

© Васильев В.В., Рябинина Т.В., Перекусихин М.В., Васильев Е.В., 2021

УДК 613.956

**Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области**В.В. Васильев<sup>1,2</sup>, Т.В. Рябинина<sup>3</sup>, М.В. Перекусихин<sup>1,4</sup>, Е.В. Васильев<sup>3</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,  
ул. Красная, д. 40, г. Пенза, 440026, Российская Федерация<sup>2</sup>Пензенский институт усовершенствования врачей филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава  
России, ул. Стасова, д. 8А, г. Пенза, 440060, Российская Федерация<sup>3</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»,  
ул. Маршала Крылова, д. 3, г. Пенза, 440026, Российская Федерация<sup>4</sup>Управление Роспотребнадзора по Пензенской области,  
ул. Лермонтова, д. 38, г. Пенза, 440026, Российская Федерация

**Резюме:** *Введение.* Питьевая вода централизованных систем питьевого водоснабжения не всегда является безопасной по причине природного загрязнения различными химическими соединениями и микробиологического загрязнения в распределительной сети. В связи с этим возрастает роль службы, осуществляющей государственный надзор за качеством питьевой воды. *Цель исследования* – оценить качество питьевой воды и связанный с ним риск здоровью, обосновать первоочередные меры по улучшению качества воды в системах централизованного водоснабжения региона. *Материалы и методы.* Объектом исследования являлись результаты изучения питьевой воды, полученные в ходе осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора, при проведении социально-гигиенического мониторинга, и показатели заболеваемости населения в 27 районах Пензенской области и областном центре за 2014–2019 гг. Риск здоровью от перорального поступления химических веществ с питьевой водой оценивали в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04. Статистическую связь изучали корреляционным методом. *Результаты исследования.* На территории Пензенской области качество воды в системах централизованного водоснабжения при использовании подземных источников определяется химическим составом эксплуатируемых водоносных горизонтов, с учетом которых территория области распределена на четыре зоны. Наиболее неблагоприятной является четвертая зона, где в питьевой воде распределительной сети содержание железа, фторидов и бора природного происхождения многократно превышает ПДК, а коэффициент опасности по фторидам оказался выше допустимого значения (H<sub>Q</sub> = 2,845 – для детей, H<sub>Q</sub> = 1,219 – для взрослых). В третьей зоне основной вклад в развитие риска заболеваний слизистых и кожи (H<sub>I</sub> = 0,296), иммунной системы (H<sub>I</sub> = 0,311), кроветворной системы (H = 0,473) у детей вносит железо, между среднегодовой концентрацией которого и заболеваемостью детей болезнями мочеполовой системы, гастритами и дуоденитами имеется сильная корреляционная связь. Хотя доля населения, обеспеченного доброкачественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, увеличилась с 86,5 % в 2014 г. до 89,4 % в 2019 г., целевой показатель, предусмотренный региональным проектом «Чистая вода» на 2019 год, не достигнут. *Заключение.* Результаты проведенного исследования учтены при внесении в 2020 году дополнений в региональный проект «Чистая вода», в соответствии с которым для обеспечения населения качественной питьевой водой предусматривается строительство станций обезжелезивания и бурение новых скважин с низким содержанием фтора.

**Ключевые слова:** питьевая вода из систем централизованного водоснабжения, надзор за качеством воды.

**Для цитирования:** Васильев В.В., Т.В. Рябинина, М.В. Перекусихин, Е.В. Васильев. Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42>

**Информация об авторах:**

✉ **Васильев** Валерий Валентинович – д.м.н., профессор кафедры «Гигиена, общественное здоровье и здравоохранение» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»; e-mail: [vvv1755@yandex.ru](mailto:vvv1755@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7045-2489>.

**Рябинина** Тамара Владимировна – к.м.н., главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»; e-mail: [gigiena@cge58.ru](mailto:gigiena@cge58.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5997-4502>.

**Перекусихин** Михаил Владимирович – к.м.н., руководитель Управление Роспотребнадзора по Пензенской области; e-mail: [sanepid@sura.ru](mailto:sanepid@sura.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7407-9493>.

**Васильев** Евгений Валериевич – врач по общей гигиене ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»; e-mail: [vasilev-ev87@mail.ru](mailto:vasilev-ev87@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2699-8692>.

**Provision of Safe Drinking Water to the Local Population within the Clean Water Project Implemented in the Penza Region**V.V. Vasilyev,<sup>1,2</sup> T.V. Ryabinina,<sup>3</sup> M.V. Perekusihin,<sup>1,4</sup> E.V. Vasilev<sup>3</sup><sup>1</sup>Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, 440026, Russian Federation<sup>n</sup><sup>2</sup>Penza Institute for Advanced Medical Training, Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Russian Ministry of Health, 8A Stasov Street, Penza, 440060, Russian Federation<sup>3</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region, 3 Marshal Krylov Street, Penza, 440026, Russian Federation<sup>4</sup>Rospotrebnadzor Office in the Penza Region, 38 Lermontov Street, Penza, 440026, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* Drinking water from centralized drinking water supply systems is not always safe due to its natural pollution with various chemicals and microbiological contamination occurring in the distribution system. In this regard, the role of the service exercising governmental water quality surveillance is growing. The *purpose* of the study was to assess the quality of drinking water and the associated health risk and to substantiate priority measures aimed at improving the quality of water in the centralized water supply systems of the region. *Materials and methods:* We examined the results of drinking water quality testing performed within the implementation of sanitary and epidemiological surveillance and socio-hygienic monitoring and incidence rates in morbidity of population in 27 districts of the Penza Region and the regional center for the years 2014–2019. Health risks from oral exposures to waterborne chemicals were assessed in accordance with Guidelines R 2.1.10.1920–04. The statistical relationship was studied by the correlation method. *Results:* We established that water quality in the centralized water supply systems fed by underground sources is determined by the chemical composition of the exploited aquifers that divide the territory of the Penza Region into four zones. The worst water quality was observed in the fourth zone where concentrations of natural iron, fluorides and boron in tap water were many times higher than their maximum permissible levels and the hazard quotient for fluorides exceeded the limit value (H<sub>Q</sub> = 2.845 for children and 1.219 for adults). In the third zone, iron posed the highest risks of diseases of mucosa and skin (H<sub>I</sub> = 0.296), the immune system (H<sub>I</sub> = 0.311), and hematopoietic system (H = 0.473) in children; we also established a strong correlation between the average annual

concentration of iron in tap water and the incidence of genitourinary disorders, gastritis and duodenitis in the child population. Although the share of the population supplied with safe drinking water from centralized water supply systems increased from 86.5 % in 2014 to 89.4 % in 2019, the target set within the Regional Clean Water Project for 2019 was not achieved. *Conclusion:* The study results were taken into account when making additions to the Regional Clean Water Project in 2020 envisaging construction of iron removal plants and water well drilling in areas with low fluorine levels.

**Keywords:** drinking water from centralized water supply systems, water quality surveillance.

**For citation:** Vasilyev VV, Ryabinina TV, Perekusihin MV, Vasilev EV. Provision of safe drinking water to the local population within the Clean Water Project implemented in the Penza Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):35–42. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42>

**Author information:**

✉ Valery V. Vasilyev, D.M.Sc., Professor, Department for Hygiene, Public Health and Health Care, Penza State University; e-mail: [vv1755@yandex.ru](mailto:vv1755@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7045-2489>.

Tamara V. Ryabinina, Candidate of Medical Sciences, Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region; e-mail: [gigiena@cge58.ru](mailto:gigiena@cge58.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5997-4502>.

Mikhail V. Perekusihin, Chief, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor) in the Penza Region; e-mail: [sanepid@sura.ru](mailto:sanepid@sura.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7407-9493>.

Evgeny V. Vasilev, hygienist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region; e-mail: [vasilev-ev87@mail.ru](mailto:vasilev-ev87@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2699-8692>.

**Введение.** Адекватное водоснабжение, а именно доступность качественной и безопасной питьевой воды во всех регионах мира вне зависимости от различий в уровне доходов между странами, считается важнейшей задачей, от решения которой напрямую зависят состояние здоровья, качество жизни населения и демографические показатели [1–4]. Недостаточное потребление воды ухудшает когнитивные функции [5]. Чаще всего питьевая вода не соответствует требованиям нормативов по минеральному составу и содержанию железа, марганца и фторидов [6–9], что в большинстве случаев обусловлено природными особенностями их распространения в подземных водах. С избыточным присутствием железа в питьевой воде могут быть связаны повышенная сухость кожи, увеличение риска сердечных заболеваний, мочекаменной и желчекаменной болезни, аллергических проявлений [10]. Кроме того, питьевая вода с высокой концентрацией железа имеет неприятные органолептические показатели по вкусу и цвету, вызывает эксплуатационные проблемы [11]. В повышенных концентрациях марганец оказывает негативное воздействие на нервную систему [12], а фтор приводит к флюорозу зубов и деформирующему остеоартрозу [13], нарушениям нервно-психического развития [14]. Негативное влияние на состояние подземных и поверхностных вод может оказывать антропогенное воздействие, в результате которого возникает превышение в питьевой воде содержания ряда химических веществ, в том числе нитратов [15], а также происходит микробиологическое загрязнение [16–18]. Обеззараживание питьевой воды хлором приводит к образованию в ней более 600 потенциально вредных побочных продуктов дезинфекции [19], многие из которых обладают цитотоксичными, генотоксичными, канцерогенными и мутагенными эффектами. Потребление питьевой воды, содержащей побочные продукты дезинфекции в значительных концентрациях, может привести к осложнениям со стороны

печени, почек, центральной нервной системы, увеличению риска рака [20–22].

Опубликованные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) данные свидетельствуют о том, что в 2017 году 29 % населения земного шара, то есть 2,2 миллиарда человек, не были обеспечены безопасным и доступным питьевым водоснабжением<sup>1</sup>. По оценкам ВОЗ, на диарею, возникающую вследствие микробиологического загрязнения питьевой воды, приходится ежегодно не менее 3,5 % суммарного глобального бремени болезней, от нее же ежегодно умирают 829 000 человек<sup>2</sup>. В мире до 3,1 % случаев смерти происходит из-за некачественной и небезопасной в эпидемиологическом отношении питьевой воды [23]. С целью защиты здоровья населения ВОЗ рекомендует странам разрабатывать и внедрять планы обеспечения безопасности воды, начиная от водосбора до потребителя [24]. Каждый доллар, вложенный в водоснабжение и санитарию, приносит доход в 4,3 доллара [25]. Для обеспечения качества и безопасности питьевой воды, наряду с инвестициями, необходим независимый санитарный и эпидемиологический надзор за питьевой водой, а также оценка риска здоровью [26, 27].

В 2019 году в Российской Федерации качественной водой из систем централизованного водоснабжения (СЦВ) было обеспечено 85,5 % населения (от 7,4 до 99,4 % в регионах)<sup>3</sup>, что свидетельствует об актуальности этой проблемы как на государственном, так и региональном уровне. Федеральным проектом «Чистая вода»<sup>4</sup>, реализуемым в стране с октября 2018 года, предусмотрено повышение качества питьевой воды за счет технического перевооружения процесса водоподготовки и систем водоснабжения, а также увеличение к концу 2024 года доли населения, обеспеченного качественной водой из СЦВ, до 90,8 %, в городах — до 99 %. Для успешной реализации проекта потребуются повышение эффективности надзора в каждом регионе страны, сопровождающегося

<sup>1</sup> Доклад ВОЗ/ЮНИСЕФ по доступу к воде и санитарии [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения: 20.08.2020).

<sup>2</sup> Информационный бюллетень: питьевая вода [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения: 20.08.2020).

<sup>3</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 299 с. [Электронный ресурс] Доступно по: [https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=14933](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933) (дата обращения: 21.08.2020).

<sup>4</sup> Паспорт федерального проекта «Чистая вода» [Электронный ресурс] // Минстрой России. Доступно по: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17692/> (дата обращения: 02.08.2020).

анализом и управлением рисками, связанными с питьевой водой.

Все вышесказанное обусловило **цель исследования** — оценить качество питьевой воды и связанный с ним риск здоровью, обосновать первоочередные меры по улучшению качества воды в системах централизованного водоснабжения региона.

**Материалы и методы.** Объектами исследования являлись системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Пензы и Пензенской области. Для анализа состояния качества питьевой воды в системах ЦПВ использованы данные формы № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» за 2014–2019 гг.<sup>5</sup>, результаты исследований питьевой воды при осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора и проведении социально-гигиенического мониторинга, выполненных в 2014–2019 гг. лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области». В питьевой воде определялись 20 химических веществ различных классов опасности (алюминий, аммиак, бор, железо, кадмий, марганец, медь, молибден, нитраты, нитриты, ртуть, свинец, хлориды, фтор, хлориды, хром (6-валентный), цианиды, цинк), а также жесткость общая, минерализация.

Оценка влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона проводилась отдельно для четырех зон. К первой зоне, где используется поверхностный источник СЦВ, отнесены г. Пенза и г. Заречный. Во вторую зону, где подземные источники эксплуатируют отложения мелового возраста, вошли 17 муниципальных районов западной части области. К третьей зоне, включающей восточную часть с палеогеновыми водоносными горизонтами, отнесено 7 муниципальных районов и г. Кузнецк, а также Иссинский и Пензенский районы центральной части области. Территория Бессоновского района, где преобладает каменноугольный водоносный горизонт, вошла в четвертую зону.

Расчет неканцерогенного риска поступления химических веществ с питьевой водой в четырех зонах области, отличающихся присутствием в воде приоритетных соединений, проводился в соответствии с Р 2.1.10.1920–04<sup>6</sup>.

Суммарные индексы опасности для химических веществ однонаправленного действия рассчитаны с использованием стандартных факторов экспозиции для взрослого населения и детей до 6 лет.

Установление возможной связи между заболеваемостью населения и приоритетными загрязнителями питьевой воды проводилось с использованием корреляционного анализа. Обеспеченность населения региона качественной

питьевой водой оценивалась в соответствии с МР 2.1.4.0143–19<sup>7</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Централизованное водоснабжение населения в г. Пензе и г. Заречном осуществляется из поверхностного источника — Сурского водохранилища с общей производительностью 400 тысяч м<sup>3</sup>/сут., в остальных населенных пунктах — из 1582 подземных источников, суммарная добыча воды из которых составляет 86,927 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Хотя доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 40 %, большая часть населения области (54,8 %) обеспечивается питьевой водой из подземных, а 45,2 % — из поверхностных источников водоснабжения.

Для воды Сурского водохранилища характерно повышенное природное содержание железа (среднегодовая концентрация составляет  $0,3 \pm 0,064$  мг/л), меди ( $0,41 \pm 0,017$  мг/л), марганца ( $0,12 \pm 0,045$  мг/л). Фоновое содержание химических веществ в воде подземных источников зависит от эксплуатируемых водоносных горизонтов. Качество воды 870 источников подземных вод (55 % от их общего количества), расположенных преимущественно в западной и частично в центральной части области и эксплуатирующих отложения мелового возраста (зеландский, сеноман-кампанский, альбский, верхнедевонско-каменноугольный водоносные горизонты), по основным определяемым компонентам соответствует санитарным нормам. Эти воды относятся к гидрокарбонатным кальциево-натриевым со средней минерализацией  $346,2 \pm 29,8$  мг/л и жесткостью  $3,49 \pm 0,21$  мг-экв/л. В редких случаях в них отмечается повышенная минерализация (до 1294 мг/л) и жесткость (до 9,1 мг-экв/л). Воды палеогеновых водоносных горизонтов, используемые в восточной и центральной частях области, являются сульфатно-гидрокарбонатными натриево-кальциевыми, отличаются значительным содержанием железа ( $0,4–1,7$  мг/л) и слабой минерализацией ( $209,4 \pm 21,6$  мг/л).

В центральной части региона на территории Бессоновского района для подземных источников, эксплуатирующих каменноугольный водоносный горизонт, свойственно повышенное содержание в воде фтора ( $1,6–5,1$  мг/л), бора ( $0,6–2,9$  мг/л), железа ( $0,3–0,9$  мг/л).

Анализ тенденций изменения качества воды в источниках водоснабжения позволяет говорить о его стабилизации по микробиологическим показателям за последние 6 лет и отсутствии такого тренда по санитарно-химическим показателям (табл. 1). Следует отметить, что в качестве воды в распределительной сети водопроводов наметилась устойчивая тенденция к улучшению. Так, в сравнении с 2014 г. доля проб питьевой воды, не отвечающей гигиеническим

<sup>5</sup> Форма № 18 федерального статистического наблюдения «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» за 2000–2019 гг. [Электронный ресурс] Доступно по: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=44&documentId=41120> (дата обращения: 20.01.2020).

<sup>6</sup> Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [Электронный ресурс] Доступно по: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293853/4293853015.htm> (дата обращения: 20.01.2020).

<sup>7</sup> МР 2.1.4.0143–19 «Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой системами централизованного питьевого водоснабжения: методические рекомендации» / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.03.2019 (с изменениями от 11.11.2019) [Электронный ресурс] Доступно по: <https://legalacts.ru/doc/mr-2140143-19-214-pitevaja-voda-i-vodosnabzhenie-naselennykh-mest/> (дата обращения: 20.01.2020).



нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2019 г. снизилась на 1,0 % и составила 6,6 %, а по микробиологическим показателям уменьшилась на 2,4 % и составила 2,2 %, что значительно ниже, чем аналогичные показатели в целом по Российской Федерации, — соответственно 12,38 и 2,68 % в 2019 году.

В 2014–2019 гг. в рамках регионального социально-гигиенического мониторинга исследование питьевой воды проводилось на 25 мониторинговых точках по 9 показателям (жесткость общая, цветность, мутность, минерализация, хлориды, железо, фториды, бор, марганец). Согласно результатам исследований, к приоритетным загрязнителям питьевой воды СЦВ относятся фториды, бор, железо, случаи превышения которых, как правило, встречаются в водопроводах, эксплуатируемых в населенных пунктах, расположенных в 3-й и 4-й зонах. Так, в г. Кузнецке, Кузнецком и Городищенском районах (3-я зона) превышение по железу составило от 1,1 до 5,8 ПДК. В Бессоновском районе (4-я зона) в 2019 г. превышение по железу составило от 1,1 до 3,8 ПДК, по бору — 2,1–5,7 ПДК, по фторидам — 1,1–5,3 ПДК. В целом по всем точкам мониторинга доля неудовлетворительных проб питьевой воды из СЦВ по санитарно-химическим показателям составила 6,4 %, из которых 1,3 % приходится на несоответствие гигиеническим нормативам по таким показателям, как жесткость общая, цветность, мутность, минерализация, хлориды. Доля проб питьевой воды, не соответствующей нормативам по микробиологическим показателям, не превышает 1,4 %, но на территории ряда населенных пунктов Нижнеломовского района (2-я зона) не соответствуют требованиям нормативов до 16,7 % проб.

При расчете коэффициентов опасности химических веществ, исходя из среднесуточных концентраций в питьевой воде из СЦВ, превышения допустимых значений (1,0 и более) как для детей, так и для взрослых в 1-й, 2-й и 3-й зонах не выявлено. В то же время в 3-й зоне неканцерогенный риск по железу оказался значительно выше, чем в остальных зонах ( $HQ = 0,294$  — для детей,  $0,126$  — для взрослых). В четвертой зоне, а именно на территории Бессоновского района, коэффициент опасности по фторидам выше допустимого значения ( $HQ = 2,845$  для детей,  $HQ = 1,219$  — для взрослых). С учетом токсичности фтора и его производных, прежде всего для детей [28],

мероприятия по обеспечению населения питьевой водой, содержащей фтор не выше 1 ПДК, является приоритетной задачей. Частично данная проблема решается путем приобретения и использования фильтров обратно-осмотического типа по дефторированию питьевой воды в ряде дошкольных образовательных учреждений и образовательных организаций района.

В Бессоновском районе коэффициенты опасности по бору, составляющие для детей и взрослых соответственно  $HQ = 0,243$  и  $HQ = 0,104$ , также существенно выше, чем в остальных зонах (табл. 2). Хотя неканцерогенный риск по бору не превышает допустимого значения, но повышенное содержание в питьевой воде позволяет отнести его к одним из возможных факторов неблагоприятного воздействия на здоровье. Формы бора, присутствующего в воде, признаны потенциально токсичными, а длительное употребление такой воды раздражает желудок и может привести к энтериту и отравлению [29, 30]. Проблема усугубляется тем, что обычные технологии очистки питьевой воды (седиментация, коагуляция, фильтрация) не позволяют добиться нормативного значения на территориях с высоким содержанием природного бора [31], поэтому требуется применение специальных методов очистки воды.

Суммарные индексы опасности (НИ) по исследованным химическим веществам, односторонне воздействующим на органы и системы, свидетельствуют о минимальном (пренебрежимом) риске для детей и взрослых. Лишь по воздействию фторидов на зубы и костную систему детей в 4-й зоне значение индекса опасности превышает верхнюю границу референтного уровня ( $> 3,0$ ); для взрослого населения  $НИ = 2,106$ , что говорит о низком риске (табл. 3).

Определенное значение в развитии риска заболеваний желудочно-кишечного тракта для детей в 4-й зоне может представлять бор ( $НИ = 0,295$ ). В 3-й зоне основной вклад в развитие риска заболеваний у детей слизистых и кожи ( $НИ = 0,296$ ), иммунной системы ( $НИ = 0,311$ ), системы крови ( $НИ = 0,473$ ) вносит железо.

В связи с тем, что аккредитованными лабораториями региона не исследуется содержание побочных продуктов хлорирования питьевой воды, считающихся потенциальными факторами развития онкологических заболеваний у населения [20, 22], расчет канцерогенного

**Таблица 1. Доля проб питьевой воды, не отвечающей гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям в Пензенской области (%)**

**Table 1. The proportion of samples noncompliant with chemical and microbiological drinking water quality standards in the Penza Region (%)**

| Объекты и показатели / Objects and water quality indices | Годы / Years |      |      |      |      |      |
|--|--------------|------|------|------|------|------|
|  | 2014         | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Источники водоснабжения / Water supply sources:          |              |      |      |      |      |      |
| санитарно-химические / chemical                          | 14,5         | 6,8  | 7,0  | 19,0 | 16,5 | 17,4 |
| микробиологические / microbiological                     | 6,5          | 6,2  | 4,8  | 6,2  | 6,1  | 4,3  |
| Распределительная сеть / Distribution system:            |              |      |      |      |      |      |
| санитарно-химические / chemical                          | 7,6          | 7,4  | 7,2  | 8,9  | 8,5  | 6,6  |
| микробиологические / microbiological                     | 4,6          | 4,5  | 3,6  | 3,8  | 3,4  | 2,2  |

риска по хлорорганическим соединениям не проводился.

Результаты корреляционного анализа содержания в питьевой воде химических веществ и заболеваемости населения за 2014–2019 гг. позволяют говорить о возможном влиянии железа на развитие ряда заболеваний. Установлено, что в 3-й зоне заболеваемость болезнями мочеполовой системы среди детей имеет сильную связь со среднегодовой концентрацией железа ( $r = 0,81$ ;  $P < 0,05$ ); в 4-й зоне отмечается корреляционная связь средней силы ( $r = 0,56$ ;  $P < 0,05$ ). Обнаруженная связь между содержанием железа и заболеваемостью гастритами и дуоденитами детей и подростков в 3-й зоне является сильной ( $r = 0,73$ ;  $P < 0,05$ ). Полученные нами данные согласуются с результатами исследований [10, 32], подтверждающих связь повышенного содержания железа в питьевой воде с заболеваемостью. Корреляционная связь между среднегодовой концентрацией бора в питьевой воде в 4-й зоне и заболеваемостью детей болезнями органов пищеварения, имеющая средней силы связь ( $r = 0,41$ ), статистически недостоверна ( $P > 0,05$ ).

Оценка обеспеченности населения Пензенской области доброкачественной водой показала, что доля населения, обеспеченной качественной питьевой водой из СЦВ, в 2019 году составила 89,4 %, что ниже целевого показателя, предусмотренного региональным проектом «Чистая вода» на 2019 год (98,1 %), среди городского населения – соответственно 94,2 % и 99,3 %. Следует отметить, что показатели обеспеченности населения качественной водой в 2019 г. в области несколько лучше, чем в среднем по стране (85,5 и 93,2 % соответственно).

В 2019 г. из-за превышения железа жители 22 населенных пунктов (68 142 человек) в 3-й зоне, из-за превышения железа и фтора жители 11 населенных пунктов (46 446 человек) в 4-й зоне, из-за несоответствия по микробиологическим показателям жители 4 населенных пунктов (21 407 человек) и из-за превышения жесткости, цветности, мутности, минерализации, хлоридов жители 9 поселений (3059 человек) во 2-й зоне не обеспечены качественной питьевой водой из СЦВ. Полученные нами данные

Таблица 2. Коэффициенты опасности (HQ) воздействия химических веществ, поступающих перорально с питьевой водой  
Table 2. Hazard quotients (HQ) for oral exposure to chemicals in tap water

| Вещества / Chemicals                                     | 1-я зона / Zone 1       | 2-я зона / Zone 2       | 3-я зона / Zone 3       | 4-я зона / Zone 4       | Критические органы и системы / Target organs and systems  |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Нитраты (по $\text{NO}_3$ ) / Nitrates ( $\text{NO}_3$ ) | $\frac{0,037}{0,086}$   | $\frac{0,035}{0,082}$   | $\frac{0,033}{0,077}$   | $\frac{0,036}{0,084}$   | Кроветворная система, CCC / Hematopoietic system, cardiovascular system   |
| Нитриты (по $\text{NO}_2$ ) / Nitrites ( $\text{NO}_2$ ) | $\frac{0,016}{0,038}$   | $\frac{0,008}{0,019}$   | $\frac{0,011}{0,025}$   | $\frac{0,010}{0,023}$   | Кроветворная система / Hematopoietic system   |
| Железо / Iron  | $\frac{0,032}{0,074}$   | $\frac{0,025}{0,060}$   | $\frac{0,126}{0,294}$   | $\frac{0,078}{0,183}$   | Слизистые, кожа, крове-творная система, иммунная система / Mucosa, skin, hematopoietic system, immune system  |
| Фтор / Fluorine  | $\frac{0,146}{0,340}$   | $\frac{0,127}{0,277}$   | $\frac{0,105}{0,245}$   | $\frac{1,219}{2,845}$   | Зубы, костная система / Teeth, skeletal system  |
| Алюминий / Aluminum                                      | $\frac{0,0046}{0,0108}$ | $\frac{0,0013}{0,0032}$ | $\frac{0,0011}{0,0025}$ | $\frac{0,0012}{0,0027}$ | ЦНС / Central nervous system  |
| Бор / Boron  | $\frac{0,015}{0,035}$   | $\frac{0,005}{0,013}$   | $\frac{0,007}{0,016}$   | $\frac{0,104}{0,243}$   | Репродуктивная система, ЖКТ, процессы развития / Reproductive system, gastrointestinal tract, developmental processes   |
| Марганец / Manganese                                     | $\frac{0,016}{0,036}$   | $\frac{0,012}{0,027}$   | $\frac{0,018}{0,041}$   | $\frac{0,014}{0,032}$   | ЦНС, кроветворная система / Central nervous system, hematopoietic system  |
| Медь / Copper  | $\frac{0,026}{0,060}$   | $\frac{0,017}{0,040}$   | $\frac{0,019}{0,044}$   | $\frac{0,022}{0,050}$   | ЖКТ, печень / Gastrointestinal tract, liver   |
| Кадмий / Cadmium   | $\frac{0,022}{0,051}$   | $\frac{0,005}{0,013}$   | $\frac{0,011}{0,025}$   | $\frac{0,016}{0,038}$   | Почки, эндокринная система / Kidney, endocrine system   |
| Ртуть / Mercury  | $\frac{0,009}{0,021}$   | $\frac{0,005}{0,013}$   | $\frac{0,007}{0,017}$   | $\frac{0,008}{0,019}$   | Иммунная система, почки, ЦНС, репродуктивная система, эндокринная система / Immune system, kidney, central nervous system, reproductive system, endocrine system  |
| Свинец / Lead  | $\frac{0,025}{0,058}$   | $\frac{0,010}{0,024}$   | $\frac{0,013}{0,031}$   | $\frac{0,016}{0,038}$   | ЦНС, нервная система, кровь, процессы развития, репродуктивная система, эндокринная система / Central nervous system, nervous system, blood, developmental processes, reproductive system, endocrine system |
| Цианиды / Cyanides                                       | $\frac{0,011}{0,026}$   | $\frac{0,004}{0,009}$   | $\frac{0,005}{0,013}$   | $\frac{0,006}{0,014}$   | Нервная система, эндокринная система / Nervous system, endocrine system   |
| Цинк / Zinc  | $\frac{0,0027}{0,0064}$ | $\frac{0,0018}{0,0043}$ | $\frac{0,0024}{0,0055}$ | $\frac{0,0021}{0,0049}$ | Кроветворная система / Hematopoietic system   |
| Хром / Chromium  | $\frac{0,0044}{0,010}$  | $\frac{0,0005}{0,0013}$ | $\frac{0,0016}{0,0038}$ | $\frac{0,0011}{0,0025}$ | Печень, почки, ЖКТ, слизистые / Liver, kidney, gastrointestinal tract, mucosa   |

Примечание: в числителе для взрослых HQ, в знаменателе – для детей.

Notes: HI for adults is in the numerator and that for children – in the denominator.

Таблица 3. Суммарные индексы опасности (НИ) для веществ однонаправленного действия  
Table 3. Total hazard indices (HI) for the chemicals posing similar health risks

| Критические органы и системы / Target organs and systems | 1-я зона / Zone 1     | 2-я зона / Zone 2     | 3-я зона / Zone 3     | 4-я зона / Zone 4     |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Кроветворная система / Hematopoietic system              | $\frac{0,129}{0,298}$ | $\frac{0,092}{0,216}$ | $\frac{0,203}{0,473}$ | $\frac{0,156}{0,365}$ |
| Сердечно-сосудистая система / Cardiovascular system      | $\frac{0,037}{0,086}$ | $\frac{0,035}{0,082}$ | $\frac{0,033}{0,077}$ | $\frac{0,036}{0,084}$ |
| Слизистые, кожа / Mucous membranes, skin                 | $\frac{0,036}{0,084}$ | $\frac{0,026}{0,060}$ | $\frac{0,128}{0,296}$ | $\frac{0,079}{0,185}$ |
| Иммунная система / Immune system                         | $\frac{0,041}{0,095}$ | $\frac{0,030}{0,073}$ | $\frac{0,133}{0,311}$ | $\frac{0,086}{0,202}$ |
| Центральная нервная система / Central nervous system     | $\frac{0,055}{0,126}$ | $\frac{0,028}{0,067}$ | $\frac{0,039}{0,091}$ | $\frac{0,039}{0,092}$ |
| Эндокринная система / Endocrine system                   | $\frac{0,067}{0,156}$ | $\frac{0,024}{0,059}$ | $\frac{0,036}{0,086}$ | $\frac{0,046}{0,109}$ |
| Репродуктивная система / Reproductive system             | $\frac{0,049}{0,114}$ | $\frac{0,020}{0,050}$ | $\frac{0,027}{0,064}$ | $\frac{0,128}{0,300}$ |
| Нервная система / Nervous system                         | $\frac{0,036}{0,084}$ | $\frac{0,014}{0,033}$ | $\frac{0,018}{0,044}$ | $\frac{0,022}{0,052}$ |
| Процессы развития / Development processes                | $\frac{0,040}{0,093}$ | $\frac{0,015}{0,037}$ | $\frac{0,020}{0,047}$ | $\frac{0,120}{0,268}$ |
| Желудочно-кишечный тракт / Gastrointestinal tract        | $\frac{0,045}{0,105}$ | $\frac{0,022}{0,054}$ | $\frac{0,028}{0,063}$ | $\frac{0,127}{0,295}$ |
| Печень / Liver   | $\frac{0,030}{0,070}$ | $\frac{0,017}{0,041}$ | $\frac{0,021}{0,048}$ | $\frac{0,023}{0,052}$ |
| Почки / Kidney   | $\frac{0,035}{0,082}$ | $\frac{0,010}{0,027}$ | $\frac{0,019}{0,046}$ | $\frac{0,025}{0,059}$ |
| Зубы, костная система / Teeth, skeletal system           | $\frac{0,146}{0,340}$ | $\frac{0,127}{0,277}$ | $\frac{0,105}{0,245}$ | $\frac{1,219}{2,845}$ |
| Общий суммарный риск (ТНИ) / Total hazard index          | $\frac{0,746}{1,733}$ | $\frac{0,460}{1,076}$ | $\frac{0,810}{1,891}$ | $\frac{2,106}{4,908}$ |

Примечание: в числителе НИ для взрослых, в знаменателе – для детей.

Notes: HI for adults is in the numerator and that for children – in the denominator.

легли в основу внесения дополнений в региональный проект «Чистая вода»<sup>8</sup>, в соответствии с которыми запланировано строительство пяти станций водоподготовки и обезжелезивания – в 3-й и двух в 4-й зонах, а также четырех станций водоподготовки и хлорирования во второй зоне, станции глубокой очистки воды методом углевания на водоочистных сооружениях Сурского водозабора в 1-й зоне, строительство в 4-й зоне пяти артезианских скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты с низким содержанием фтора. Указанные мероприятия, являющиеся первоочередными, направлены на улучшение качества питьевой воды из СЦВ во всех четырех зонах, что позволит повысить долю населения, обеспеченного качественной питьевой водой, до уровня целевых показателей, предусмотренных региональным проектом «Чистая вода», – 99,2 %<sup>8</sup>.

Имевшее место повышение доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой с 86,5 % в 2014 г. до 89,4 % в 2019 г. согласуется с кластеризацией субъектов Российской Федерации [33], в соответствии с которой Пензенская область относится к регионам первого класса, где отмечается снижение заболеваемости, ассоциированной с питьевой водой. В то же время в Пензенской области отмечается

совершенствование надзорной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и реализуются предложенные гигиенические мероприятия с учетом риск-ориентированного подхода к обеспечению населения доброкачественной питьевой водой.

#### Выводы

1. Согласно результатам многолетних исследований, к химическим веществам, содержащимся в питьевой воде в концентрациях, многократно превышающих нормативные значения, относятся железо, фтор и бор, что обусловлено природными особенностями эксплуатируемых водоносных горизонтов. Исходя из уровня содержания приоритетных химических веществ в питьевой воде из систем централизованного водоснабжения проведено зонирование территории области. Наиболее неблагоприятной является четвертая зона.

2. Неканцерогенный риск, рассчитанный по содержащимся в питьевой воде химическим веществам, относится к допустимым, за исключением в четвертой зоны, где коэффициент опасности по фторидам выше допустимого значения как у детей, так и у взрослых.

3. Нельзя исключить влияние повышенного содержания железа в питьевой воде на развитие

<sup>8</sup> Паспорт регионального проекта «Чистая вода» [Электронный ресурс] // Постановление Правительства Пензенской области от 24.08.2020 № 574-пП «О внесении изменений в государственную программу Пензенской области «Обеспечение жильем и коммунальными услугами населения Пензенской области на 2014–2024 годы», утвержденную постановлением Правительства Пензенской области от 01.11.2013 № 811-пП (с последующими изменениями). Доступно по: <https://pnzreg.ru/upload/iblock/0be/0be08c2de0635969f71972250ae78fbf.pdf> / (дата обращения: 30.08.2020).



у детей и подростков, проживающих в третьей и четвертой зонах, болезней мочеполовой системы, гастритов и дуоденитов.

4. Требуется проведение дополнительного исследования по изучению состояния здоровья населения, употребляющего питьевую воду с повышенным содержанием фтора, в ряде населенных пунктов Бессоновского района.

5. С учетом хлорирования питьевой воды на водозаборах с поверхностных источников необходимо в рамках социально-гигиенического мониторинга в распределительной сети водопроводов в г. Пензе и г. Заречном начать исследовать питьевую воду на хлорорганические соединения.

6. Для увеличения доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой, до уровня целевого показателя, предусмотренного региональным проектом «Чистая вода», необходимо выполнить первоочередные мероприятия по строительству и вводу в эксплуатацию скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты с низким содержанием природного фтора, станций водоподготовки и обезжелезивания, станций водоподготовки и хлорирования.

**Информация о вкладе авторов:** Васильев В.В. — разработка дизайна исследования; Рябинина Т.В. — получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Перекусихин М.В. — анализ полученных данных, написание текста рукописи; Васильев Е.В. — получение данных для анализа, написание текста рукописи.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

(пп. 1–6, 11, 12, 15, 17–21, 23, 24–29, 31 см. References)

- Кику П.Ф., Кислицина Л.В., Богданова В.Д. и др. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 94–101. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101.
- Аничкина Н.В. Фтор в природных водах Окско-Донской низменности и его влияние на здоровье населения // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 2. С. 12–20; Доступно по: <http://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35730> (дата обращения: 12.01.2020).
- Трифонов Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г. и др. Гигиеническая оценка содержания фтора в воде централизованного водоснабжения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 701–706. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706
- Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1049–1053. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053
- Султанов Р.Р. Риск развития флюороза зубов в регионах Российской Федерации // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2016. Т. 6 № 6. С. 1108.
- Фесенко М.Е., Комар В.Н., Стасюк А.И. Состояние нервно-психического развития детей, употребляющих питьевую воду с повышенным содержанием фтора // Здоровье ребенка. 2011. № 8 (35). С. 58–60.
- Байдакова Е.В., Унгуриян Т.Н., Крутская К.В. и др. Качество питьевого водоснабжения и степень эпидемиологической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области // Экология человека. 2019. № 5. С. 15–20.
- Сбоев А.С., Романенко К.В. Анализ влияния хлор-органических соединений, содержащихся в воде сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, на здоровье населения в городах Пермского края // Гигиена и санитария. 2017. Т. 95 № 1. С. 14–17. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-14-17
- Вербичская Г.В. Экспериментальные и полевые исследования по гигиенической оценке борсодержащей питьевой воды // Гигиена и санитария. 1975. № 7. С. 49–53.
- Кику П.Ф., Кислицина Л.В., Богданова В.Д. и др. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края // Экология человека. 2018. № 6. С. 12–17.
- Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.05

#### References

- Ferrero G, Setty K, Rickert B, *et al.* Capacity building and training approaches for water safety plans: a comprehensive literature review. *Int J Hyg Environ Health*. 2019; 222(4):615–627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.011>
- Kayser G, Loret JF, Setty K, *et al.* Water safety plans for water supply utilities in China, Cuba, France, Morocco and Spain: costs, benefits, and enabling environment elements. *Urban Water J*. 2019; 16(4):277–288. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1669191>
- Li P, Wu J. Drinking water quality and public health. *Expos Health*. 2019; 11:73–79. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>
- Setty K, O'Flaherty G, Enault J, *et al.* Assessing operational performance benefits of a Water Safety Plan implemented in Southwestern France. *Perspect Public Health*. 2018; 138(5):270–278. DOI: <https://doi.org/10.1177/1757913918787846>
- Kempton MJ, Ettinger U, Foster R, *et al.* Dehydration affects brain structure and function in healthy adolescents. *Hum Brain Mapp*. 2011; 32(1):71–79. DOI: <https://doi.org/10.1002/hbm.20999>
- Mohod CV, Dhote J. Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*. 2013; 2(7):2992–2996.
- Kiku PF, Kislitsyna LV, Bogdanova VD, *et al.* Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye Territory. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(1):94–101. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101>
- Anichkina NV. Fluoride in natural waters of the Oka-Don lowland and its impact on public health. *Ratsional'noye Pitaniye, Pishchevyye Dobavki i Biostimulyatory*. 2016; (2):12–20. (In Russian).
- Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, *et al.* Fluorine content in water of centralized water supply of the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(7):701–706. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706>
- Egorova NA, Kanatnikova NV. Effect of iron in drinking water on the morbidity rate in the population of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(11):1049–1053. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053>
- Jez-Walkowiak J, Dymaczewski Z, Szuster-Janiaczek A, *et al.* Efficiency of Mn removal of different filtration materials for groundwater treatment linking chemical and physical properties. *Water*. 2017; 9(7), 498. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9070498>
- Manganese in Drinking-water. Background document for development of *WHO Guidelines for Drinking-water*

- Quality. World Health Organization, 2011. 21 p. Available at: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/manganese.pdf/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf/en/). Accessed: 12 Jan 2020.
13. Sultanov RR. [The risk of developing dental fluorosis in the regions of the Russian Federation [abstract].] *Byulleten' Meditsinskikh Internet-Konferentsii*. 2016; 6(6):1108. (In Russian).
  14. Fesenko MYe, Komar VM, Stasyuk AI. Status of neuropsychological development of children who consume drinking water with high fluorine content. *Zdorov'ye Rebenka*. 2011; (8(35)):58–60. (In Ukrainian).
  15. Soldatova E, Sun Z, Maier S, et al. Shallow groundwater quality and associated non-cancer health risk in agricultural areas (Poyang Lake basin, China). *Environ Geochem Health*. 2018; 40:2223–2242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0094-z>
  16. Baydakova EV, Unguryanu TN, Krutskaya KV, et al. Quality of drinking water and epidemic risk of water-born infections in towns of the Arkhangelsk region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019; (5):15–20. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-5-15-20>
  17. Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Curr Environ Health Rpt*. 2015; 2:95–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0037-5>
  18. Abebe L, Karon AJ, Koltun AJ, et al. Microbial contamination of non-household drinking water sources: a systematic review. *J Water Sanit Hyg Dev*. 2018; 8(3):374–385. DOI: <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.080>
  19. Ahmed T, Scholz M, Al-Faraj F, et al. Water-related impacts of climate change on agriculture and subsequently on public health: A review for generalists with particular reference to Pakistan. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13(11):1051. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13111051>
  20. Hrudey SE, Backer LC, Humpage AR, et al. Evaluating evidence for association of human bladder cancer with drinking-water chlorination disinfection by-products. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2015; 18(5):213–241. DOI: <https://doi.org/10.1080/10937404.2015.1067661>
  21. Ceretti E, Moretti M, Zerbini I, et al. Occurrence and control of genotoxins in drinking water: a monitoring proposal. *J Public Health Res*. 2016; 5(3):769. DOI: <https://doi.org/10.4081/jphr.2016.769>
  22. Sboev AS, Romanenko CV. Analysis of the impact of organochlorine compounds contained in the water network of the domestic water supply on the health of population in cities of the Perm Krai. *Gigiena i Sanitariya*. 2016; 95(1):14–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-1-14-17>
  23. Pawari MJ, Gawande S. Ground water pollution & its consequence. *Int J Eng Res Gen Sci*. 2015; 3(4):773–776.
  24. Baum R, Bartram J. A systematic literature review of the enabling environment elements to improve implementation of water safety plans in high-income countries. *J Water Health*. 2018; 16(1):14–24. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2017.175>.
  25. Water, sanitation and hygiene. Monitoring of water supply and sanitation. World Health Organization. Available at: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/ru/](https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/ru/) Accessed: 20 Aug 2020.
  26. Strengthening drinking-water surveillance using risk-based approaches. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. World Health Organization. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/publications/2019/strengthening-drinking-water-surveillance-using-risk-based-approaches-2019>. Accessed: 20 Aug 2020.
  27. Surveillance and outbreak management of water-related infectious diseases associated with water-supply systems. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. World Health Organization. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/publications/2019/surveillance-and-outbreak-management-of-water-related-infectious-diseases-associated-with-water-supply-systems-2019>. Accessed: 20 Aug 2020.
  28. dos Santos CC, Santos EL, Goncalves F. Evaluation of contaminants in fluorosilicic acid used for public water fluoridation in the Santos region, Brazil. *Water Supply*. 2017; 17(4):921–928. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2016.191>
  29. Guidelines for Drinking-water Quality, 3<sup>rd</sup> edition: Volume 1 – Recommendations. Incorporating first and second addenda. World Health Organization, Geneva, 2008. 668 p. Available at: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/gdwq3rev/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq3rev/en/). Accessed: 20 Aug 2020.
  30. Verbitskaya GV. [Experimental and field studies of boron-containing drinking water quality.] *Gigiena i Sanitariya*. 1975; (7):49–53. (In Russian).
  31. Boron in drinking-water. Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization, Geneva, 2003. Available at: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/boron.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/boron.pdf). Accessed: 20 Aug 2020.
  32. Kiku PF, Kislitsina LV, Bogdanova VD, et al. Risk assessment sanitary-chemical indicators of water for the population of the Khasan district in Primorsky Krai. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018; (6):12–17. (In Russian).
  33. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, et al. Drinking water quality: health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis*. 2019; (2):44–55. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.05>

