

УДК 614.777(470.313)

<https://doi.org/10.23888/HMJ2023114505-518>

Сравнительная гигиеническая оценка качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани

А. А. Литвинова[✉], А. А. Дементьев, А. М. Цурган, Е. П. Коршунова, Г. Н. Булычева

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

Автор, ответственный за переписку: Литвинова Анастасия Александровна, anastasiya_smoro@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Обеспечение населения питьевой водой, отвечающей национальным стандартам, является одной из актуальных проблем. В связи с использованием для водоснабжения г. Рязани, подземных и поверхностных вод и их разного соотношения в системе водоснабжения, качество питьевой воды в отдельных микрорайонах города может иметь особенности.

Цель. Сравнительная гигиеническая оценка качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения в микрорайонах г. Рязани.

Материалы и методы. Были проанализированы результаты лабораторного контроля качества питьевой воды централизованно системы водоснабжения г. Рязани за период с 2012–2021 гг. по данным мониторинга ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области». Проводился расчет средних многолетних концентраций и процента проб, не соответствующих гигиеническим требованиям. Статистическая обработка проводилась методом дисперсионного анализа, для парных сравнений использовались критерии Шеффе и Тамхейна с учетом результатов теста Ливиня. Расчет статистических показателей проводился в программе SPSS Statistics 19.

Результаты. Во всех микрорайонах города регистрировались сверхнормативная жесткость питьевой воды, при этом доля таких проб находилась в пределах от 0,8% (Солотча) до 74,1% (Строитель). Среднее значение общей жесткости воды в п. Строитель было наибольшим, составляло 7,554 мг-экв./л и превышало гигиеническую норму. В большинстве районов, за исключением Канищево, Дягилево, Железнодорожного и Советского, регистрировались пробы воды (0,9–2,7%), не отвечающих гигиеническим требованиям по содержанию обобщенных и термотолерантных колиформных бактерий. Средняя многолетняя концентрация железа (2+) в питьевой воде централизованной системы водоснабжения п. Солотча в 2,5 раза превышала ПДК (0,3 мг/л) и была достоверно выше, чем на сравниваемых территориях, при этом в 64,6% проб его разовые концентрации не соответствовали гигиенической норме. На территориях районов: Дашково-Песочня, Канищево, п. Мирный, Советский и Железнодорожный доли проб воды, в которых разовые концентрации алюминия были выше ПДК (0,2 мг/л) находились в пределах от 1,5% (ДИ95%; 0,3–8,2%) до 6,1% (ДИ95%; 2,4–14,6%). Разовые концентрации бора, выше ПДК (0,5 мг/л), регистрировались в питьевой воде всех районах города за исключением Дягилево и Октябрьского и находились в пределах от 1,0% (ДИ95%; 0,2–5,2%) до 1,9% (ДИ95%; 0,52–6,68%). Средняя многолетняя концентрация кадмия в питьевой воде жилого района Дашково-Песочня составляла 0,0006 мг/л и была в 1,9–14 раз выше, чем в других районах города ($p < 0,05$), при этом доля проб воды в которых разовые концентрации этого токсиканта были выше ПДК (0,001 мг/л) составила 4,7%. Также концентрации кадмия превышали гигиенический норматив в контрольных точках водоразводящей сети п. Мирный

(в 2,9% проб), Советского и Железнодорожного районов (по 0,9% проб). Разовые концентрации никеля чаще всего превышали соответствующую ПДК (0,02 мг/л) в питьевой воде жилых районов Дашково-Песочня и Солотча, соответственно 10,9% (ДИ95%; 4,7–23,0%) и 11,1% (ДИ95%; 4,8–23,5%) и реже всего в Мирном и Московском — по 2,2% (ДИ95%; 0,4–11,3%) ($p > 0,05$).

Выводы. Выявлены территориальные особенности качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения города Рязани заключающиеся в более высоких средних значениях отдельных показателей и процента проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по жесткости в районах Строитель, Советский, Железнодорожный и Дашково-Песочня; по содержанию санитарно-показательных микроорганизмов — в Строителе, Дашково-Песочне, Мирном и Октябрьском; по содержанию железа (2+) — в Строителе, Железнодорожном, Октябрьском, Канищево и Солотче; по бору — в Строителе; по кадмию — в Дашково-Песочне и Мирном; по никелю — в Дашково-Песочне и Солотче; по свинцу — в Строителе и Мирном.

Ключевые слова: *качество питьевой воды; централизованное водоснабжение*

Для цитирования:

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. Т. 11, № 4. С. 505–518. <https://doi.org/10.23888/HMJ2023114505-518>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2023114505-518>

Comparative Hygienic Assessment of Qualitative Composition of Drinking Water of Centralized Water Supply System in Certain Districts of Ryazan

Anastasiya A. Litvinova[✉], Aleksey A. Dement'yev, Aleksandr M. Tsurgan, Elena P. Korshunova, Galina N. Bulycheva

Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation

Corresponding author: Anastasiya A. Litvinova, anastasiya_smoro@mail.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: Providing the population with drinking water that meets national standards is one of the urgent problems. In connection with the use of ground and surface waters for water supply in Ryazan and their different proportions in the water supply system, the quality of drinking water in individual districts of the city may have special features.

AIM: Comparative hygienic assessment of the qualitative composition of drinking water of the centralized water supply system in the residential districts of Ryazan.

MATERIALS AND METHODS: The results of laboratory quality control of drinking water of central water supply system for the period from 2012–2021 were analyzed according to the monitoring data of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Ryazan Region. The calculation of the average many-year concentrations and the percentage of samples that do not meet hygienic requirements, was carried out. For statistical processing, the method of analysis of variance and Scheffe and Tamhein tests for paired comparisons were used, taking into account the results of Levene test. Statistical parameters were calculated in SPSS Statistics 19 software.

RESULTS: Excess hardness of drinking water was recorded in all districts of the city, with the proportion of such samples ranging from 0.8% (Solotcha) to 74.1% (Stroitel). The average value of the total water hardness in Stroitel district was the highest, 7,554 mg-eq./l, exceeding the hygienic norm. In most districts, with the exception of Kanishchevo, Diaghilevo, Zheleznodorozhny and Sovetsky, water samples (0.9–2.7%) were recorded that did not meet hygienic requirements for the content of generalized and thermotolerant coliform bacteria. The average many-year concentration of iron (2+) in the drinking water of the centralized water supply system of the village of Solotcha 2.5 times exceeded the MPC (0.3 mg/l) and was significantly higher than in the compared territories, and in 64.6% of samples its one-time concentrations did not correspond to the hygienic norm. In the territories of the districts: Dashkovo-Pesochnya, Kanishchevo, Mirny, Sovetsky and Zheleznodorozhny, the proportions of water samples with one-time concentrations of aluminum exceeding the MPC (0.2 mg/l) ranged from 1.5% (CI 95%; 0.3–8.2%) to 6.1% (CI 95%; 2.4–14.6%). One-time concentrations of boron above the MPC (0.5 mg/l) were recorded in drinking water in all districts of the city with the exception of Diaghilevo and Oktyabrsky, and ranged from 1.0% (CI 95%; 0.2–5.2%) to 1.9% (CI 95%; 0.52–6.68%). The average many-year concentration of cadmium in the drinking water of Dashkovo-Pesochnya residential area was 0.0006 mg/l and 1.9-14 times exceeded that in other districts of the city ($p < 0.05$), while the proportion of water samples where one-time concentrations of this toxicant exceeded the MPC (0.001 mg/l) was 4.7%. Also, cadmium concentrations exceeded the hygienic standard at the control points of water supply network in Mirny (in 2.9% of samples), Sovetsky and Zheleznodorozhny districts (0.9% of samples in each). One-time concentrations of nickel most often exceeded the respective MPC (0.02 mg/l) in the drinking water of Dashkovo-Pesochnya and Solotcha residential areas making 10.9%

(CI 95%; 4.7–23.0%) and 11.1% (CI 95%; 4.8–23.5%), respectively, and least often of Mirny and Moskovsky areas — 2.2% (CI 95%; 0.4–1.3%) ($p > 0.05$).

CONCLUSIONS: The territorial features of the qualitative composition of drinking water of the centralized water supply system of the city of Ryazan are determined, consisting in higher average values of individual parameters and the percentages of samples that do not meet hygienic standards for hardness in Stroitel, Sovetsky, Zheleznodorozhny and Dashkovo-Pesochnya districts; for the content of sanitary-indicative microorganisms — in Stroitel, Dashkovo-Pesochnya, Mirny and Oktyabrsky; for the iron content (2+) — in Stroitel, Zheleznodorozhny, Oktyabrsky, Kanishchevo and Solotcha; for boron — in Stroitel; for cadmium — in Dashkovo-Pesochna and Mirny; for nickel — in Dashkovo-Pesochna and Solotcha; for lead — in Stroitel and Mirny.

Keywords: *quality of drinking water; centralized water supply*

For citation:

Litvinova A. A., Dement'yev A. A., Tsurgan A. M., Korshunova E. P., Bulycheva G. N. Comparative Hygienic Assessment of Qualitative Composition of Drinking Water of Centralized Water Supply System in Certain Districts of Ryazan. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2023;11(4):505–518. <https://doi.org/10.23888/HMJ2023114505-518>.

Введение

Исследования распространенности Качество питьевой воды является важным фактором, формирующим здоровье населения. В многочисленных исследованиях показана приоритетная роль водного фактора в развитии инфекционными, паразитарными, эндемическими заболеваниями [1, 2]. При этом обеспечение населения питьевой водой, отвечающей гигиеническим требованиям по-прежнему остается одной из приоритетных гигиенических задач, особенно в условиях увеличения уровня антропогенной нагрузки на источники водоснабжения [3, 4].

Значительный дебит поверхностных источников водоснабжения, зачастую является определяющим в их выборе для водоснабжения крупных городов, однако непостоянство качественного состава поверхностных вод, обусловленное антропогенным загрязнением и природными процессами формируют риски снижения качества питьевой воды, что предъявляет особые требования к эффективной водоподготовке [5–7]. При этом стабильный качественный состав и высокая эпидемиологическая надежность артезианских вод обуславливают их совместное использование с поверхностными в организации централизованного водоснабжения крупных городов [8, 9].

Среди основных факторов, определяющих качество питьевой воды централизованной системы рассматриваются: санитарное состояние и качество воды источников водоснабжения, надежность и адекватность методов водоподготовки, а также санитарно-техническое состояние водоразводящей сети [9].

Актуальность данного исследования обуславливает недостаточная изученность территориального компонента данной проблемы. Анализ гигиенической литературы за последние 25 лет показал отсутствие исследований, посвященных сравнительной гигиенической оценке качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани.

Цель. Сравнительная гигиеническая оценка качественного состава питьевой

воды централизованной системы водоснабжения различных селитебных территорий г. Рязани.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе г. Рязани — центра Рязанской области с численностью населения 529,4 тыс. человек [10]. Для водоснабжения населения используются поверхностные воды р. Оки и артезианские воды Подольско-Мячковского, Каширского и Окско-Протвинского водоносных горизонтов каменноугольной системы [11]. В общем балансе водопотребления г. Рязани отмечается преобладание поверхностных вод, доля которых составила 62%.

Водоподготовка поверхностных вод р. Оки осуществляется на трех очистных водопроводных станциях (ОВС) по традиционной технологии, включающей в себя коагулирование, отстаивание, фильтрацию, обеззараживание (хлорированием). Особенностью системы водоподготовки в городе Рязани является подмешивание артезианской воды к речной перед началом очистки на ОВС, а также добавление артезианской воды в резервуары питьевой воды. При этом артезианские воды используют Павловская очистная водопроводная станция и водопроводные насосные станции городского бассейна, тогда как на остальных ОВС осуществляется подмес артезианских вод к поверхностным для улучшения их качества.

В связи с использованием смешанной воды в процессе водоподготовки, водоразводящей сети кольцевого типа и меняющейся интенсивности разбора воды на различных её участках, не представляется возможным определить точное соотношение речной и артезианской вод в составе смеси в отдельных районах города.

Городская система водоснабжения кольцевого типа включает 143,9 км магистральных водоводов, 285,5 км уличной водопроводной сети и 428,9 км внутридворовых сетей. Количество сетей, эксплуатируемых сверх нормативного срока и нуждающихся в замене, составляет 67%. Основное количество повреждений приходится на стальные трубы, которые состав-

ляют более 35% от общей протяженности сети. Более 110 км сетей из стальных труб имеют степень износа 100% [12].

Оценка качества воды в водоразводящей сети г. Рязани проводилась по средним многолетним значениям контрольных показателей с учетом их фактических максимальных значений. Проанализировано 1023 проб воды по микробиологическим показателям, обобщенным показателям и содержанию отдельных химических веществ. В исследование включены пробы воды, отобранные с 2012 по 2021 гг. санитарно-химической лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области» в рамках реализации программы санитарно-гигиенического мониторинга.

Выполнено сравнительное исследование качества водоразводящей сети в 10 микрорайонах г. Рязани (Солотча, Канищево, Октябрьский, п. Мирный, Дягилево, Московский, Дашково-Песочня, Железнодорожный, Советский, Строитель). Сравнение качества вод проводилось по средним значениям отдельных показателей и доле проб, не соответствующих гигиеническим нормативам.

Статистическая обработка проводилась методом дисперсионного анализа, для парных сравнений средних использовались критерии Шеффе и Тамхейна с учетом результатов теста Ливиня в про-

грамме SPSS Statistics 19. Доверительные интервалы относительных величин рассчитывались по методу Уилсона при целевом уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты

Исследование показало, что среднее значение общей жесткости воды в п. Строитель имело наибольшее значение на сравниваемых территориях города, составляло 7,554 мг-экв./л и было выше гигиенического норматива (7 мг-экв./л) (табл. 1). При этом доля проб воды, в которых содержание солей жесткости превышало допустимое, достигала 74,1% и была наибольшей в городе ($p < 0,05$).

Общая жесткость воды из централизованной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения районов Советский, Железнодорожный и Дашково-Песочня в среднем за рассматриваемый период находилась в пределах 6,657–6,719 мг-экв./л была достоверно ниже, чем в п. Строитель и существенно выше, чем в Канищево и Октябрьском ($p < 0,05$). При этом доли проб воды, в которых содержание солей жесткости превышало гигиенический норматив в жилых районах Советский, Железнодорожный, Дашково-Песочня и п. Мирный находились в пределах 26,8–45,1% и были существенно выше таковых в Канищево, Октябрьском, Дягилево и Московском ($p < 0,05$).

Таблица 1. Общая жесткость питьевой воды централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани

Район	Кол-во наблюдений	Среднее, мг-кв./л	Проб > ПДК	
			%	ДИ95%
Солотча	113	3,877 ± 0,258	0,8	0,2–4,8
Канищево	114	5,636 ± 0,257	5,3	2,4–11,0
Октябрьский	113	5,759 ± 0,258	5,3	2,5–11,1
Мирный	112	6,166 ± 0,260	26,8	19,5–35,7
Дягилево	116	6,268 ± 0,255	11,2	6,7–18,2
Московский	114	6,356 ± 0,257	10,5	6,1–17,5
Дашково-Песочня	115	6,657 ± 0,256	27,8	20,5–36,6
Железнодорожный	113	6,719 ± 0,258	30,9	23,2–40,1
Советский	113	6,719 ± 0,258	45,1	36,3–54,3
Строитель	112	7,554 ± 0,260	74,1	65,3–81,3

Наименее жесткая вода используется для водоснабжения п. Солотча

(3,877 мг-экв./л), в котором практически не регистрируется проб воды не соответ-

ствующих гигиеническим требованиям по данному показателю ($p < 0,05$). Следует отметить, что система централизованного водоснабжения п. Солотча изолирована от остальной системы водоснабжения г. Рязани в связи с его расположением на другом берегу р. Оки.

Содержание колифагов в питьевой воде централизованной системы водоснабжения на территории п. Строитель в среднем за рассматриваемый период составило $3,22 \pm 1,276$ БОЕ/мл, не соответствовала нормативным требованиям (СанПиН 1.2.3685-21) и было существенно выше, чем в микрорайонах Дашково-Песочня, Канищево, Октябрьский, Советский, железнодорожный и п. Мирный, в которых вышеназванный показатель находился в пределах $0,015 \pm 0,294$ — $0,457 \pm 0,267$ БОЕ/мл ($p < 0,05$) (табл. 2).

В питьевой воде поселков Дягилево, Солотча и жилого района Московский колифаги не обнаруживались. На остальных территориях удельный вес проб питьевой воды, не соответствующих гигиенической норме, находился в пределах от 1,1% (р-н Октябрьский) до 20,0% (п. Строитель) ($p < 0,05$) (табл. 2).

Обращает на себя внимание, что средние многолетние значения общего микробного числа, содержания обобщенных и термотолерантных колиформных бактерий на рассматриваемых территориях не имели статистически значимых отличий. Тем не менее, только в водопроводной воде районов: Октябрьский, п. Мирный, Московский и Дашково-Песочня регистрировались пробы воды, в которых общее микробное число (ОМЧ) превышало гигиеническую норму, а их доля находилась в пределах 0,9–1,8% ($p > 0,05$). Следует отметить, что только в Канищево, Дягилево, Железнодорожном и Советском районах в течение изучаемого периода не регистрировались пробы воды, не отвечающие гигиеническим требованиям по содержанию обобщенных (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), тогда как на остальных территориях их удельный вес находился в пределах 0,9–2,7% ($p > 0,05$). Исследование показало, что только в Дягилево все пробы воды, отобранные за рассматриваемый период, соответствовали гигиенической норме по содержанию санитарно-показательных микроорганизмов.

Таблица 2. Доли проб питьевой воды из контрольных точек распределительной сети, не соответствующие СанПиН 1.2.3685-21 по санитарно-микробиологическим показателям в отдельных районах г. Рязани за 2012–2021 годы

Район	Показатель	ОМЧ	ОКБ	ТКБ	Колифаги
Солотча	> ПДК, % ДИ95%	0	2,7 0,9–7,5	1,8 0,5–6,2	0
Канищево	> ПДК, % ДИ95%	0	0	0	5,3 2,4–11,0
Октябрьский	> ПДК, % ДИ95%	1,3 0,2–7,0	1,8 0,5–6,2	1,8 0,5–6,2	1,1 0,2–5,8
Мирный	> ПДК, % ДИ95%	1,8 0,5–6,3	1,8 0,5–6,3	1,7 0,5–6,1	5,0 2,2–11,2
Дягилево	> ПДК, % ДИ95%	0	0	0	0
Московский	> ПДК, % ДИ95%	0,9 0,2–4,8	0,9 0,2–4,8	0,9 0,2–4,8	0
Дашково-Песочня	> ПДК, % ДИ95%	0,9 0,2–4,8	0,9 0,2–4,8	0,9 0,2–4,8	3,5 1,4–8,6
Железнодорожный	> ПДК, % ДИ95%	0	0	0	3,8 1,5–9,4
Советский	> ПДК, % ДИ95%	0	0	0	5,0 2,2–11,2
Строитель	> ПДК, % ДИ95%	0	0,9 0,2–4,9	0,9 0,2–4,9	20,0 3,6–62,5

Рассмотрим территориальные отличия питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Рязани по содержанию химических веществ, разовые концентрации которых превышали соответствующие ПДК, за исключением фтора и марганца в виду малого процента нестандартных проб (табл. 3).

Средняя многолетняя концентрация железа (2+) в питьевой воде централизо-

ванной системы водоснабжения п. Солотча в 2,5 раза превышала соответствующее ПДК (0,3 мг/л) и была достоверно выше, чем на сравниваемых территориях ($p < 0,05$). При этом доля проб воды, в которых её разовые концентрации не соответствовали гигиенической норме была наибольшей среди районов города и составила 64,6% ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3. Содержание железа (2+) в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани

Район	Количество наблюдений	Среднее, мг-кв./л	Проб > ПДК	
			%	ДИ95%
Московский	114	0,118 ± 0,064	3,5	1,4–8,7
Дягилево	116	0,192 ± 0,064	12,9	8,0–20,2
Советский	113	0,242 ± 0,065	21,2	14,7–29,7
Мирный	112	0,253 ± 0,065	16,9	11,1–24,9
Дашково-Песочня	115	0,260 ± 0,064	21,7	15,2–30,1
Железнодорожный	113	0,301 ± 0,065	21,2	14,7–29,7
Канищево	1135	0,307 ± 0,064	41,2	32,6–50,4
Октябрьский	114	0,307 ± 0,065	25,7	18,5–34,4
Строитель	113	0,307 ± 0,065	15,2	9,7–22,9
Солотча	112	0,749 ± 0,065	64,6	55–72,8

Средняя многолетняя концентрация железа (2+) в питьевой воде централизованной системы водоснабжения на территории Московского района составляла 0,118 мг/л, была существенно ниже аналогичных показателей на большинстве территорий, за исключением Дягилево ($p < 0,05$). Доля проб воды, в которых концентрация железа превышала ПДК в Московском районе имела наименьшее значение в городе и составила 3,5% ($p < 0,05$). Следует отметить, что в Железнодорожном, Октябрьском районах, Канищево и п. Строитель средние многолетние значения концентрации железа (2+) в питьевой воде были несколько выше ПДК и находились в пределах 0,301–0,307 мг/л. При этом в 41,2% отобранных проб воды на территории Канищево содержание железа было выше допустимого, что существенно больше, чем на большинстве территорий города, где указанный показатель находился в пределах 3,5–25,7% ($p < 0,05$).

Исследование показало, что средние многолетние концентрации алюминия в питьевой воде сравниваемых территорий не имели статистически значимых отличий и находились в пределах $0,036 \pm 0,034$ мг/л — $0,057 \pm 0,016$ мг/л ($p > 0,05$). При этом на территориях районов: Дашково-Песочня, Канищево, п. Мирный, Советский и Железнодорожный доли проб воды, в которых разовые концентрации алюминия были выше соответствующего ПДК (0,2 мг/л) находились в пределах от 1,5% (ДИ95%; 0,3–8,2%) до 6,1% (ДИ95%; 2,4–14,6%).

Средняя многолетняя концентрация бора в питьевой воде на территории п. Строитель составляла $0,240 \pm 0,016$ мг/л была достоверно выше, чем в других районах города ($p < 0,05$; рис. 1). В водоразводящей сети п. Солотча среднее многолетнее содержание указанного элемента составляло $0,072 \pm 0,019$ мг/л и было в 1,6 раза ниже, чем в жилом районе Дашково-Песочня ($p < 0,05$). На остальных территориях вышеназванный показатель

находился в пределах от $0,076 \pm 0,019$ мг/л (р-н Московский) до $0,109 \pm 0,019$ мг/л (р-н Советский) (рис. 1).

Разовые концентрации бора в питьевой воде, превышающие соответствующее

ПДК (0,5 мг/л), регистрировались во всех районах города за исключением п. Дягилево и Октябрьского и находились в пределах от 1,0% (ДИ95%; 0,2–5,2%) до 1,9% (ДИ95%; 0,52–6,68%).

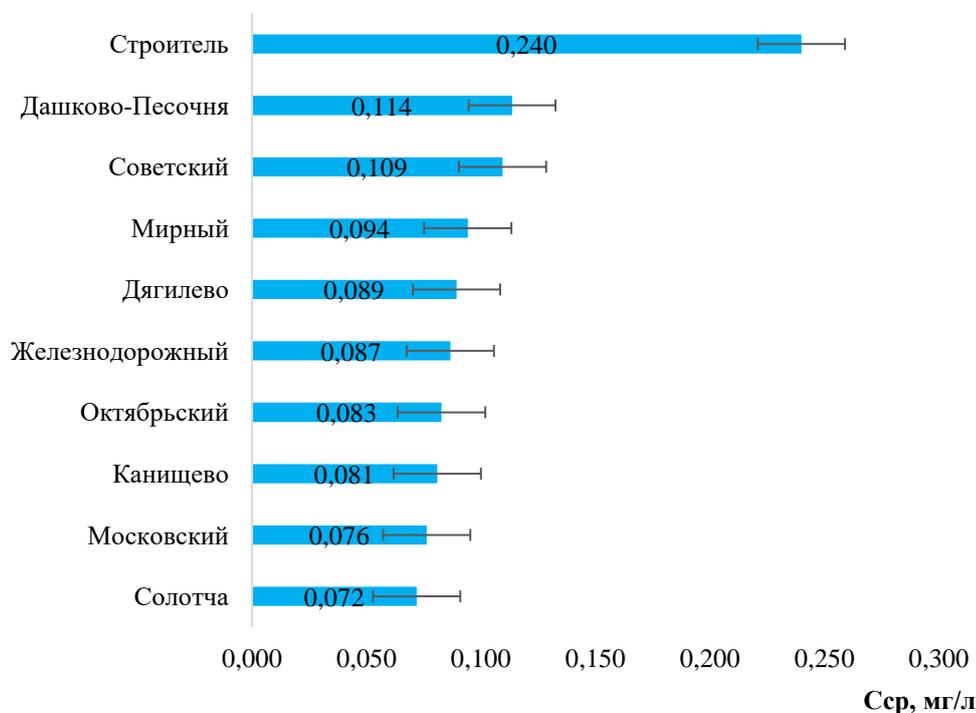


Рис. 1. Средняя концентрация бора в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани за 2012–2021 годы.

Средняя многолетняя концентрация кадмия в питьевой воде жилого района Дашково-Песочня составляла $0,0006$ мг/л и была в 1,9–14 раз больше, чем в других районах города ($p < 0,05$), при этом доля проб воды в которых разовые концентрации этого токсиканта были выше ПДК (0,001 мг/л) составила 4,7% (табл. 4).

Следует отметить, что средняя концентрация кадмия в питьевой воде централизованной системы водоснабжения на территории п. Мирный составляла $0,0003$ мг/л и была в 3–7 раз выше аналогичного показателя в жилых районах: Канищево, Солотча, Дягилево и Московский ($p < 0,05$). При этом в 2,9% отобранных проб воды его разовые концентрации были выше гигиенического норматива (табл. 4). На остальных рассматриваемых территориях средние многолетние концентрации кадмия в питьевой воде не

имели существенных отличий и находились в пределах $0,00019$ – $0,00014$ мг/л ($p > 0,05$). При этом только в контрольных точках Советского и Железнодорожного районов в 0,9% проб разовые концентрации кадмия в питьевой воде превышали соответствующее ПДК.

Содержание никеля в питьевой воде в среднем за рассматриваемый период в жилых районах Дашково-Песочня и Солотча, составило соответственно $0,0087 \pm 0,0025$ мг/л и $0,0091 \pm 0,0025$ мг/л и было достоверно выше, чем в Строителе, Дягилево, Мирном и Московском ($p < 0,05$; рис. 2).

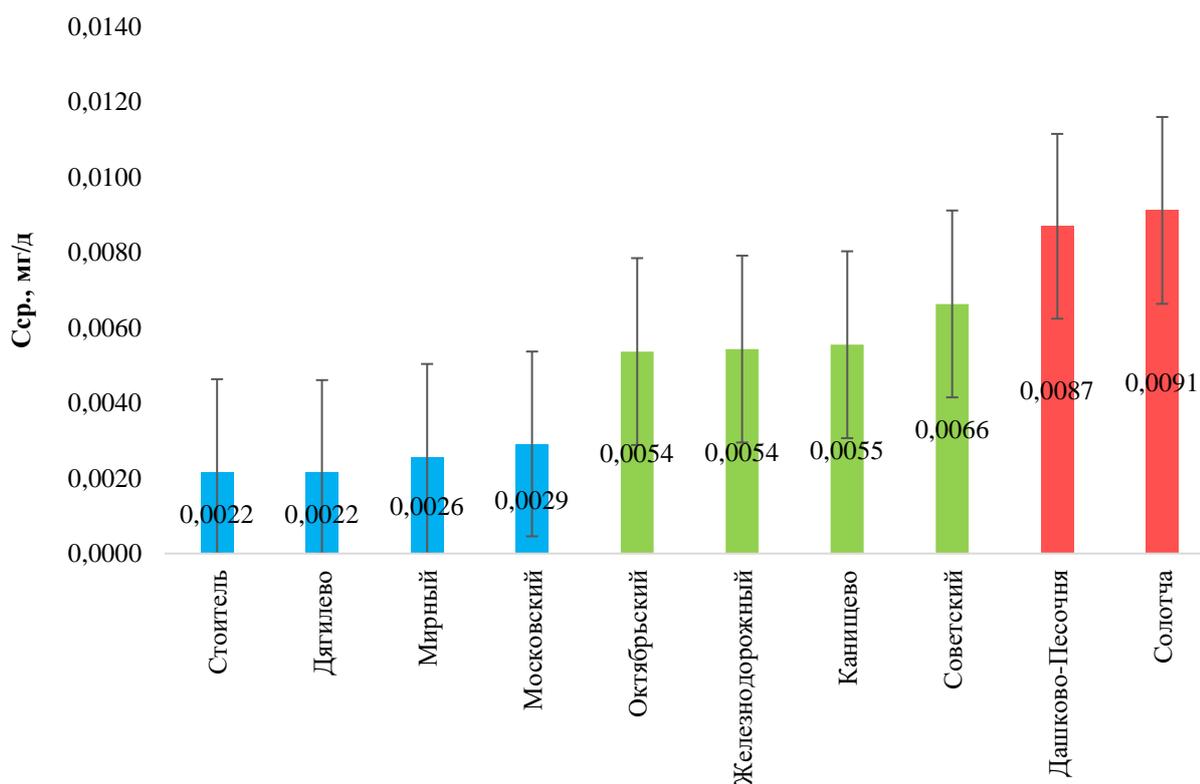
В остальных районах города средние многолетние концентрации никеля имели промежуточное значение и находились в пределах от $0,0054 \pm 0,0025$ мг/л (Октябрьский и Железнодорожный) до $0,0065 \pm 0,0025$ мг/л (Советский) ($p > 0,05$) (рис. 2).

Таблица 4. Содержание кадмия в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани

Район	Кол-во наблюдений	Среднее, мг-кв./л	Проб > ПДК	
			%	ДИ95%
Канищево	105	0,00004 ± 0,0001	0	0–3,5
Советский	105	0,00007 ± 0,0001	0,9	0,2–5,2
Солотча	105	0,00007 ± 0,0001	0	0–3,5
Дягилово	106	0,00010 ± 0,0001	0	0–3,5
Московский	106	0,00010 ± 0,0001	0	0–3,5
Октябрьский	105	0,00014 ± 0,0001	0	0–3,5
Строитель	105	0,00017 ± 0,0001	0	0–3,5
Железнодорожный	105	0,00019 ± 0,0001	0,9	0,2–5,2
Мирный	105	0,00031 ± 0,0001	2,9	0,9–8,1
Дашково-Песочня	106	0,00062 ± 0,0001	4,7	2,6–10,6

Пробы воды, в которых разовые концентрации никеля в питьевой воде превышали соответствующую ПДК (0,02 мг/л) чаще всего регистрировались в жилых районах Дашково-Песочня и Солотча и

составляли соответственно 10,9% (ДИ 95%; 4,7–23,0%) и 11,1% (ДИ 95%; 4,8–23,5%) от их общего количества и реже всего в Мирном и Московском — по 2,2% (ДИ 95%; 0,4–11,3%) ($p > 0,05$).

**Рис. 2.** Средняя концентрация никеля в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани за 2012–2021 годы.

Средний многолетний уровень загрязнения питьевой воды свинцом в п. Мирном составлял 0,0046 мг/л и был в 2–6,5 раза выше, чем в жилых районах

Октябрьский, Дашково-Песочня, Канищево, Московский и Солотча ($p < 0,05$). При этом в 12,9% отобранных проб воды из контрольных точек водоразводящей сети

п. Мирный разовые концентрация выше-названного токсиканта превышали соответствующее ПДК (0,01 мг/л) (табл. 5).

Обращает на себя внимание, что средняя многолетняя концентрация свинца в питьевой воде в п. Строитель была несколько меньше, чем в Мирном, составляла 0,0035 мг/л и была существенно выше, чем в жилых районах Октябрьский и Дашково-Песочня, соответственно в 4,9 и 2,9 раза ($p < 0,05$). В 8,7% проб водопроводной воды отобранных в п. Строитель

обнаруживалось содержание свинца, превышающее его ПДК.

Средние многолетние концентрации свинца в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в жилых районах Железнодорожный, Советский и Дягилево имели близкие значения и колебались в пределах 0,0024–0,0027 мг/л, при этом доля проб воды, в которых разовые концентрации свинца превышали ПДК была наименьшей в Советском районе и составила 5,4%, а наибольшей в Дягилево — 8,5%.

Таблица 5. Содержание свинца в питьевой воде централизованной системы водоснабжения в отдельных районах г. Рязани

Район	Кол-во наблюдений	Среднее, мг-кв./л	Проб > ПДК	
			%	ДИ95%
Октябрьский	93	0,0007 ± 0,0011	2,2	0,6–7,5
Дашково-Песочня	94	0,0012 ± 0,0011	3,2	1,1–9,0
Каницево	93	0,0013 ± 0,0011	4,3	1,7–10,5
Московский	94	0,0018 ± 0,0011	5,3	2,3–11,9
Солотча	92	0,0023 ± 0,0011	6,5	3,0–13,5
Железнодорожный	93	0,0024 ± 0,0011	7,5	3,7–14,7
Советский	93	0,0026 ± 0,0011	5,4	2,3–12,0
Дягилево	94	0,0027 ± 0,0011	8,5	4,4–15,9
Строитель	92	0,0035 ± 0,0011	8,7	4,5–16,2
Мирный	93	0,0046 ± 0,0011	12,9	7,5–21,2

Обращает на себя внимание, что в районах с наименьшими средними многолетними концентрациями свинца в питьевой воде (Октябрьский и Дашково-Песочня) реже всего выявлялись его разовые концентрации выше ПДК, при этом доля таких проб составляла, соответственно 2,2% и 3,2%.

Обсуждение

Выявленные в ходе исследования превышения ПДК кадмия, никеля и свинца в питьевой воде могут быть обусловлены высоким уровнем износа водопроводной сети (более 67%), и как следствие, повышенной аварийностью, приводящей к её вторичному загрязнению [13, 14]. В тоже время нельзя исключать возможность миграции свинца в питьевую воду в результате коррозии стальных труб, эксплуатируемых свыше нормативного срока, а кадмия — из полимерных труб [14,

15]. В тоже время по данным Алексеевой, и др. (2022) [17], в ходе тестирования образцов полимерных материалов миграция неорганических веществ в воду практически отсутствовала. Из металлов в водных вытяжках выявлены незначительные концентрации хрома и кадмия (до 0,005 и 0,03 ПДК соответственно), что не может внести значительный вклад в увеличение концентраций этих металлов в воде водоразводящей сети.

В свою очередь Харина и соавторы отмечают возможности загрязнения тяжелыми металлами подземных водоисточников из негерметичных хранилищ и отстойников промышленных отходов, а также вероятности загрязнения водоносных горизонтов за счет фильтрации металлов из загрязненных верхних слоев почвы [15]. Следует отметить, что вода из подземных источников анализируется по ограниченному количеству параметров,

что не позволяет оценить содержание тяжелых металлов в исходной артезианской воде. В тоже время, выявленные превышения ПДК железа (2+) и бора вероятно обусловлены их естественным повышенным содержанием в артезианских водах, используемых при смешанном типе питания централизованной системы водоснабжения [18].

Заключение

Выявлены территориальные особенности качественного состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения города Рязани заключающиеся в более высоких средних значениях отдельных показателей и процента проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по жесткости в районах Строитель,

Советский, Железнодорожный и Дашково-Песочня; по содержанию санитарно-показательных микроорганизмов — в Строителе, Дашково-Песочне, Мирном и Октябрьском; по содержанию железа (2+) — в Строителе, Железнодорожном, Октябрьском, Канищево и Солотче; по бору — в Строителе; по кадмию — в Дашково-Песочне и Мирном; по никелю — в Дашково-Песочне и Солотче; по свинцу — в Строителе и Мирном.

Таким образом, качественный состав питьевой воды в п. Строителе отличается от других районов города по наибольшему числу показателей: повышенной жесткости, обсемененности санитарно-показательными микроорганизмами, более высокими уровнями загрязнения железом, бором и свинцом.

Список источников

1. Клейн С.В., Вековщина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 3. С. 49–60. doi: [10.21668/health.risk/2020.3.06](https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06)
2. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания — ЗНИСО. 2020. № 4 (325). С. 37–42. doi: [10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42)
3. Горбанев С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А., и др. Федеральный проект «Чистая вода». Первые итоги // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2019. Т. 14, № 1. С. 252–259.
4. Литвинова А.А., Дементьев А.А., Ляпало А.А., и др. Сравнительная характеристика показателей качества воды реки Оки в местах водозаборов хозяйственно-питьевой системы водоснабжения города Рязани // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2022. Т. 30, № 4. С. 481–488. doi: [10.17816/PAVLOVJ89568](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ89568)
5. Литвинова А.А., Дементьев А.А., Ляпало А.А., и др. Сравнительная гигиеническая характеристика качества поверхностных вод в местах водозаборов областного центра // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, № 3. С. 366–372. doi: [10.23888/HMJ201973366-372](https://doi.org/10.23888/HMJ201973366-372)
6. Дымникова О.В., Борман А.Э. Динамика антропогенного загрязнения реки Глубокой в Ростовской области // Безопасность техногенных и природных систем. 2022. № 1. С. 48–56. doi: [10.23947/2541-9129-2022-1-48-56](https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-48-56)
7. Федорова Е.В., Карпунина О.П., Щипачева Л.А., и др. Оценка неконтролируемого стока биогенных веществ с водосборных территорий малых водотоков Среднего Урала, включенных в сельскохозяйственное использование // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 1. С. 68–86. doi: [10.35567/19994508_2022_1_5](https://doi.org/10.35567/19994508_2022_1_5)
8. Шершнева О.В., Павловский А.И., Акулевич А.Ф. Количественная оценка защищенности подземных вод в зоне влияния Гомельского химического завода // Природопользование. 2020. № 2. С. 44–52. doi: [10.47612/2079-3928-2020-2-44-52](https://doi.org/10.47612/2079-3928-2020-2-44-52)
9. 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. С. 28–37. doi: [10.21668/health.risk/2020.2.03](https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.03)
10. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2022 года. Статистический бюллетень. Доступ по ссылке: https://rosstat.gov.ru/storage/media/bank/Chisl_nasel_RF_MO_01-01-2022.xlsx. Ссылка активна на 02.05.2023.
11. Схематическая карта современного потребления подземных вод Московской, Калининской (Тверской), Ярославской, Владимирской, Рязанской, Тульской, Калужской, смоленской областей. Масштаб 1:1 500 000. Доступно по: https://hgepro.ru/mapgis/subekt/kalyzskaya/potr_p_v.pdf. Ссылка активна на 02.05.2023.

12. Постановление Правительства Рязанской области от 29 октября 2019 г. № 331 «О внесении изменений в постановление Правительства Рязанской области от 29 октября 2014 г. № 314 “Об утверждении государственной программы Рязанской области “Развитие коммунальной инфраструктуры, энергосбережение и повышение энергетической эффективности”». Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/6200201911050009>. Ссылка активна на 02.05.2023.
13. Прожорина Т.И., Куролап С.А., Гребенникова О.А. Геоэкологическая оценка состояния централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения малых городов Воронежской области // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, № 2. С. 213–220. doi: [10.35634/2412-9518-2019-29-2-213-220](https://doi.org/10.35634/2412-9518-2019-29-2-213-220)
14. Сазонова О.В., Рязанова Т.К., Тупикова Д.С., и др. К вопросу о качестве питьевого водоснабжения в городском округе Самара // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 3. С. 113–121. doi: [10.17816/snv202093119](https://doi.org/10.17816/snv202093119)
15. Харина Г.В., Алёшина Л.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами // Водное хозяйство России. 2020. № 1. С. 124–134. doi: [10.35567/1999-4508-2020-1-8](https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-8)
16. Галимова А.Р., Тунакова Ю.А. Поступление, содержание и воздействие высоких концентраций металлов в питьевой воде на организм // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 20. С. 165–169.
17. Алексеева А.В., Савостикова О.Н. Методические подходы к повышению надежности оценки факторов риска здоровью при использовании полимерных материалов в системе питьевого водоснабжения // Анализ риска здоровью. 2022. № 2. С. 38–47. doi: [10.21668/health.risk/2022.2.04](https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.04)
18. Джамалов Р.Г., Никаноров А. М, Решетняк О.С., и др. Воды бассейна Оки: химический состав и источники загрязнения // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 3. С. 114–132. doi: [10.23968/2305-3488.2017.21.3.114-132](https://doi.org/10.23968/2305-3488.2017.21.3.114-132)

References

1. Kleyn SV, Vekovshinina SA. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020;(3):48–59. (In Russ). doi: [10.21668/health.risk/2020.3.06.eng](https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06.eng)
2. Mehantiev II. Health Risks for the Population of the Voronezh Region Related to Drinking Water Quality. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2020;(4):37–42. (In Russ). doi: [10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42)
3. Gorbanev SA, Eremin GB, Novikova YuA, et al. Federal project ‘Clean water’. First results. *Health — the Base of Human Potential: Problems and Ways to Solve Them*. 2019;14(1):252–9. (In Russ).
4. Litvinova AA, Dement'yev AA, Lyapkalo AA, et al. Comparative Characteristics of Quality Parameters of Waters of the Oka River in Places of Water Intake of Utility and Drinking Water System in Ryazan. *I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2022;30(4):481–8. (In Russ). doi: [10.17816/PAVLOVJ89568](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ89568)
5. Litvinova AA, Dementiev AA, Lyapkalo AA, et al. Comparative hygienic characteristics quality of surface water in water separation places regional center. *Nauka Molodykh (Eruditio Juvenium)*. 2019;7(3):366–72. (In Russ). doi: [10.23888/HMJ201973366-372](https://doi.org/10.23888/HMJ201973366-372)
6. Dymnikova OV, Borman AE. Dynamics of anthropogenic pollution of the Glubokaya River in the Rostov Region. *Safety of Technogenic and Natural Systems*. 2022;(1):48–56. (In Russ). doi: [10.23947/2541-9129-2022-1-48-56](https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-1-48-56)
7. Fedorova YV, Karpunina OP, Shchipacheva LA, et al. Assessment of uncontrolled runoff of biogenic substances from the Middle Ural small water-courses catchment territories involved into agriculture. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2022;(1):68–86. (In Russ). doi: [10.35567/19994508_2022_1_5](https://doi.org/10.35567/19994508_2022_1_5)
8. Shershnyov OV, Pavlovskii AI, Akulevich AF. Quantitative assessment of groundwater protection in the zone of influenced of the Gomel Chemical Plant. *Nature Management*. 2020;(2):44–52. (In Russ). doi: [10.47612/2079-3928-2020-2-44-52](https://doi.org/10.47612/2079-3928-2020-2-44-52)
9. Bogdanova VD, Kiku PF, Kislitsyna LV. Hygienic assessment of drinking water from underground water sources taken from centralized water supply systems on Island Russkiy. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):28–37. (In Russ). doi: [10.21668/health.risk/2020.2.03.eng](https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.03.eng)
10. *Chislennost' naseleniya Rossiyskoy Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2022 goda. Statisticheskii byulleten'*. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl_nasel_RF_MO_01-01-2022.xlsx. Accessed: 2023 May 02. (In Russ).
11. *Skhematicheskaya karta sovremennogo potrebleniya podzemnykh vod Moskovskoy, Kalininskoy (Tverskoy), Yaroslavskoy, Vladimirskoy, Ryazanskoy, Tul'skoy, Kaluzhskoy, smolenskoy oblastey. Masshtab 1:1 500 000*. Available at: https://hgepro.ru/mapgis/subekt/kalyzskaya/potr_pv.pdf. Accessed: 2023 May 02. (In Russ).
12. Resolution of the Government of the Ryazan region on dated October 29, 2019 No. 331 «О внесении изменений в постановление Правительста Рязанской области от 29 октября 2014 г. № 314 “Об утверждении государственной программы Рязанской области “Развитие коммунальной инфраструктуры, энергосбережение и повышение

- energeticheskoy effektivnosti"». Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/6200201911050009>. Accessed: 2023 May 02. (In Russ).
13. Prozhorina TI, Kurolap SA, Grebennikova OA. Geocological assessment of the state of centralized drinking water supply in small towns of the Voronezh region. *Bulletin of the Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2019; 29(2):213–20. (In Russ). doi: [10.35634/2412-9518-2019-29-2-213-220](https://doi.org/10.35634/2412-9518-2019-29-2-213-220)
14. Sazonova OV, Ryazanov TK, Tupikova DS, et al. The quality of drinking water supply in Samara. *Samara Journal of Science*. 2020;9(3):113–21. (In Russ). doi: [10.17816/snv202093119](https://doi.org/10.17816/snv202093119)
15. Kharina GV, Alyoshina LV. Assessment of the Sverdlovsk oblast drinking water pollution with heavy metal. *Water Sector of Russia*. 2020;(1):124–34. (In Russ). doi: [10.35567/1999-4508-2020-1-8](https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-8)
16. Galimova AR, Tunakova YuA. Postupleniye, so-derzhaniiye i vozdeystviye vysokikh kontsentratsiy metallov v pit'yevoy vode na organizm. *Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta*. 2013; 16(20):165–9. (In Russ).
17. Alekseeva AV, Savostikova ON. Methodical approaches to raising the reliability of health risk assessment when using polymer materials in drinking water supply. *Health Risk Analysis*. 2022;(2): 38–47. (In Russ). doi: [10.21668/health.risk/2022.2.04.eng](https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.04.eng)
18. Dzhamalov RG, Nikanorov AM, Reshetnyak OS, et al. The water of the Oka River basin: chemical composition and sources of pollution. *Water and Ecology: Problems and Solutions*. 2017;(3):114–32. (In Russ). doi: [10.23968/2305-3488.2017.21.3.114-132](https://doi.org/10.23968/2305-3488.2017.21.3.114-132)

Дополнительная информация

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Информация об авторах:

✉ *Литвинова Анастасия Александровна* — ассистент кафедры общей гигиены, SPIN: 6920-8401, <https://orcid.org/0000-0002-1877-2661>, e-mail: anastasiya_smoro@mail.ru

Дементьев Алексей Александрович — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой общей гигиены, SPIN: 3797-9108, <https://orcid.org/0000-0003-3038-5530>, e-mail: dementiev_a@mail.ru

Цурган Александр Михайлович — канд. мед. наук, доцент кафедры общей гигиены, SPIN: 1456-6779, <https://orcid.org/0000-0002-3742-2018>, e-mail: soldos1@yandex.ru

Коришнова Елена Петровна — канд. мед. наук, доцент кафедры общей гигиены, SPIN: 5445-8991, <https://orcid.org/0000-0002-9042-3888>, e-mail: gigikorsh@yandex.ru

Бульчева Галина Николаевна — канд. мед. наук, доцент кафедры общей гигиены, SPIN: 7569-3325, <https://orcid.org/0000-0003-0277-6657>, e-mail: g.bulycheva@rzgmu.ru

Вклад авторов:

Литвинова А. А. — концепция и дизайн, написание текста, редактирование.

Дементьев А. А. — концепция и дизайн, редактирование.

Цурган А. М. — концепция и дизайн, редактирование.

Коришнова Е. П. — редактирование.

Бульчева Г. Н. — написание текста, сбор и обработка материала. Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи — все соавторы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Funding. The authors declare no funding for the study.

Information about the authors:

✉ *Anastasiya A. Litvinova* — Assistant of the Department of General Hygiene, SPIN: 6920-8401, <https://orcid.org/0000-0002-1877-2661>, e-mail: anastasiya_smoro@mail.ru

Aleksey A. Dement'yev — MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene, SPIN: 3797-9108, <https://orcid.org/0000-0003-3038-5530>, e-mail: dementiev_a@mail.ru

Aleksandr M. Tsurgan — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of General Hygiene, SPIN: 1456-6779, <https://orcid.org/0000-0002-3742-2018>, e-mail: soldos1@yandex.ru

Elena P. Korshunova — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of General Hygiene, SPIN: 5445-8991, <https://orcid.org/0000-0002-9042-3888>, e-mail: gigikorsh@yandex.ru

Galina N. Bulycheva — MD, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of General Hygiene, SPIN: 7569-3325, <https://orcid.org/0000-0003-0277-6657>, e-mail: g.bulycheva@rzgmu.ru

Contribution of the authors:

Litvinova A. A. — concept and design, writing the text, editing.

Dement'yev A. A. — concept and design, editing.

Tsurgan A.M. — concept and design, editing.

Korshunova E. P. — editing.

Bulycheva G. N. — writing the text, collecting and processing the material.

Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article all authors.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.