

INTEGRAL ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY IN RESIDENTIAL DISTRICTS OF RYAZAN

Gavrikova AA, Dementiev AA, Solovyov DA [✉], Tsurgan AM, Paramonova VA, Korshunova EP

Pavlov Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

The quality of drinking water is one of the key factors defining the health of the population. The risk-based approach is one of the most effective drinking water quality assessment and control tools. This study aimed to make a comparative integral assessment of the quality of drinking water from a centralized water supply system in residential areas of Ryazan based on chemical safety indicators. We have considered organoleptic, non-carcinogenic and carcinogenic risks, and compiled an integral assessment based on MR 2.1.4.0032-11. The drinking water quality monitoring data used for the assessment came from the Center for Hygiene and Epidemiology in the Ryazan Region, and covered years 2017 through 2022. Identifying the hazards, we relied on the above-norm spikes in drinking water quality indicator values registered during the specified period. The maximum figures used to calculate the organoleptic risks had 98% confidence interval, while that for the data enabling non-carcinogenic and carcinogenic risk assessments was 95% (nonthreshold models), the said data reflecting the average long-term concentrations. The uncertainties inherent in the risk assessment stem from the limited list of indicators controlled in drinking water. In all residential districts of the city of Ryazan, the integral indicator (II) of the level of hazard of drinking water from the centralized water supply system exceeds the acceptable values, with the said level being the highest in Solotcha (II = 8.8) and Kanishchevo (II = 5.6). In all districts of the city, the indicator is largely shaped by the high organoleptic risk, which points to the need for respective mitigation measures.

Keywords: risk, drinking water, centralized water supply, integral indicator, chemical safety

Author contribution: Dementiev AA — study concept, text editing; Gavrikova AA — data collection, processing of the results, text authoring; Solovyov DA — text editing; Tsurgan AM — processing of the results; Korshunova EP — collection and processing of primary material; Paramonova VA — statistical data processing.

✉ **Correspondence should be addressed:** David A. Solovyov
ul. Chapaeva, 57, Ryazan, 390000, Russia; soldos1@yandex.ru

Received: 28.10.2024 **Accepted:** 12.01.2025 **Published online:** 16.03.2025

DOI: 10.24075/rbh.2025.119

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ Г. РЯЗАНИ

А. А. Гаврикова, А. А. Дементьев, Д. А. Соловьев [✉], А. М. Цурган, В. А. Парамонова, Е. П. Коршунова

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Рязань, Россия

Качество питьевой воды является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье населения. Рискоориентированный подход является одним из наиболее эффективных инструментов количественной оценки и управления качеством питьевой воды. Целью исследования было выполнить сравнительную интегральную оценку качества питьевой воды централизованной системы водоснабжения в жилых районах г. Рязани по показателям химической безвредности. Проведена сравнительная оценка органолептических, неканцерогенных и канцерогенных рисков, а также интегральная оценка питьевой воды централизованной системы водоснабжения в жилых районах г. Рязани по показателям химической безвредности на основании MR 2.1.4.0032-11. Для оценки рисков использовали данные мониторинга качества питьевой воды санитарно-химической лаборатории ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии в Рязанской области» за 2017–2022 гг. На стадии идентификации опасности в ходе исследования использовали показатели качества питьевой воды, полученные в течение указанного периода и когда-либо превышавшие гигиенические нормативы. Для расчета органолептических рисков использовали максимальные показатели 98%-й вероятностной обеспеченности, тогда как неканцерогенный и канцерогенный риски рассчитывали по средним многолетним концентрациям 95%-й вероятностной обеспеченности по беспороговым моделям. К неопределенностям оценки риска следует отнести ограниченный перечень показателей, контролируемых в питьевой воде. Во всех жилых районах города Рязани интегральный показатель (ИП) опасности питьевой воды централизованной системы водоснабжения превышает приемлемые значения, при этом наибольшей опасностью характеризуется питьевая вода в жилом районе Солотча (ИП = 8,8), а наименьшей — в районе Канищево (ИП = 5,6). При этом основной вклад в формирование ИП опасности питьевой воды во всех районах города вносит высокий органолептический риск, что свидетельствует о необходимости реализации мероприятий по его снижению.

Ключевые слова: риск, питьевая вода, централизованное водоснабжение, интегральный показатель, химическая безвредность

Вклад авторов: А. А. Дементьев — разработка концепции исследования, редактирование текста; А. А. Гаврикова — сбор и обработка результатов исследования, написание текста; Д. А. Соловьев — редактирование текста; А. А. Цурган — обработка результатов; Е. П. Коршунова — сбор и обработка первичного материала; В. А. Парамонова — статистическая обработка данных.

✉ **Для корреспонденции:** Давид Андреевич Соловьев
ул. Чапаева, д. 57, г. Рязань, 390000, Россия; soldos1@yandex.ru

Статья получена: 28.10.2024 **Статья принята к печати:** 12.01.2025 **Опубликована онлайн:** 16.03.2025

DOI: 10.24075/rbh.2025.119

The quality of drinking water is one of the key factors defining the health of the population. In the developing countries, deviations in its qualitative composition mainly underpin epidemiological health risks, whereas in industrially developed areas, it is chemical safety indicators that are most important from the hygienic viewpoint [1–3]. According to the available data, 87% of the population are provided with high-quality drinking water, and the key goals of the Clean Water Federal Project have been fully achieved only in three quarters of the territory

of the Russian Federation [4]. The common flaws of drinking water in centralized water supply systems that draw upon surface and underground sources are excessive hardness, high levels of iron, boron, cadmium, and lead [5–9]. The quality of drinking water is affected not only by the sanitary, hygienic and hydrological features of the source, but also by the water treatment methods; for example, chlorination of water contaminated with phenols translates into formation of chlorophenolic compounds [3].

One of the most effective approaches to the drinking water quality evaluation and control is risk assessment: it allows ranking chemical threats by their impact on public health, and helps identify and prioritize scientifically sound measures aimed at reducing health risks to acceptable levels [5, 10, 11].

In a capital of a subject of the Federation, it is particularly interesting to compare, district-wise, the chemical safety of drinking water from the centralized water supply system that draws upon different sources; such a comparison will allow identifying priorities among the efforts aimed at improvement of the quality of drinking water within given residential areas.

This study aimed to make a comparative integral assessment of the quality of drinking water from a centralized water supply system in residential areas of Ryazan based on chemical safety indicators.

METHODS

The study was conducted on the territory of Ryazan, the administrative center of the Ryazan region. The population there, as of January 1, 2024, was 520.5 thousand people. The population of the regional center receives water from a central ring-type water supply system, which draws upon the Oka River (55–60%) and the artesian waters of the Podolsk, Oka and Kashira aquifers (40–45%). Sanitary protection zones have been established for all water supply sources. In all districts of the city, the water in the system is a mixture from surface and artesian sources, with the exception of Solotcha, which receives water from the artesian wells only.

For this study, we used water quality assessments made at monitoring points of the supply network during the period from 2017 to 2022. There is one such point in each district of the city, with the exception of Oktyabrsky, where there are two monitoring points. The samples are taken monthly, i.e., 12 times a year. In total, the study relied on the results of 3,440 drinking water quality analyses that involved 720 samples. MR 2.1.4.0032-11 was the guiding document for the comparative integral assessment of chemical safety of drinking water from a centralized water supply system of the city of Ryazan [12]. To identify hazards, we specifically monitored the water quality indicators the values of which were above the relevant hygiene standards in 2017–2022. The confidence interval for the maximum values used in the calculation of organoleptic risks was set at 98%. Non-carcinogenic and carcinogenic risks were calculated based on the average long-term concentrations expressed as values with 95% confidence interval (non-threshold models) [12, 13]. The uncertainties inherent in the risk assessment stem from the limited list of indicators controlled in drinking water in the context of sanitary and hygienic monitoring.

Primary data were processed using the one factor analysis of variance with the target significance level $p < 0.05$; the software employed for the purpose was STADIA 8.0 (Informatics and Computers LLC; Russia).

RESULTS

In the considered districts of the city, the maximum values for drinking water smell and taste (98% CI) varied from 2.9–3.4 points, which is above the hygienic norm (Table 1). The color of the water, however, was within the standard range (20°).

The given data show that the turbidity values (at $p = 0.98$) were maximum in Solotcha and Stroitel districts, where they exceeded the hygienic norm by 2.1 and 1.8 times, respectively; in other districts, this indicator was within the hygienic norm and ranged from 1.7–2.5 mg/l. The maximum concentration of iron (2+) in the drinking water was the greatest in Solotcha: it exceeded the maximum permissible concentration (0.3 mg/l) by 7.6 times. In Zheleznodorozhny, Stroitel and Oktyabrsky, this indicator was 3.5–5.2 times higher than the maximum permissible concentration, while in the remaining districts it was 1.1–2.8 times higher. Single concentrations of aluminum in the drinking water in Dyagilevo, Moskovsky, Solotcha, and Stroitel districts were below detection threshold (bdt), while its maximum concentrations in the remaining districts did not exceed the maximum permissible concentration (0.2 mg/l).

The study showed that in all districts of the city, drinking water's smell (at 20 °C) and taste values, the organoleptic indicators, amounted to 0.5, which is five times higher than the acceptable value of 0.1 (Table 2). In the city, the organoleptic risk associated with iron (2+) content in the drinking water was 2 to 8 times higher than the acceptable values, with the exception of Moskovsky and Sovetsky districts. The highest value, 0.821, was registered in Solotcha. In Oktyabrsky and Stroitel districts, iron content was six times higher, in other districts — 2-3 times higher than acceptable. It should be noted that organoleptic risks of drinking water associated with aluminum ion content and turbidity were insignificant in all the districts considered. In the overall assessment, the organoleptic risk of drinking water in Solotcha, Oktyabrsky, and Stroitel stemmed from the content of divalent iron, whereas in the remaining districts the factors shaping this risk were smell and taste, which could have various origins (increased iron content, corrosion of metal pipes, formation of microbial films of iron bacteria on the inner walls of water pipes, formation of chlorinated hydrocarbons, stagnation of water, etc.) [14–20].

The average long-term concentrations (95% CI) of the main contaminants in drinking water from Ryazan's centralized

Table 1. Maximum values of indicators affecting the organoleptic properties of drinking water, residential districts of Ryazan ($S_{av} + t\sigma$, at $p = 0.98$)

District	Smell (20 °C), points	Taste, points	Color, °	Turbidity, mg/l (by kaolin)	Fe ²⁺ , mg/l	Al ³⁺ , mg/l
Dashkovo-Pesochnya	3.4	3.4	11	2.5	0.7	0.2
Dyagilevo	2.9	2.9	11	1.7	0.8	bdt
Kanishchevo	3.3	3.4	10.8	1.7	0.8	0.2
Moskovsky	3.1	3.1	10.4	1.8	0.3	bdt
Oktyabrsky	3.3	3.3	11.1	1.9	1.6	0.1
Solotcha	2.9	2.9	16.6	5.3	2.3	bdt
Sovetsky	3.4	3.4	10.9	1.9	0.5	0.2
Stroitel	3.3	3.4	12.4	4.6	1.4	bdt
Zheleznodorozhny	3.3	3.4	11.9	1.8	1	0.2

Note: bdt — below detection threshold.

Table 2. Organoleptic risk (OR) of drinking water in residential districts of Ryazan

District	Smell (20 °C)	Taste	Color	Turbidity	Fe ²⁺	Al ³⁺	OR total
Dashkovo-Pesochnya	0.5	0.5	0.005	0.009	0.2	0.043	0.5
Dyagilevo	0.5	0.5	0.005	0.005	0.3	0	0.5
Kanishchevo	0.5	0.5	0.005	0.005	0.3	0.008	0.5
Moskovsky	0.5	0.5	0.004	0.005	0.03	0	0.5
Oktyabrsky	0.5	0.5	0.005	0.006	0.6	0.002	0.6
Solotcha	0.5	0.5	0.013	0.048	0.8	0	0.8
Sovetsky	0.5	0.5	0.005	0.006	0.1	0.028	0.5
Stroitel	0.5	0.5	0.006	0.032	0.6	0	0.6
Zheleznodorozhny	0.5	0.5	0.006	0.005	0.4	0.028	0.5

water supply system did not exceed the respective maximum permissible concentrations (Table 3). The total non-carcinogenic risk was below the threshold (0.05) in all the districts; it ranged between 0.013 (Moskovsky) and 0.021 (Stroitel).

Of the chemicals presented in Table 3, only cadmium (Cd) and lead (Pb), which belong to IARC carcinogenicity groups 1 and 2B, respectively, have carcinogenic effects [15]. The study showed that only in Dashkovo-Pesochnya did the carcinogenic risk of drinking water exceed the acceptable value (1×10^5) and amounted to $1.25E-05$; in other districts, its values ranged between $3.19E-06$ (Kanishchevo) and $6.09E-06$ (Stroitel) (Table 4). It should be noted that the main contributor to the total carcinogenic risk of drinking water was cadmium: in Dashkovo-Pesochnya, it supported the said risk by 93.2% (the highest), and in the Sovetsky district — by 66.8% (the smallest).

The results of the integrated assessment of hazards in the drinking water from centralized water supply system in residential districts of Ryazan are given in (Table 5).

The study showed that in all residential districts of the city of Ryazan, the integral indicator (II) of the level of hazard of drinking water from the centralized water supply system exceeds

the acceptable values, with the said level being the highest in Solotcha (II = 8.8) and Kanishchevo (II = 5.6). The greatest contribution to the II of hazard of drinking water is made by the organoleptic risk.

DISCUSSION

High maximum concentrations of iron in the drinking water in Solotcha, Stroitel, and Oktyabrsky create unacceptable organoleptic risks (0.6–0.8); they may stem from a higher proportion of artesian waters (Podolsk and Kasimov aquifers) in the supplied mixture, since this element is common therein [21, 22]. The content of iron in drinking water is known to grow with the time the water spends in the supply system due to pipe corrosion. The process also increases color and turbidity indicators, and the water acquires characteristic metallic taste. The organoleptic properties of water can also deteriorate due to the proliferation of iron bacteria inside water pipes [9, 14–17, 23]. Drinking water with a high iron content increases the risk of skin and subcutaneous fat diseases in children and adolescents [11]. Other studies have shown that elevated concentrations

Table 3. Long-term average concentrations (95% CI) of contaminants in drinking water in residential districts of Ryazan ($S_{av} + t_{m^*}$ at $p = 0.95$)

District	Boron (MPC = 0.5 mg/l)	Cadmium (MPC = 0.001 mg/l)	Nickel (MPC = 0.02 mg/l)	Lead (MPC = 0.01 mg/l)
Dashkovo-Pesochnya	0.133	0.0007	0.011	0.0024
Dyagilevo	0.108	0.0002	0.005	0.0038
Kanishchevo	0.1	0.0001	0.008	0.0024
Moskovsky	0.095	0.0002	0.005	0.0029
Oktyabrsky	0.102	0.0002	0.008	0.0018
Solotcha	0.091	0.0002	0.012	0.0034
Sovetsky	0.128	0.0002	0.009	0.0037
Stroitel	0.259	0.0003	0.005	0.0047
Zheleznodorozhny	0.106	0.0003	0.008	0.0036

Table 4. Individual carcinogenic risk (CR) of drinking water in residential districts of Ryazan

District	Cadmium	Lead	CR total
Dashkovo-Pesochnya	1.16E-05	8.54E-07	1.25E-05
Dyagilevo	3.23E-06	1.38E-06	4.60E-06
Kanishchevo	2.30E-06	8.90E-07	3.19E-06
Moskovsky	3.24E-06	1.08E-06	4.31E-06
Oktyabrsky	3.84E-06	6.70E-07	4.50E-06
Solotcha	2.78E-06	1.25E-06	4.03E-06
Sovetsky	2.74E-06	1.36E-06	4.10E-06
Stroitel	4.39E-06	1.70E-06	6.09E-06
Zheleznodorozhny	4.71E-06	1.30E-06	6.01E-06

Table 5. Integral indicator (II) of hazards in the drinking water, districts of Ryazan

District	RO/PV _o	RN/PV _n	RC/PB _c	II
Dashkovo-Pesochnya	5	0.4	1.2	6.6
Dyagilevo	5	0.3	0.5	5.8
Kanishchevo	5	0.3	0.3	5.6
Moskovsky	5	0.3	0.4	5.7
Oktyabrsky	6	0.3	0.5	6.8
Solotcha	8	0.4	0.4	8.8
Sovetsky	5	0.4	0.4	5.8
Stroitel	6	0.4	0.6	7
Zheleznodorozhny	5	0.3	0.6	5.9

Note: RO is the total risk of reflex-olfactory effects, RN is the total non-carcinogenic risk; RC is the total carcinogenic risk; PV_o is the acceptable risk of reflex-olfactory effects; PV_n is the acceptable value of non-carcinogenic risk; PV_c is the acceptable value of carcinogenic risk.

of iron in drinking water can have an adverse effect on the hematopoietic and immune systems [14, 15].

The identified high organoleptic risks of drinking water associated with the maximum values of smell and taste indicators may also be due to the formation of organochlorine compounds as a result of chlorination, which calls for preference of combined methods of disinfection [18–20]. However, the existing uncertainty stemming from the limited character of the list of substances the content of which in drinking water is controlled prevents us from confirming or disproving the above-mentioned reason in this study.

The individual carcinogenic risk above the acceptable threshold was registered in Kanishchevo only, and the reason behind this spike by 93.2% were cadmium ions, which may be related to anthropogenic pollution of the Oka River [24, 25]. The results of this study are generally consistent with the data reported by other authors, who underscore the unacceptable level of carcinogenic risk caused by the drinking water in Ryazan having lead and cadmium [26, 27].

CONCLUSIONS

The study showed that the total organoleptic risk of drinking water from the centralized water supply system of Ryazan was 5–8 times higher than acceptable in the Solotcha, Oktyabrsky, and Stroitel districts, the said risk created by the high content of divalent iron, while in other districts, the reasons behind the organoleptic risk were smell and taste.

The total non-carcinogenic risk did not exceed the acceptable values (0.05) in all the considered districts of the city; it ranged between 0.013 (Moskovsky) and 0.021 (Stroitel).

As for the carcinogenic risk, it was above the acceptable value (1×10^{-5}) in Dashkovo-Pesochnya only, where this risk amounted to 1.25×10^{-5} . Throughout the city, carcinogenicity of drinking water stemmed from the content of cadmium.

In all residential districts of Ryazan, the integral indicator of the hazard of drinking water from the centralized water supply system exceeded acceptable values, mainly due to the high organoleptic risk, which necessitates development and implementation of preventive measures aimed at reducing it.

References

- Lapshin AP, Vankova AN. Integral'naya ocenka kachestva pit'evoy vody. Analiz riska zdorov'ju — 2020: sovместno s mezhdunarodnoy vstrechej po okruzhajushhej srede i zdorov'ju RISE-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitanija. Materialy X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. V 2-h tomah, Perm', 13–15 maja 2020 goda. Tom 1. Perm': Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, 2020; 129–36 (in Rus.).
- Rahmanin JuA, Onishhenko GG. Gigienicheskaja ocenka pit'evogo vodoobespechenija naselenija Rossijskoj Federacii: problemy i puti racional'nogo ih reshenija. Gigiena i sanitarija. 2022; 101 (10): 1158–66 (in Rus.).
- Vozhdaeva MJu, Holova AR, Vagner EV, Truhanova NV, Melnickij IA, Mullozhanov TT, et al. Izmenenie pokazatelej himicheskoj bezvrednosti pit'evoy vody Ufy pri ee transportirovke potrebiteljam. Gigiena i sanitarija. 2021; 100 (4): 396–405 (in Rus.). DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405.
- Zajceva NV, Klejn SV, Maj IV, Savochkina AA, Kirjanov DA, Kamaltdinov MR, et al. Risk dlja zdorov'ja naselenija i jeffektivnost' meroprijatij po povysheniju kachestva pit'evoy vody centralizovannyh sistem vodosnabzhenija. Gigiena i sanitarija. 2022; 101 (11): 1403–11 (in Rus.). DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1403-1411.
- Tihonova NA, Novikova JuA, Mjasnikov IO, Fedorov VN, Sergeev AA, Dmitrievskaja SV. Integral'naya ocenka kachestva pit'evoy vody naselennyh punktov Murmanskoj oblasti. Rossijskaja Arktika. 2023; 5 (3-22): 57–66 (in Rus.). DOI: 10.24412/2658-42552023-3-57-66.
- Tihonova NA, Mjasnikov IO, Novikova JuA, Fedorov VN, Kovshov AA. Ocenka kachestva pit'evoy vody gorodskih poselenij Rossijskoj Arktiki. Zdorov'e — osnova chelovecheskogo potenciala: problemy i puti ih reshenija. 2022; 17 (1): 407–13 (in Rus.).
- Artemeva AA. Ocenka urovnej obshhetoksicheskogo riska dlja zdorov'ja naselenija Udmurtii ot potreblenija pit'evoy vody iz podzemnyh istochnikov s povyshennym sodержaniem zheleza, bora i ftora. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija Biologija. Nauki o Zemle. 2021; 31 (4): 394–403 (in Rus.). DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-394-403.
- Kostrova JuS, Efremov NV. Ocenka riska zdorov'ju naselenija Rjazanskoj oblasti, svjazannaja s zagraznieniem pit'evoy vody. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2022; 12 (126). (In Rus.). DOI: 10.23670/IRJ.2022.126.29.
- Litvinova AA, Dementev AA, Curgan AM, Korshunova EP, Bulycheva GN. Sravnitel'naja gigienicheskaja ocenka kachestvennogo sostava pit'evoy vody centralizovannoj sistemy vodosnabzhenija v otdel'nyh rajonah g. Rjazani. Nauka molodyh (Eruditio Juvenium). 2023; 11 (4): 505–18 (in Rus.). DOI: 10.23888/HMJ2023114505-518.
- Stepanova NV, Valeeva JeR, Fomina SF, Zijatdinova Al. Ocenka riska dlja zdorov'ja detskogo naselenija pri potreblenii pit'evoy vody. Gigiena i sanitarija. 2016; 95 (11): 1079–83 (in Rus.).
- Zakirova OM, Kuznecova EP, Stepanova NV, Fomina SF. Vlijanie kachestva pit'evoy vody na zdorov'e naselenija na primere

- goroda Kazani. Aktual'nye problemy estestvennykh nauk: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Petropavlovsk-Surgut-Baku-Tashkent, 12 aprelya 2024 goda. Petropavlovsk: Severo-Kazahstanskij universitet im. M. Kozybaeva, 2024; 196–200 (in Rus.).
12. MR.2.1.4.0032-11. Integral'naja ocenka pit'evoy vody centralizovannykh sistem vodosnabzhenija po pokazateljam himicheskoy bezvrednosti: metodicheskie rekomendacii. M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2012; 31 p. (in Rus.).
 13. R 2.1.10.3968-23. Rukovodstvo po ocenke riska zdorov'ju naselenija pri vozdeystvii himicheskikh veshhestv, zagriznjajushchih sredy obitanija. M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2023; 221 p. (in Rus.).
 14. Bogdanova VD, Kiku PF, Kislicyna LV. Gigienicheskaja ocenka pit'evoy vody iz podzemnykh istochnikov centralizovannykh sistem vodosnabzhenija ostrova Russkij. Analiz riska zdorov'ju. 2020; (2): 28–37 (in Rus.). DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.03.
 15. Kiku PF, Kislicyna LV, Bogdanova VD, Sabirova KM. Ocenka riska sanitarno-himicheskikh pokazatelej vody dlja naselenija Hasanskogo rajona Primorskogo kraja. Jekologija cheloveka. 2018; (6): 12–7 (in Rus.).
 16. Pierce G, Gonzalez SR, Roquemore P, Ferdman R. Sources of and solutions to mistrust of tap water originating between treatment and the tap: Lessons from Los Angeles County. *Science of The Total Environment*. 2019; 1 (694): 1336–46. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133646.
 17. Baig SA, Lou Z, Baig MA, Qasim M, Shams DF, Mahmood Q, et al. Assessment of tap water quality and corrosion scales from the selected distribution systems in northern Pakistan. *Environmental monitoring and assessment*. 2017; 189 (4): 194. DOI: 10.1007/s10661-017-5907-5.
 18. Bykova PG, Palagin ED, Nesterenko OI, Tulgovec AM. Vtorichnye zagriznenija vody, obrazovannye v processe ee obrabotki hlorreagentami. Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tehnologii: sbornik statej. Samara: Samarskij gosudarstvennyj tehniceskij universitet, 2019; 213–9 (in Rus.).
 19. Kirilenko VI, Sorokin AA, Senjukovich MA, Samsonov AA. Vlijanie obezrazhivaniya vody sposobom hlorigirovaniya na organizm cheloveka. Aktual'nye problemy voenno-nauchnykh issledovanij. 2019; 2 (2): 255–62 (in Rus.).
 20. Grankina VO, Usatova MS, Troshina EA. Sravnitel'naja charakteristika metodov obezrazhivaniya vody dlja pit'evogo vodosnabzhenija. Ohrana okruzhajushhej sredy i racional'noe ispol'zovanie prirodnykh resursov: sbornik materialov HV Mezhdunarodnoj konferencii aspirantov i obuchajushchih: posvjashhaetsja 100-letiju Doneckogo nacional'nogo tehniceskogo universiteta, 95-letiju Zapovednika "Homutovskaja step", Doneck, 13–15 aprelya 2021 goda. Doneck: Doneckij nacional'nyj tehniceskij universitet, 2021; 3–5 (in Rus.).
 21. Lukina DS, Slastja IV. Ocenka kachestva podzemnykh vod Podol'sko-Mjachkovskogo i Kasimovskogo i vodonosnykh gorizontov v rajone derevni Pirogovo gorodskogo okruga Mytishhi Moskovskoj oblasti. Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki: sbornik IV nacional'noj (vserossijskoj) nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Novosibirsk, 26 fevralja 2021 goda. Novosibirsk: Izdatel'skij centr Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta "Zolotoj kolos", 2021; 345–8 (in Rus.).
 22. Solovjev DA, Dementiev AA, Kluchnikova NM, Prokhorov NI. Hygienic characteristics of the chemical composition of groundwater in Ryazan region. *Bulletin of RSMU*. 2018; (5): 40–4. DOI: 10.24075/brsmu.2018.055.
 23. Petrova IV, Ovchinnikov DK. Sostojanie pit'evoy vody sistem centralizovannogo hozjajstvennogo vodosnabzhenija Omskoj oblasti. Mirovaja nauka v jepohu social'no-politicheskikh transformacij: novye vozmozhnosti, puti razvitija: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 2-h chastjah, Stavropol', 30 nojabrja 2022 goda. Chast' 1. Stavropol': OOO "Stavropol'skoe izdatel'stvo "Paragraf", 2022; 225–8 (in Rus.).
 24. Galimova AR, Tunakova JuA. Postuplenie, sodержanie i vozdeystvie vysokih koncentracij metallov v pit'evoy vode na organizm. *Vestnik Kazanskogo tehniceskogo universiteta*. 2013; (20): 165–9 (in Rus.).
 25. Oreshkin VN, Hrisanov VR. Izmenchivost' koncentracii kadmija i svinca v vode krupnoj ravninnoj reki za 30-letnij period nabljudenij. *Zhizn' Zemli*. 2021; 43 (4): 461–71 (in Rus.).
 26. Abroskina NV, Zubareva OV, Knjazev DK. Ocenka riskov vlijaniya himicheskikh charakteristik pit'evoy vody na zdorov'e naselenija Volgogradskoj oblasti. Analiz riska zdorov'ju — 2023: sovmetno s mezhdunarodnoj vstrechej po okruzhajushhej srede i zdorov'ju RISE-2023. Materialy XIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 17–19 maja 2023 goda. Tom 1. Perm': Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, 2023; 81–3 (in Rus.).
 27. Paramonov VJu, Kirjushin VA, Panenkova EA, Kuchumov VV, Motalova TV. Rezul'taty ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija Rjazanskoj oblasti pri upotreblenii vody iz sistem hozjajstvenno-pit'evogo vodosnabzhenija. Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'ju naselenija: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii molodykh uchenykh i specialistov Rospotrebnadzora s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 05–09 oktjabrja 2020 goda. Perm': Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet, 2020; 60–7 (in Rus.).

Литература

1. Лапшин А. П., Ванькова А. Н. Интегральная оценка качества питьевой воды. Анализ риска здоровью — 2020: совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020; 129–36.
2. Рахманин Ю. А., Онищенко Г. Г. Гигиеническая оценка питьевого водоснабжения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101 (10): 1158–66.
3. Вождаева М. Ю., Холова А. Р., Вагнер Е. В., Труханова Н. В., Мельницкий И. А., Муллоджанов Т. Т. и др. Изменение показателей химической безвредности питьевой воды Уфы при ее транспортировке потребителям. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (4): 396–405. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-396-405.
4. Зайцева Н. В., Клейн С. В., Май И. В., Савочкина А. А., Кирьянов Д. А., Камалудинов М. Р. и др. Риск для здоровья населения и эффективность мероприятий по повышению качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101 (11): 1403–11. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1403-1411.
5. Тихонова Н. А., Новикова Ю. А., Мясников И. О., Федоров В. Н., Сергеев А. А., Дмитриевская С. В. Интегральная оценка качества питьевой воды населенных пунктов Мурманской области. *Российская Арктика*. 2023; 5 (3-22): 57–66. DOI: 10.24412/2658-42552023-3-57-66.
6. Тихонова Н. А., Мясников И. О., Новикова Ю. А., Федоров В. Н., Ковшов А. А. Оценка качества питьевой воды городских поселений Российской Арктики. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2022; 17 (1): 407–13.
7. Артемьева А. А. Оценка уровней общетоксического риска для здоровья населения Удмуртии от потребления питьевой воды из подземных источников с повышенным содержанием железа, бора и фтора. *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. 2021; 31 (4): 394–403. DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-394-403.
8. Кострова Ю. С., Ефремов Н. В. Оценка риска здоровью населения Рязанской области, связанная с загрязнением питьевой воды. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022; 12 (126). DOI: 10.23670/IRJ.2022.126.29.

9. Литвинова А. А., Дементьев А. А., Цурган А. М., Коршунова Е. П., Булычева Г. Н. Сравнительная гигиеническая оценка качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани. Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2023; 11 (4): 505–18. DOI: 10.23888/HMJ2023114505-518.
10. Степанова Н. В., Валеева Э. Р., Фомина С. Ф., Зиятдинова А. И. Оценка риска для здоровья детского населения при потреблении питьевой воды. Гигиена и санитария. 2016; 95 (11): 1079–83.
11. Закирова О. М., Кузнецова Е. П., Степанова Н. В., Фомина С. Ф. Влияние качества питьевой воды на здоровье населения на примере города Казани. Актуальные проблемы естественных наук: Материалы международной научно-практической конференции, Петропавловск-Сургут-Баку-Ташкент, 12 апреля 2024 года. Петропавловск: Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, 2024; 196–200.
12. МР 2.1.4.0032-11. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012; 31 с.
13. Р 2.1.10.3968-23. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2023; 221 с.
14. Богданова В. Д., Кику П. Ф., Кислицына Л. В. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский. Анализ риска здоровью. 2020; (2): 28–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.2.03.
15. Кику П. Ф., Кислицына Л. В., Богданова В. Д., Сабирова К. М. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края. Экология человека. 2018; (6): 12–7.
16. Pierce G, Gonzalez SR, Roquemore P, Ferdman R. Sources of and solutions to mistrust of tap water originating between treatment and the tap: Lessons from Los Angeles County. Science of The Total Environment. 2019; 1 (694): 1336–46. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.133646.
17. Baig SA, Lou Z, Baig MA, Qasim M, Shams DF, Mahmood Q, et al. Assessment of tap water quality and corrosion scales from the selected distribution systems in northern Pakistan. Environ mental monitoring and assessment. 2017; 189 (4): 194. DOI: 10.1007/s10661-017-5907-5.
18. Быкова П. Г., Палагин Е. Д., Нестеренко О. И., Тульговец А. М. Вторичные загрязнения воды, образованные в процессе ее обработки хлорреагентами. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей. Самара: Самарский государственный технический университет, 2019; 213–9.
19. Кириленко В. И., Сорокин А. А., Сенюкович М. А., Самсонов А. А. Влияние обеззараживания воды способом хлорирования на организм человека. Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019; 2 (2): 255–62.
20. Гранкина В. О., Усатова М. С., Трошина Е. А. Сравнительная характеристика методов обеззараживания воды для питьевого водоснабжения. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник материалов XV Международной конференции аспирантов и обучающихся: посвящается 100-летию Донецкого национального технического университета, 95-летию Заповедника «Хомутовская степь», Донецк, 13–15 апреля 2021 года. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021; 3–5.
21. Лукина Д. С., Сластя И. В. Оценка качества подземных вод Подольско-Мячковского и Касимовского и водоносных горизонтов в районе деревни Пирогово городского округа Мытищи Московской области. Теория и практика современной аграрной науки: сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 года. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2021; 345–8.
22. Соловьев Д. А., Дементьев А. А., Ключникова Н. М., Прохоров Н. И. Гигиеническая характеристика химического состава воды подземных водоисточников Рязанской области. Вестник РГМУ. 2018; (5): 48–54. DOI: 10.24075/vrgmu.2018.055.
23. Петрова И. В., Овчинников Д. К. Состояние питьевой воды систем централизованного хозяйственного водоснабжения Омской области. Мировая наука в эпоху социально-политических трансформаций: новые возможности, пути развития: материалы IX Международной научно-практической конференции в 2-х частях, Ставрополь, 30 ноября 2022 года. Часть 1. Ставрополь: ООО «Ставропольское издательство «Параграф», 2022; 225–8.
24. Галимова А. Р., Тунакова Ю. А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм. Вестник Казанского технологического университета. 2013; (20): 165–9.
25. Орешкин В. Н., Хрисанов В. Р. Изменчивость концентрации кадмия и свинца в воде крупной равнинной реки за 30-летний период наблюдений. Жизнь Земли. 2021; 43 (4): 461–71.
26. Аброськина Н. В., Зубарева О. В., Князев Д. К. Оценка рисков влияния химических характеристик питьевой воды на здоровье населения Волгоградской области. Анализ риска здоровью — 2023: совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023. Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 17–19 мая 2023 года. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2023; 81–3.
27. Парамонов В. Ю., Кирюшин В. А., Паненкова Е. А., Кучумов В. В., Моталова Т. В. Результаты оценки риска для здоровья населения Рязанской области при употреблении воды из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием, Пермь, 05–09 октября 2020 года. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020; 60–7.