярными болезнями, сахарным диабетом, гастритом, дуоденитом и болезнями печени у взрослых. Коэффициенты корреляции составили 0,66–0,86 с достоверностью <0,01–<0,05. Возможно, эти связи носят причинно-следственный характер, что находит подтверждение в сходных результатах, полученных в Тульской области, Приморском крае и Свердловской области, где для водоснабжения населения используются подземные воды с повышенным содержанием железа. По-видимому, следует более осторожно подходить к гигиенической оценке повышенного содержания железа в питьевой воде, не ограничиваясь его влиянием на органолептические свойства воды, но уделяя внимание возможным этиологическим связям с заболеваемостью населения.

Ключевые слова: питьевая вода из подземных водоисточников; общее железо; заболеваемость населения.

Для цитирования: Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(11): 1049-1053. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053>

Для корреспонденции: Егорова Наталья Александровна, д-р мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. диагностики экологически зависимой патологии с группой гигиенической экспертизы ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, Москва, Россия. E-mail: tussy@list.ru

Egorova N.A.¹, Kanatnikova N.V.²

EFFECT OF IRON IN DRINKING WATER ON THE MORBIDITY RATE IN THE POPULATION OF THE CITY OF OREL¹Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation;²The Centre of Hygiene and Epidemiology in the Orel Region, Orel, 302001, Russian Federation

The population of the city of Orel consumes drinking underground water of Zadonsko-Optuhovsky and Voronezh-Livny aquifers with natural iron content, annual mean levels of which over the observation period from 2007 to 2015 exceeded the maximum allowable concentration (0.3 mg/l) by 1.03 to 1.43 times, with a maximum of 3.67 to 17.7 times. Although an elevated iron content in drinking water has been considered primarily in terms of organoleptic changes, several sanitary studies of recent years have revealed the prolonged use of water containing iron in concentrations, which exceed the maximum allowable ones, to scale up overall morbidity as well as the development of blood, skin and subcutaneous tissue diseases, musculoskeletal problems, digestive, urogenital system and allergic disorders. There are many reports concerning causes and the harm to human organism due to iron overload, and largely explanation of the possibility of developing the above types of pathology. The purpose of the study is to identify relationships between levels of total iron content in drinking water and the morbidity rate of the population of the city of Orel. Investigations were executed with the use a correlation analysis. For the period from 2007 to 2015, there were revealed direct correlation relationships between the annual average concentrations of iron in drinking water and the total morbidity rate of children and adults as well as 11 types of non-infectious pathologies, including diseases of the respiratory and urogenital system, atopic dermatitis, reactive arthropathies and eczema in children; diseases of blood and blood-forming organs, reactive arthropathies, gastritis and duodenitis in adolescents, stenocardia, cerebrovascular diseases, diabetes mellitus, gastritis, duodenitis and liver diseases in adults. The correlation coefficients amounted to from 0.66 to 0.86, with an accuracy of 0.01-0.05. These relationships may be causal in nature, as it was proved by similar results obtained in the Tula region, Primorsky Krai, and Sverdlovsk region where the population uses ground water with a high iron content. Apparently, it should be more careful in the assessment of the elevated iron content in drinking water from a hygienic viewpoint and must

focus, among other things, on its possible causal relations with the morbidity rates of the population, rather than scrutinizing primarily its impact on the organoleptic water properties.

Key words: *drinking water from underground water sources; total iron; morbidity rate of population.*

For citation: Egorova N.A., Kanatnikova N.V. Effect of iron in drinking water on the morbidity rate in the population of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(11): 1049-1053. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053>

For correspondence: Nataliya A. Egorova, Dr. Sci. Med., leading researcher of the Laboratory of environment-dependent pathology with group of the hygiene expertise of the Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: tussy@list.ru

Information about authors: Egorova N.A., <http://orcid.org/0000-0001-6751-6149>; Kanatnikova N.V., <http://orcid.org/0000-0001-7413-2901>

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment: Financing was implemented within frameworks of the Scientific Research Work "Harmonization of standards, methods of monitoring and assessment of human environmental factors (water, soil and atmospheric air) with international requirements" of the State assignment for the Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks.

Received: 06 April 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

Железо относится к числу наиболее часто встречающихся в природе элементов и по распространённости в земной коре занимает второе место среди металлов [1]. Природные воды обогащаются железом благодаря процессам химического выветривания с механическим разрушением и растворением горных пород [2]. Среднее содержание железа в речных водах составляет около 0,7 мг/л, концентрации железа в подземных водах обычно не превышают 0,5–10 мг/л, но могут достигать и 50 мг/л [1]. Железо содержится в воде Задонско-Оптуховско-го и Воронежско-Ливенского водоносных комплексов, являющихся источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Орла. По данным наблюдения в 2007–2012 гг. в 41% проб из резервуаров чистой воды г. Орла концентрации железа превышали ПДК 0,3 мг/л, а в 3% проб – 1 мг/л при максимальных значениях 0,77–1,2 мг/л [3].

Общемировая практика регламентирования содержания железа в питьевой воде базируется на сформировавшемся еще в начале восьмидесятых годов прошлого столетия мнении о безвредности для человека железа в концентрациях, не превышающих 2 мг/л [1]. Исходя из этого, при оценке и контроле содержания в воде железа традиционно используются органолептические показатели, поскольку присутствие железа в питьевой воде в концентрациях 0,3 мг/л и выше может приводить к появлению у воды привкуса, мутности, окраски, «ржавых» пятен на белье после стирки и на сантехническом оборудовании [4]. В странах ЕС норматив железа в питьевой воде установлен на уровне 0,2 мг/л, в Австралии, Японии, Китае, США, Канаде – на уровне 0,3 мг/л. [5]. В Российской Федерации (РФ) с 1996 г. действуют 2 норматива железа в питьевой воде – 0,3 и 1 мг/л¹.

Руководство ВОЗ по качеству питьевой воды не конкретизирует нормативную величину железа в питьевой воде, ограничиваясь сведениями об изменениях органолептических свойств при концентрациях выше 0,3 мг/л [4]. На общем фоне преимущественного внимания к органолептическим свойствам воды, содержащей железо, только материалы, поясняющие параметры качества воды в Директиве 98/83/ЕС, указывают на появление данных, вызывающих обеспокоенность медиков в отношении возможного негативного влияния высоких уровней железа в питьевой воде на здоровье человека [6].

В последние годы отечественными авторами опубликован ряд работ, свидетельствующих об актуальности и значимости проблемы влияния повышенных концентраций железа в питьевой воде на здоровье населения. Выявлено, что длительное употребление воды с повышенным содержанием железа способствует увеличению общей заболеваемости, развитию болезней крови, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы, органов пищеварения, мочеполовой системы, аллергических заболеваний [7, 11]. Однако в г. Орле возможность влияния железа в питьевой воде в концентрациях выше ПДК на состояние здоровья населения ранее не изучалась.

¹ Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования было выявление связей между уровнями содержания железа в питьевой воде и заболеваемостью населения г. Орла.

Материал и методы

В качестве материала исследований использованы средние значения концентраций общего железа в питьевой воде по анализам, выполненным в рамках социально-гигиенического мониторинга в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Орловской области», и показатели заболеваемости детей (0–14 лет), подростков (15–17 лет) и взрослого населения (18 лет и старше) г. Орла по 63 видам неинфекционной патологии за период с 2007 по 2015 г.

Определение общего железа проводили фотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 4011–72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа» и ПНДФ 14.1:2.4.50–96 «Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой». В течение 2009–2015 гг. исследовано 1179 проб воды из разводящей водопроводной сети г. Орла. В 2007 г. из разводящей сети было отобрано всего 7 проб, в 2008 г. разводящие сети не исследовались. Поэтому за 2007–2008 гг. использованы результаты санитарно-химических анализов воды (117 проб в 2007 г. и 131 проба в 2008 г.), проведённых перед её поступлением из резервуаров чистой воды в разводящую сеть (табл. 1).

Относительные показатели первичной неинфекционной заболеваемости детского, подросткового и взрослого населения г. Орла на 1000 человек рассчитывали по данным отчётных форм № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» Департамента здравоохранения и социального развития Орловской области и данным о численности населения Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Орловской области. Для выявления возможной связи между заболеваемостью населения г. Орла и значениями общего железа и мутности питьевой воды применяли корреляционный анализ.

Расчёты средних величин, коэффициентов корреляции Пирсона (r) проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 2003. Достоверность коэффициентов корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента.

Результаты

По данным 9-летних наблюдений, в течение 6 лет среднегодовые уровни общего железа в питьевой воде г. Орла были выше общефедерального гигиенического норматива этого показателя (0,3 мг/л) в 1,03–1,43 раза (табл. 1), максимальные превышения достигали 3,67–17,7 раза, а процент нестандартных проб в сравнении с ПДК 0,3 мг/л в разводящей сети составлял 32,4–62,2%.

Изучение возможного влияния железа в питьевой воде на состояние здоровья населения г. Орла позволило выявить ряд достоверных прямых корреляционных связей достаточно высокого уровня (табл. 2).

Таблица 1

Среднегодовые уровни общего железа (мг/л) в питьевой воде г. Орла в 2007–2015 гг.

Год	Железо*	Количество проб	Год	Железо*	Количество проб
2007	0,270 ± 0,024	117	2012	0,36 ± 0,02	185
2008	0,290 ± 0,023	131	2013	0,400 ± 0,022	156
2009	0,310 ± 0,021	142	2014	0,390 ± 0,038	156
2010	0,280 ± 0,015	204	2015	0,430 ± 0,021	156
2011	0,330 ± 0,017	180			

Примечание. * – средняя ± m.

С присутствием железа в воде оказалась связана общая заболеваемость детей ($r = 0,66$, корреляция средней силы) и взрослого населения ($r = 0,84$, сильная корреляционная связь). В разных возрастных категориях найдены связи среднегодовых концентраций железа в питьевой воде с 11 видами неинфекционных заболеваний. Для детского населения выявлены прямые сильные корреляции между концентрациями железа и болезнями органов дыхания, мочеполовой системы, атопическим дерматитом и реактивными артропатиями ($r = 0,72-0,84$), а также корреляция средней силы ($r = 0,69$) с заболеваемостью экземой. В подростковой группе обнаружены корреляционные связи концентраций железа в питьевой воде с болезнями крови и кровеносных органов, реактивными артропатиями (сильные связи), гастритом и дуоденитом (корреляция средней силы). У взрослых с присутствием железа в воде оказались связаны показатели заболеваемости стенокардией, цереброваскулярными болезнями, сахарным диабетом, гастритом, дуоденитом и болезнями печени ($r = 0,72-0,86$).

Обсуждение

Данные, полученные нами в исследованиях, проведённых в г. Орле, свидетельствуют о том, что присутствие повышенных концентраций железа в питьевой воде может влиять на заболеваемость, хотя до настоящего времени в гигиене воды принято рассматривать железо как вещество, не способное нарушать состояние здоровья населения. Общеизвестно, что железо – важнейший эссенциальный элемент, имеющий ключевое значение для процессов метаболизма, роста и размножения клеток. Железо входит в состав важнейших дыхательных белков гемоглобина и миоглобина, а также многих ферментов, участвующих в процессах биологического окисления, нейтрализующих активные формы кислорода и поддерживающих окислительно-восстановительный баланс в организме [12, 13]. Биологическая ценность железа определяется его способностью легко окисляться и восстанавливаться, принимая или отдавая электроны и меняя валентность $Fe^{3+} \leftrightarrow Fe^{2+}$ [14]. Однако в гигиене редко обращается внимание на то, что с этим свойством связана и опасность токсического действия, поскольку избыточное содержание железа в биологических средах катализирует цепные реакции свободно-радикального окисления с образованием пероксидного, супероксидного и наиболее активного гидроксильного радикалов, приводящие к перекисному окислению липидов и окислительному стрессу [12, 13, 15]. Кроме того, в работах гигиенического плана, как правило, вне внимания остаётся отличительная и уникальная особенность метаболизма железа – отсутствие механизма его активного выведения из организма. Экскреция железа физиологически не регулируется и происходит пассивно за счёт слушивания эпителиальных клеток кишечника, кожи, а также с мочой, потом, желчью и при микрокровоотечении. У женщин детородного возраста железо, кроме того, теряется при менструациях и во время родов [14, 16]. Ежедневные потери железа крайне малы и составляют 1–2 мг. В норме для компенсации этих потерь те же 1–2 мг железа абсорбируются из пищи в двенадцатиперстной кишке. Интестинальная абсорбция – ключевая точка поддержания го-

Таблица 2

Связи показателей заболеваемости разных групп населения и уровней общего железа в питьевой воде г. Орла по данным наблюдений за 2007–2015 гг.

Заболевания	Дети	Подростки	Взрослые
	коэффициенты корреляции ($r \pm m$)		
Общая заболеваемость	0,66 ± 0,28 $t = 2,36$ $p < 0,05$		0,84 ± 0,21 $t = 4,0$ $p < 0,01$
Болезни крови, кровеносных органов		0,79 ± 0,23 $t = 3,43$ $p < 0,05$	
Стенокардия			0,82 ± 0,16 $t = 5,13$ $p < 0,01$
Цереброваскулярные болезни			0,86 ± 0,19 $t = 4,53$ $p < 0,01$
Атопический дерматит	0,72 ± 0,26 $t = 2,76$ $p < 0,05$		
Экзема	0,69 ± 0,27 $t = 2,56$ $p < 0,05$		
Реактивные артропатии	0,82 ± 0,22 $t = 3,73$ $p < 0,01$	0,73 ± 0,26 $t = 2,81$ $p < 0,05$	
Болезни мочеполовой системы	0,81 ± 0,22 $t = 3,68$ $p < 0,01$		
Болезни органов дыхания	0,84 ± 0,21 $t = 4,0$ $p < 0,01$		
Сахарный диабет			0,82 ± 0,22 $t = 3,73$ $p < 0,01$
Гастрит и дуоденит		0,66 ± 0,28 $t = 2,36$ $p < 0,05$	0,72 ± 0,26 $t = 2,77$ $p < 0,05$
Болезни печени			0,72 ± 0,26 $t = 2,77$ $p < 0,05$

меостаза железа в организме человека [14, 16–18]. Несмотря на жёсткость и тщательность контроля, баланс железа неустойчив, его нарушения приводят к недостатку или избыточному накоплению элемента в организме. Это, по современным представлениям, лежит в основе многих широко распространённых заболеваний человека [14, 17, 19, 20].

В последнее время возросло внимание к перегрузке организма железом, возникающей при увеличении его абсорбции энтероцитами двенадцатиперстной кишки. В норме вновь поступающие в кровь ионы железа присоединяются к сывороточному белку трансферрину и в такой форме нетоксичны. Но всасывание в количествах, превышающих 2 мг в сутки, приводит к чрезмерному, более 50–60% насыщению железом трансферрина. Вследствие этого в сыровотке крови появляется несвязанное ионизированное железо, которое постепенно накапливается в паренхиматозных клетках печени, сердца, поджелудочной железы, надпочечников, паращитовидных желёз, оказывая на них токсическое повреждающее действие [13, 19,

20]. Период полувыведения железа из организма составляет 5–5,5 лет, что позволяет отнести его к высоко кумулятивным элементам [14, 21].

Причиной перегрузки организма железом может быть наследственный гемохроматоз, обусловленный мутациями в гене *HFE*. Наиболее значимыми считаются гомозиготные C284Y и гетерозиготные C284Y/Y63D мутации [22, 23]. До недавнего времени наследственный гемохроматоз относили к редким заболеваниям, но с улучшением диагностики и проведением популяционно-генетических исследований эти представления изменились. По современным данным, частота встречаемости гомозиготных мутаций гена *HFE* у европейского населения составляет 0,3%, гетерозиготных – 8–10% (до 15% у жителей северной Европы). Согласно оценкам ВОЗ, предрасположенность к гемохроматозу имеет 10% населения [17, 23, 24]. Поскольку у таких людей абсорбция железа увеличивается в 2–3 раза, любое дополнительное поступление железа в организм, в том числе и с питьевой водой, содержащей повышенные концентрации этого элемента, является нежелательным и может способствовать развитию различных патологических процессов [20, 25]. Последствиями накопления железа могут быть гепатит, цирроз печени, ишемическая болезнь сердца, инсульт, диабет, артрит, понижение устойчивости к инфекционным заболеваниям, атеросклероз, рак и др. [14, 22, 26, 27].

Следует подчеркнуть, что изложенные выше данные о распространённости избыточного накопления железа в организме и его последствиях для здоровья человека получены за последние 10–15 лет и пока не нашли отражения в рекомендациях по нормированию железа ни за рубежом, ни в нашей стране. Например, основополагающий документ ВОЗ с материалами по влиянию железа на качество питьевой воды разработан в 1996 г. [1], аналогичный документ Канадского руководства по качеству питьевой воды – в 1987 г. [28], в РФ допустимость установления ПДК железа в питьевой воде на уровне 1 мг/л не пересматривалась с 1996 г.²

Результаты исследований, проведённых в г. Орле, во многом подтвердили значимость природного повышенного содержания железа в питьевой воде для развития определённых видов неинфекционной патологии. Вполне ожидаемым было выявление связи концентраций железа в воде с атопическим дерматитом и экземой у детей как возможного следствия раздражающего действия железа на кожные покровы и одновременного развития аллергических реакций [11, 29]. Подобная связь между уровнями заболеваемости болезнями кожи у детей и концентрациями железа в воде установлена и для условий Тульской области ($r = 0,81$, $t = 3,6$) [10]. Подтвердилась и роль железа в развитии патологии мочеполовой системы у детей, ранее отмеченная в исследованиях П.Ф. Кису и др. (2013) в Приморском крае, а в группе подростков – зависимость между повышенным содержанием железа в питьевой воде и развитием болезней крови, которая была установлена в Свердловской области [11]. Что касается болезней органов дыхания в детском контингенте населения г. Орла, то нельзя исключить возможность неблагоприятного воздействия на уязвимый детский организм вдыхания содержащих железо водных аэрозолей во время душевых процедур. Значимость ингаляционного пути поступления веществ с аэрозолями, образующимися при пользовании душем, показана в исследованиях ряда авторов [30, 31].

Сильные достоверные связи концентраций железа в питьевой воде и развитием реактивных артропатий, выявленные в двух группах населения, детей и подростков, могут быть проявлением воздействия железа на костно-мышечную систему, сопряженного с аллергическими реакциями и повышением восприимчивости к инфекциям [9, 11, 20].

Согласуются с данными, опубликованными ранее другими авторами, и результаты установления корреляционных связей содержания железа в питьевой воде с заболеваемостью взрослого населения сахарным диабетом, болезнями органов пищеварения (гастриты, дуодениты, болезни печени) [7, 9, 14]. Средней силы корреляция между железом питьевой воды с га-

стритами и дуоденитами выявлена также у подростков, но для детей достоверных связей концентраций железа с болезнями органов пищеварения не обнаружено, хотя другими авторами они были зафиксированы [10]. В группе взрослых сильные связи с концентрациями железа в воде проявились в заболеваемости стенокардией и цереброваскулярными болезнями. Сильная прямая корреляционная связь ($r = 0,7$) концентраций железа в питьевой воде с цереброваскулярными заболеваниями взрослых была выявлена и в исследованиях А.Э. Ломовцева в Тульской области [32]. По-видимому, в развитие этих видов патологии железо начинает вносить свой вклад по мере длительного (до 40 лет) постепенного накопления в организме [18], усиливающего процессы атеросклероза – основной причины коронарной болезни сердца и цереброваскулярных нарушений [26, 27].

Таким образом, результаты, полученные при оценке связей неинфекционной заболеваемости с концентрациями железа в питьевой воде г. Орла, в целом соответствуют современным теоретическим аспектам роли перегрузки организма железом в развитии многих патологических процессов и дополняют уже имеющиеся в литературе данные о неблагоприятном влиянии железа в питьевой воде на здоровье населения. В связи с этим целесообразно обратить внимание на экспериментальные исследования Е.Н. Лебедевой и др. (2015), согласно которым железо в питьевой воде способно вызывать негативные реакции в концентрациях ниже ПДК 0,3 мг/л, и в перспективе рассмотреть вопрос о том, насколько обеспечивает безопасность для здоровья населения норматив железа в питьевой воде на уровне 1 мг/л.

Выводы

1. В исследованиях, проведённых в г. Орле и охватывающих период с 2007 по 2015 г., выявлены достоверные прямые корреляционные связи среднегодовых концентраций железа в питьевой воде с общей заболеваемостью детского и взрослого населения, а также с 11 видами неинфекционных патологий, в том числе болезнями органов дыхания, мочеполовой системы, атопическим дерматитом и реактивными артропатиями и экземой у детей; болезнями крови и кроветворных органов, реактивными артропатиями, гастритом и дуоденитом у подростков; стенокардией, цереброваскулярными болезнями, сахарным диабетом, гастритом, дуоденитом и болезнями печени у взрослых. Коэффициенты корреляции составили 0,66–0,86 с достоверностью $<0,01$ – $<0,05$. Возможно, эти связи носят причинно-следственный характер, что находит подтверждение в сходных результатах, полученных в Тульской области, Приморском крае и Свердловской области, где для водоснабжения населения используются подземные воды с повышенным содержанием железа.

2. Следует более осторожно подходить к гигиенической оценке повышенного содержания железа в питьевой воде, не ограничиваясь его влиянием на органолептические свойства, но уделяя внимание обнаружению возможных этиологических связей с заболеваемостью населения и в перспективе необходимо рассмотреть вопрос о безопасности норматива железа в питьевой воде на уровне 1 мг/л с учётом современных данных о возможных причинах и последствиях для состояния здоровья перегрузки организма человека железом, в том числе и поступающим с питьевой водой.

Финансирование. Финансирование в рамках НИР «Гармонизация нормативов, методов контроля и оценки факторов среды обитания человека (вода, почва и атмосферный воздух) с международными требованиями» государственного задания ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

(п.п. 1, 4, 5, 13, 16–20, 22, 25–28, 30, 31 см. References)

2. Мировые водные технологии. Available at: <http://wwtec.ru/index.php?id=216>
3. Канатникова Н.В., Егорова Н.А., Захарченко Г.Л. Гигиеническая оценка подземных вод для централизованного питьевого водоснабжения г. Орла. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(4): 32–5.

² Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. 1996.

6. Бобун И.И., Иванов С.И., Унгурияну Т.Н., Гудков А.Б., Лазарева Н.К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде Архангельской области. *Гигиена и санитария*. 2011; 90(3): 91–5.
7. Рахманин Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(2): 5–18.
8. Кику П.Ф., Горборукова Т.В., Ананьев В.Ю. Распространённость экологозависимых заболеваний мочеполовой системы в биоклиматических зонах Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(5): 87–91.
9. Скударнов С.Е., Куркатов С.В. Неинфекционная заболеваемость населения и риски здоровья в связи с качеством питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2011; 90(6): 30–2.
10. Григорьев Ю.И., Ляпина Н.В. Оценка риска загрязнения питьевой воды для здоровья детей Тульской области. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(3): 36–8.
11. Борзунова Е.А., Кузьмин С.В., Акрамов Р.Л., Киямова Е.Л. Оценка влияния качества питьевой воды на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2007; 86(3): 32–4.
12. Лукина Е.А., Деженкова А.В. Метаболизм железа в норме и патологии. *Клиническая онкогематология*. 2015; 8(4): 355–61.
14. Лубянова И.П. Современные представления о метаболизме железа с позиции профпатолога. *Актуальные проблемы трансплантационной медицины*. 2010; (2): 47–57.
15. Лебедева Е.Н., Красиков С.И., Борщук Е.Л., Карманова Д.С., Чеснокова Л.А., Исаков А.Ж. Влияние Fe²⁺ на адипокиновую регуляцию и выраженность окислительного стресса. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(4): 48–51.
21. Белопухов С.Л., ред. *Химия окружающей среды*. М.: Проспект; 2017.
23. Пальцев И.В. Показатели обмена железа в диагностике мутаций гена гемохроматоза у пациентов с хроническими криптогенными гепатитами. *Проблемы здоровья и экологии*. 2014; 39(1): 80–4.
24. Сорокин Д.В., Шмунк И.В., Спичак И.И. HFE-ассоциированный полиморфизм гена гемохроматоза у детей – пациентов гастроэнтерологического профиля. *Педиатрический вестник Южного Урала*. 2014; (1-2): 65–8.
29. Зарубин Г.П., Лысогорова И.К. Изучение влияния железа на организм и хозяйственно-бытовые условия жизни человека. *Гигиена и санитария*. 1975; 64(2): 20–3.
32. Ломовцев А.Э. *Оценка состояния здоровья населения в системе социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне (на примере Тульской области)*: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М.; 2002.
10. Grigor'ev Yu.I., Lyapina N.V. Assessment of risk of contamination of drinking water for the health of children in Tula region. *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(3): 36–8. (in Russian)
11. Borzunova E.A., Kuz'min S.V., Akramov R.L., Kiyamova E.L. Evaluation of drinking water quality impact on population health. *Gigiena i sanitariya*. 2007; 86(3): 32–4. (in Russian)
12. Lukina E.A., Dezhenkova A.V. Iron metabolism in normal and pathological condition. *Klinicheskaya onkogematologiya*. 2015; 8(4): 355–61. (in Russian)
13. Kohgo Y., Ikuta K., Ohtake T., Torimoto Y., Kato J. Body iron metabolism and pathophysiology of iron overload. *Int. J. Hematol.* 2008; 88(1): 7–15.
14. Lubyanova I.P. Modern conception about the metabolism of iron from the position of the occupational pathologist. *Aktual'nye problemy transportnoy meditsiny*. 2010; (2): 47–57. (in Russian)
15. Lebedeva E.N., Krasikov S.I., Borshchuk E.L., Karmanova D.S., Chesnokova L.A., Isakov A.Zh. Effects of Fe²⁺ on the adipokine regulation and extent of oxidative stress. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(4): 48–51. (in Russian)
16. Anderson G.J. Mechanisms of iron loading and toxicity. *Am. J. Hematol.* 2007; 82(S12): 1128–31.
17. Siah C.W., Ombiga J., Adams L.A., Trinder D., Olynyk J.K. Normal Iron Metabolism and the Pathophysiology of Iron Overload Disorders. *Clin. Biochem. Rev.* 2006; 27(1): 5–16.
18. Katsarou M.S., Latsi R., Papasavva M., Demertzis N., Kalogridis T., Tsatsakis A.M., et al. Population-based analysis of the frequency of HFE gene polymorphisms: Correlation with the susceptibility to develop hereditary hemochromatosis. *Mol. Med. Rep.* 2016; 14(1): 630–6.
19. Hentze M.W., Muckenthaler M.U., Galy B., Camaschella C. Two to tango: regulation of mammalian iron metabolism. *Cell*. 2010; 142(1): 24–38.
20. Andrews N.C. Disorders in iron metabolism. *N. Engl. J. Med.* 1999; 341(26): 1986–95.
21. Belopukhov S.L., ed. *Chemistry of the Environment [Khimiya okruzhayushchey sredy]*. Moscow: Prospekt; 2017. (in Russian)
22. Santos P.C., Krieger J.E., Pereira A.C. Molecular diagnostic and pathogenesis of hereditary hemochromatosis. *Int. J. Mol. Sci.* 2012; 13(2): 1497–511.
23. Pal'tsev I.V. Indicators of iron metabolism in diagnosis of hemochromatosis gene mutations in patients with chronic cryptogenic hepatitis. *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2014; 39(1): 80–4. (in Russian)
24. Sorokin D.V., Shmunk I.V., Spichak I.I. The HFE-associated polymorphism of gene of hemochromatosis at children – patients of a gastroenterology profile. *Pediatricheskii vestnik Yuzhnogo Urala*. 2014; (1-2): 65–8. (in Russian)
25. Iron: This life-saving mineral found to actually increase senility in many. Available at: <http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2012/07/19/excess-iron-leads-to-alzheimers.aspx>
26. Kell D.B. Towards a unifying, systems biology understanding of large-scale cellular death and destruction caused by poorly liganded iron: Parkinson's, Huntington's, Alzheimer's, prions, bactericides, chemical toxicology and others as examples. *Arch. Toxicol.* 2010; 84(11): 825–89.
27. Patel M., Ramavaram D.V. Non transferrin bound iron: nature, manifestations and analytical approaches for estimation. *Indian J. Clin. Biochem.* 2012; 27(4): 322–32.
28. Health Canada. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality – Technical Documents. Iron. Available at: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-iron.html>
29. Zarubin G.P., Lysogorova I.K. The study of iron influence on the body and household conditions of human life. *Gigiena i sanitariya*. 1975; 64(2): 20–3. (in Russian)
30. Anderson W.B., Dixon D.G., Mayfield C.I. Estimation of endotoxin inhalation from shower and humidifier exposure reveals potential risk to human health. *J. Water Health.* 2007; 5(4): 553–72.
31. Olin S.S., ed. *Exposure to Contaminants in Drinking Water: Estimating Uptake through the Skin and by Inhalation*. Washington: CRC Press; 1998.
32. Lomovtsev A.E. *Assessment of the population health status in a system of social and hygienic monitoring at the regional level (on the example of Tula region)*: Diss. Moscow; 2002.

References

1. WHO. Iron in drinking water. Geneva; 2003.
2. World water technologies. Available at: <http://wwtec.ru/index.php?id=216> (in Russian)
3. Kanatnikova N.V., Egorova N.A., Zakharchenko G.L. Hygienic estimation of subsoil water for public drinking water supply of Orel. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(4): 32–5. (in Russian)
4. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Geneva; 2011.
5. Parameters of water quality – Interpretation and Standards. EPA; 2001.
6. Bobun I.I., Ivanov S.I., Unguryanu T.N., Gudkov A.B., Lazareva N.K. Regional standardization of water chemical substances in case of the Arkhangelsk region. *Gigiena i sanitariya*. 2011; 90(3): 91–5. (in Russian)
7. Rakhmanin Yu.A., Krasovskiy G.N., Egorova N.A., Mikhaylova R.I. 100 years of drinking water regulation. retrospective review, current situation and prospects. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(2): 5–18. (in Russian)
8. Kiku P.F., Gorborukova T.V., Anan'ev V.Yu. The spread of ecology-dependant diseases of the genitourinary system in bioclimatic zones of the Primorsky krai. *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(5): 87–91. (in Russian)
9. Skudarnov S.E., Kurkatov S.V. Incidence of non-communicable diseases and health risks due to potable water quality. *Gigiena i sanitariya*. 2011; 90(6): 30–2. (in Russian)