



## Оценка системы водоснабжения и качества питьевой воды централизованных источников города Владимира

Т.А. Трифонова<sup>1,2</sup>, А.А. Марцев<sup>1</sup>, О.Г. Селиванов<sup>1</sup>, Ю.Н. Курбатов<sup>1</sup>, И.Н. Курочкин<sup>1</sup>, Л.Н. Романова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
ул. Горького, д. 87, г. Владимир, 600000, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,  
Ленинские горы, д. 1, стр. 12, г. Москва, 119991, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Известно, что качество питьевой воды и ее доступность являются ключевыми факторами, определяющими состояние здоровья населения. Владимирский водопровод относится к одному из старейших в России. На сегодня большинство трубопроводов распределительной водопроводной сети города имеют значительный физический износ, что может существенно влиять на качество питьевой воды, подаваемой населению.

**Цель исследования:** оценка качества питьевой воды централизованных источников города Владимира на соответствие требованиям гигиенических нормативов.

**Материалы и методы.** Были проведены исследования качества воды на соответствие требованиям гигиенических нормативов источников водозабора; воды, подаваемой в распределительную сеть города; воды централизованных источников, поступающей непосредственно конечному потребителю. При проведении исследования были использованы статистические данные аккредитованной химической лаборатории Центра контроля воды МУП «Владимирводоканал» за 2019–2023 гг. по 17 показателям и собственные данные кафедры биологии и экологии ВлГУ за 2023 год (9 проб, по три пробы в каждом районе города) по 20 показателям. Для определения ионов использовали систему капиллярного электрофореза «Капель-205»; тяжелых металлов – рентгенофлуоресцентный метод на приборе «Спектроскан МАКС-G». Анализ других показателей проб воды проводили с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии и титриметрического метода. Статистическую обработку осуществляли с помощью классических методов вариационной статистики в программе MS Office Excel.

**Результаты.** Установлено, что в зависимости от источника водопотребления в отдельных районах города в питьевой воде отмечено превышение предельно допустимых концентраций по фторид-ионам (среднее значение в Ленинском районе – 1,57 мг/дм<sup>3</sup>) и жесткости (среднее значение в Ленинском районе – 7,54 мг-экв/дм<sup>3</sup>), а также значения ниже минимальных значений допустимых гигиенических норм по ионам железа (от 0,007 до 0,028 мг/дм<sup>3</sup>), цинка (от 0,054 до 0,078 мг/дм<sup>3</sup>), меди (от 0,014 до 0,072 мг/дм<sup>3</sup>), кобальта (0,001 мг/дм<sup>3</sup>), калия (среднее значение в Ленинском районе 0,51 мг/дм<sup>3</sup>), натрия (среднее значение в Ленинском районе 5,1 мг/дм<sup>3</sup>) и сульфат-ионам (среднее значение во Фрунзенском районе 18,08 мг/дм<sup>3</sup>).

**Заключение.** Вода централизованных источников города в целом (за исключением фторид-ионов и жесткости) соответствует санитарно-гигиеническим нормативам СанПиН 2.1.3684–21, однако есть несоответствие по допустимым гигиеническим нормам. Жителям города Владимира для восполнения возможного дефицита эссенциальных элементов рекомендуется дополнительно проводить искусственную минерализацию питьевой воды.

**Ключевые слова:** питьевая вода централизованных источников, санитарно-гигиенические показатели, допустимые гигиенические нормы, здоровье населения

**Для цитирования:** Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Курочкин И.Н., Романова Л.Н. Оценка системы водоснабжения и качества питьевой воды централизованных источников города Владимира // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 8. С. 35–43. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-8-35-43

## Assessment of the Water Supply System and the Quality of Drinking Water from Centralized Sources in the City of Vladimir

Tatiana A. Trifonova,<sup>1,2</sup> Anton A. Martsev,<sup>1</sup> Oleg G. Selivanov,<sup>1</sup> Yuriy N. Kurbatov,<sup>1</sup> Ivan N. Kurochkin,<sup>1</sup> Lyudmila N. Romanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University, 87 Gorky Street, Vladimir, 600000, Russian Federation

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Bldg 12, 1 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** It is known that the quality of drinking water and its availability are key factors determining health of the population. The Vladimir water supply system is one of the oldest in Russia. Today, most of the pipelines of the urban water distribution network have significant physical wear, which can significantly affect the quality of tap water.

**Objective:** To assess of the quality of drinking water from centralized sources in the city of Vladimir for compliance with hygienic standards.

**Materials and methods:** Water from intake sources, before supply to the distribution system, and in the tap was tested for compliance with water quality standards. We used the results of measuring 17 water quality parameters by the accredited chemical laboratory of the Water Quality Control Center of “Vladimirvodokanal” for 2019–2023 and our own results of testing 9 water samples, three samples per district, for 20 quality indicators in the chemical laboratory of the Department of Biology and Ecology of the Vladimir State University in 2023. The “Kapel-205” capillary electrophoresis system was used to determine the ions; heavy metals were measured using the Spectroscan MAX-G X-ray fluorescence spectrometer. Other water quality parameters were established using methods of potentiometry, conductometry, and titrimetry. Classical methods of variation statistics were applied for data analysis in Microsoft Excel.

**Results:** We found that, depending on the source of water intake, the levels of fluoride ions and solids in some districts exceeded maximum allowable concentrations (mean values in the Leninsky district were 1.57 mg/dm<sup>3</sup> and 7.54 mg-eq/dm<sup>3</sup>, respectively). At the same time, our findings for the ions of iron (0.007–0.028 mg/dm<sup>3</sup>), zinc (0.054–0.078 mg/dm<sup>3</sup>),

copper (0.014–0.072 mg/dm<sup>3</sup>), cobalt (0.001 mg/dm<sup>3</sup>), potassium (the mean for the Leninsky district = 0.51 mg/dm<sup>3</sup>), sodium (the mean for the Leninsky district = 5.1 mg/dm<sup>3</sup>), and sulfate (the mean for the Frunzensky district = 18.08 mg/dm<sup>3</sup>) were below the lower limits of acceptable hygienic standards.

**Conclusions:** The quality of water from centralized sources of the city as a whole complies with the requirements of Russian Sanitary Rules and Norms SanPiN 2.1.3684–21, except for fluoride ions and solids; yet, it does not meet some acceptable hygienic standards. Artificial drinking water mineralization is recommended to the residents of the city of Vladimir to make up for possible deficiency of essential elements.

**Keywords:** drinking water from centralized sources, water quality parameters, acceptable hygienic standards, public health.

**Cite as:** Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, Kurbatov YuN, Kurochkin IN, Romanova LN. Assessment of the water supply system and the quality of drinking water from centralized sources in the city of Vladimir. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(8):35–43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-8-35-43

**Введение.** В соответствии с Указом<sup>1</sup> Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 обеспечение населения Российской Федерации качественной питьевой водой является стратегической задачей. Известно, что качество питьевой воды непосредственно влияет на здоровье населения [1–4]. Так, по оценке Всемирной организации здравоохранения, некачественная питьевая вода является причиной более 80 % болезней<sup>2</sup>, поэтому качество питьевой воды и ее доступность являются ключевыми факторами, определяющими состояние здоровья населения.

К основным проблемам в сфере водоснабжения в настоящее время относятся сброс в поверхностные воды плохо очищенных сточных вод, неудовлетворительное техническое состояние систем водоснабжения, низкая эффективность водопользования, а также дефицит финансирования в сектор водоснабжения и водоотведения.

Для развития и улучшения коммунальной инфраструктуры и, в частности, системы водоснабжения и водоотведения в г. Владимире была принята «Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования город Владимир на 2016–2032 годы»<sup>3</sup>, где были зафиксированы важные целевые показатели: снижение износа городских сетей водоснабжения до 50,0 %, сетей водоотведения – до 56,0 %, сокращение потерь воды на сетях водоснабжения до 12 % от общего объема водопотребления. На сегодня большинство трубопроводов распределительной водопроводной сети города Владимира имеют значительный физический износ, около 57 %<sup>4</sup>, что может существенно влиять на качество питьевой воды, подаваемой населению.

Системы водоподготовки населенных пунктов ориентированы на санитарно-гигиенические нормативы, в которых представлены предельно допустимые концентрации (ПДК) химических элементов (ионов). Между тем, представляется важным наличие в питьевой воде необходимых организму химических элементов в концентрациях, соответствующих диапазонам допустимых гигиенических норм (ДГН) [5]. Содержание в питьевой воде микроэлементов является определяющим фактором формирования микроэлементного статуса организма, так как

наиболее эффективное их усвоение идет именно из водных растворов [6–8].

**Цель исследования** – оценка качества питьевой воды централизованных источников города Владимира на соответствие требованиям гигиенических нормативов.

**Материалы и методы.** Объектом исследования является питьевая вода централизованных источников города Владимира. В настоящее время город обеспечивается в основном водой из реки Нерль и Судогодского подземного водозабора. Вода подземного Судогодского водозабора подается в город жителям Ленинского и Октябрьского районов. Вода поверхностного водозабора р. Нерль, в отличие от воды Судогодского подземного водозабора, проходит водоподготовку на очистной водопроводной станции и подается во Фрунзенский и также в Октябрьский районы. Система водоснабжения г. Владимира закольцована, поэтому на отдельных улицах (Октябрьский район) происходит смешение воды (рисунок). Соотношение потребления воды из поверхностных источников к воде из подземных источников примерно один к одному. Суммарная протяженность водопроводных сетей города составляет 814,27 км, при этом водоснабжение осуществляется тремя насосными станциями 2-го подъема, пятью насосными станциями 3-го подъема и 42 подкачивающими станциями, работающими на высотную зону застройки города. Аккумуляция питьевой воды осуществляется в 22 резервуарах чистой воды с суммарным объемом 83 400 м<sup>3</sup>.

Были проведены исследования качества воды источников водозабора; воды, подаваемой в распределительную сеть города; воды централизованных источников, поступающей непосредственно конечному потребителю. При проведении исследования были использованы данные аккредитованной химической лаборатории Центра контроля воды МУП «Владимирводоканал» за 2019–2023 гг. по 17 показателям (органолептическим – 2; общим – 6; химическим – 9) и собственные данные кафедры биологии и экологии ВлГУ (отобрано 9 проб, по три пробы в каждом районе города) за 2023 г. по 20 показателям (общим – 2; химическим – 18).

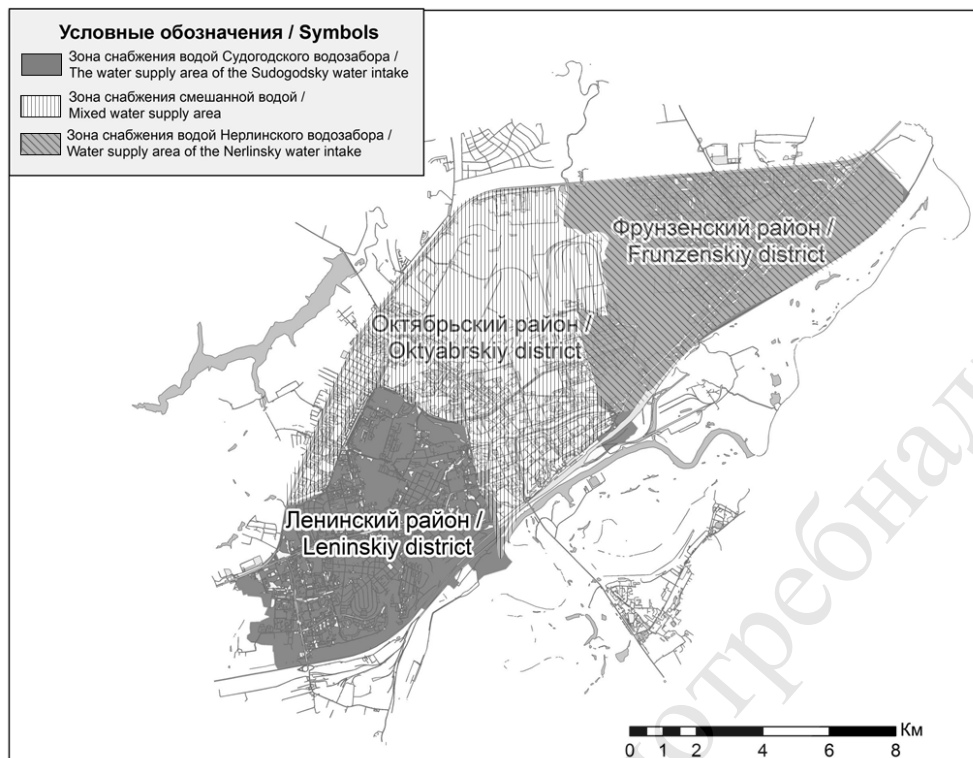
Для проведения анализа качества питьевой воды централизованного водоснабжения г. Владимира,

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

<sup>2</sup> World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1. Geneva; 1993.

<sup>3</sup> Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования город Владимир на 2016–2032 годы. Утверждена Решением Совета народных депутатов города Владимира от 25 февраля 2016 г. № 149.

<sup>4</sup> Схема водоснабжения и водоотведения города Владимир [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vladimir-city.ru/upload/static/gkx/Poyasnitelnaya.pdf>. Ссылка активна на 19 марта 2024 г.



**Рисунок.** Схема снабжения города Владимира питьевой водой  
**Figure.** Drinking water supply scheme for the city of Vladimir

непосредственно поступающей конечному потребителю, авторами в декабре 2023 года были отобраны пробы воды из разных районов города. Отбор проб производился по ГОСТ Р 51592-00 в чистые стеклянные емкости объемом 1 дм<sup>3</sup> с герметично закрывающимися пластмассовыми пробками. Анализ каждой пробы воды проводился в трех повторностях на аналитическом оборудовании кафедры биологии и экологии ВлГУ. Концентрации катионов в питьевой воде определяли по методике М 01-31-2011 «Определение неорганических катионов в воде» (ПНД Ф 14.1:2.4.167-2000 (изд. 2011 г.)), концентрации анионов в питьевой воде – в соответствии с методикой М 01-58-2018 «Определение неорганических анионов в воде» (ПНД Ф 14.1:2.3:4.282-18) с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-205». Определение концентраций тяжелых металлов в питьевой воде проводили по методике М-049-ВП/09 «Методика выполнения измерений массовой концентрации свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, железа, хрома, ванадия, висмута, кадмия, селена, мышьяка в природных, питьевых и сточных водах рентгенофлуоресцентным методом после концентрирования их пирролидин-дитиокарбаминатных комплексов на фильтрах», с использованием прибора «Спектроскан МАКС-G». Анализ других показателей проб воды проводили по стандартным методикам с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии, титриметрического метода.

Оценку содержания химических элементов в пробах воды проводили в соответствии с СанПиН

1.2.3685–21<sup>5</sup> и с диапазонами допустимых гигиенических норм [5].

Статистическую обработку осуществляли с помощью классических методов вариационной статистики в программе MS Office Excel. Определялись минимальные (min) и максимальные (max) значения вариационного ряда, а также средние (M) значения показателей качества воды.

**Результаты.** На первом этапе исследования был проведен статистический анализ данных о качестве воды источников водозабора. В табл. 1 представлены средние (M) и диапазон (min – max) значений показателей качества воды водоисточников, используемых для водоснабжения г. Владимира, по данным МУП «Владимирводоканал».

В соответствии с данными табл. 1 вода из реки Нерль характеризуется повышенной мутностью, цветностью, перманганатной окисляемостью и высоким содержанием железа. Вода Судогодского подземного водозабора, согласно табл. 1, обладает хорошими органолептическими показателями – низкой мутностью и цветностью. Концентрации Fe, Mn, Cr, Cu, Zn и анионов не превышают ПДК.

На втором этапе исследования была проведена оценка показателей качества воды, подаваемой в распределительную сеть города. В табл. 2 представлены усредненные данные химической лаборатории Центра контроля воды МУП «Владимирводоканал» за первое полугодие 2023 года.

Анализ табл. 2 показал, что действующая на сегодня система водоподготовки г. Владимира обеспечивает надлежащее качество питьевой воды.

<sup>5</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 2022. 668 с.



**Таблица 1. Показатели качества воды водоисточников, используемых для водоснабжения г. Владимира (за 2019–2023 гг.)****Table 1. Indicators of water quality of water sources used for water supply in the city of Vladimir (for 2019–2023)**

| №  | Наименование показателя, ед. изм. / Indicator, UoM                                           | ПДК, не более / MAC, less than | Река Нерль, М (min – max) / Nerl River, M (min – max) | Судогодский подземный водозабор, М (min – max) / Sudogodsky underground water intake, M (min – max) |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> / Turbidity, mg/dm <sup>3</sup>                                 | 1,5                            | <b>4,7*</b> (1,2–28,3)                                | < 0,3 (0,05– 0,07)                                                                                  |
| 2  | Цветность, градусы / Color, degrees                                                          | 20°                            | 48° (17,5°–149°)                                      | 2° (1°–3°)                                                                                          |
| 3  | рН, единицы / pH, units                                                                      | 6,0–9,0                        | 7,84 (7,3–8,5)                                        | 7,56 (7,4–8,2)                                                                                      |
| 4  | Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> / Solids, , mg-eq/dm <sup>3</sup>                          | 7,0                            | 4,38 (2,1–5,3)                                        | 6,38 (4,7–8,3)                                                                                      |
| 5  | Перманганатная окисляемость, мг/дм <sup>3</sup> / Permanganate oxidation, mg/dm <sup>3</sup> | 5,0                            | <b>6,42</b> (3,5–26,0)                                | < 0,25 (0,15–0,54)                                                                                  |
| 6  | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> / Dry residue, mg/dm <sup>3</sup>                          | 1000                           | 263 (197–315)                                         | 389 (385–403)                                                                                       |
| 7  | Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup> / Petroleum products, mg/dm <sup>3</sup>                   | 0,1                            | 0,007 (0,005–0,015)                                   | < 0,005                                                                                             |
| 8  | АПАВ, мг/дм <sup>3</sup> / Anionic surfactants, mg/dm <sup>3</sup>                           | 0,5                            | 0,045 (0,025–0,097)                                   | 0,028 (0,025–0,032)                                                                                 |
| 9  | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> / Nitrates, mg/dm <sup>3</sup>                                   | 45,0                           | 3,16 (0,36–8,24)                                      | 2,2 (1,8–3,4)                                                                                       |
| 10 | Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup> / Sulfates, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 500                            | 18,8 (12,0–50,4)                                      | 100,2 (92–109)                                                                                      |
| 11 | Фториды, мг/дм <sup>3</sup> / Fluorides, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 1,5                            | 0,11 (0,04–0,46)                                      | 1,2 (1,13–1,6)                                                                                      |
| 12 | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> / Chlorides, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 350                            | 8,32 (4,7–25,9)                                       | 2,2 (2,09–2,3)                                                                                      |
| 13 | Железо общее, мг/дм <sup>3</sup> / Total iron, mg/dm <sup>3</sup>                            | 0,3                            | <b>0,84</b> (0,23–1,8)                                | < 0,1 (0,05–1,1)                                                                                    |
| 14 | Марганец, мг/дм <sup>3</sup> / Manganese, mg/dm <sup>3</sup>                                 | 0,1                            | 0,1 (0,022–0,158)                                     | < 0,05 (0,02–0,08)                                                                                  |
| 15 | Хром, мг/дм <sup>3</sup> / Chromium, mg/dm <sup>3</sup>                                      | 0,5                            | < 0,01                                                | < 0,01                                                                                              |
| 16 | Медь, мг/дм <sup>3</sup> / Copper, mg/dm <sup>3</sup>                                        | 1,0                            | 0,0024                                                | < 0,002                                                                                             |
| 17 | Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg/dm <sup>3</sup>                                          | 5,0                            | < 0,05                                                | < 0,05                                                                                              |

Примечание: \* – полужирным выделены значения выше ПДК.

Note: \* values above the maximum allowable concentration are in bold.

**Таблица 2. Показатели качества питьевой воды, подаваемой в распределительную сеть г. Владимира****Table 2. Indicators of the quality of drinking water supplied to the distribution network of Vladimir**

| №  | Наименование показателя, ед. изм. / Indicator, UoM                                           | ПДК, не более / MAC, less than | Зона водоснабжения Нерлинского водозабора, М (min-max) / Water supply area of the Nerlinsky water intake, M (min-max) | Зона водоснабжения Судогодского водозабора, М (min-max) / Water supply area of the Sudogodsky water intake, M (min-max) |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Мутность, ЕМФ / Turbidity, FTU                                                               | 2,6                            | < 1 (0,5–1,2)                                                                                                         | < 1 (0,4–1,3)                                                                                                           |
| 2  | Цветность, градусы / Color, degrees                                                          | 20°                            | 12° (8°–15°)                                                                                                          | 4° (2°–5°)                                                                                                              |
| 3  | рН, единицы / pH, units                                                                      | 6,0–9,0                        | 7,22 (6,3–7,8)                                                                                                        | 7,64 (7,1–7,9)                                                                                                          |
| 4  | Жесткость, °Ж / Solids, mg-eq/dm <sup>3</sup>                                                | 7,0                            | 4,3 (3,5–4,9)                                                                                                         | 6,0 (5,8 – 7,2)                                                                                                         |
| 5  | Перманганатная окисляемость, мг/дм <sup>3</sup> / Permanganate oxidation, mg/dm <sup>3</sup> | 5,0                            | 3,2 (2,8–3,8)                                                                                                         | < 0,25 (0,17–0,30)                                                                                                      |
| 6  | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> / Dry residue, mg/dm <sup>3</sup>                          | 1000                           | 267 (230–281)                                                                                                         | 390 (370–415)                                                                                                           |
| 7  | Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup> / Petroleum products, mg/dm <sup>3</sup>                   | 0,1                            | < 0,005                                                                                                               | < 0,005                                                                                                                 |
| 8  | АПАВ, мг/дм <sup>3</sup> / Anionic surfactants, mg/dm <sup>3</sup>                           | 0,5                            | < 0,025                                                                                                               | < 0,025                                                                                                                 |
| 9  | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> / Nitrates, mg/dm <sup>3</sup>                                   | 45,0                           | 2,9                                                                                                                   | –                                                                                                                       |
| 10 | Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup> / Sulfates, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 500                            | 24 (18–30)                                                                                                            | 75,4 (68,9–78,2)                                                                                                        |
| 11 | Фториды, мг/дм <sup>3</sup> / Fluorides, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 1,5                            | –                                                                                                                     | 1,2 (0,8–1,4)                                                                                                           |
| 12 | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> / Chlorides, mg/dm <sup>3</sup>                                  | 350                            | 24 (17–32)                                                                                                            | –                                                                                                                       |
| 13 | Железо общее, мг/дм <sup>3</sup> / Total iron, mg/dm <sup>3</sup>                            | 0,3                            | 0,095 (0,068–0,18)                                                                                                    | < 0,05 (0,02–0,07)                                                                                                      |
| 14 | Марганец, мг/дм <sup>3</sup> / Manganese, mg/dm <sup>3</sup>                                 | 0,1                            | < 0,01                                                                                                                | < 0,01                                                                                                                  |
| 15 | Хром, мг/дм <sup>3</sup> / Chromium, mg/dm <sup>3</sup>                                      | 0,5                            | < 0,01                                                                                                                | –                                                                                                                       |
| 16 | Медь, мг/дм <sup>3</sup> / Copper, mg/dm <sup>3</sup>                                        | 1,0                            | 0,0044                                                                                                                | 0,0018                                                                                                                  |
| 17 | Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg/dm <sup>3</sup>                                          | 5,0                            | < 0,05                                                                                                                | < 0,05                                                                                                                  |

Однако отмечаем, что усредненные данные табл. 2 не исключают возможность отклонения значений в большую сторону.

Учитывая тот факт, что система водоснабжения г. Владимира закольцована и на отдельных улицах происходит смешение воды поверхностного и подземного водозабора, на третьем этапе исследования авторами были проанализированы пробы питьевой воды централизованного водоснабжения с различных районов города, непосредственно отобранные у конечного потребителя – жителей города Владимира. Был проведен анализ по 20 показателям. Результаты представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что в Ленинском районе наблюдается превышение ПДК по фторид-ионам – 1,04 ПДК и по жесткости – 1,07 ПДК, что непосредственно связано с использованием в водоснабжении данного района воды Судогодского водозабора, которая изначально имеет высокие показатели по данным параметрам (табл. 1, 2). В Октябрьском и Фрунзенском районах превышений санитарно-гигиенических норм по анализируемым значениям не выявлено.

**Обсуждение.** Река Нерль является крупным левобережным притоком р. Клязьмы, длиной 284 км, берущая начало из болотистых лесов Переславского района Ярославской области. Повышенная мутность, цветность и высокое содержание железа изначально связаны с болотистым характером ее

питания. Повышенная перманганатная окисляемость указывает прежде всего на высокое содержание в речной воде органических соединений, вероятно, поступающих с плохо очищенными сточными водами сельхозпредприятий, в результате отсутствия центральной канализации в ряде сельских населенных пунктов, а также неудовлетворительной работы местных очистных сооружений. Высокое содержание железа (2,8 ПДК) обусловлено прежде всего влиянием притоков реки, дренирующих заболоченные территории [9]. Повышенное образование железа в болотных водах связано с процессами минерализации торфа, в ходе которых происходит высвобождение железа из железоорганических комплексов, вследствие деятельности гетеротрофных железобактерий [10]. Содержание марганца находится на уровне ПДК. Данное обстоятельство, вероятно, связано с региональной спецификой геохимического состава водовмещающих пород, содержащих Mn, а также с особенностями режима функционирования и питания подземных вод, где протекает река Нерль [11]. Другие металлы присутствуют в очень низких концентрациях, превышений по анионам не выявлено.

Эксплуатируемым водоносным горизонтом подземных вод Судогодского водозабора является Клязьминско-Ассельский водоносный горизонт известняков верхнего карбона. Средняя глубина артезианских скважин составляет 70 м. Согласно

**Таблица 3. Показатели качества централизованной водопроводной воды по районам г. Владимира**  
**Table 3. Indicators of the quality of centralized tap water by districts of Vladimir**

| №  | Наименование показателя, ед. изм. / Indicator, UoM                | ПДК / MAC | ДГН / Acceptable hygienic standard | Октябрьский район / Oktyabrsky district | Ленинский район / Leninsky district | Фрунзенский район / Frunzensky district |
|----|-------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
|    |                                                                   |           |                                    | М (min-max)                             |                                     |                                         |
| 1  | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> / Chlorides, mg/dm <sup>3</sup>       | 350       | 10–350                             | 20,11 (18–21,4)                         | 16,42 (15,3–17,2)                   | 20,09 (19,1–21,4)                       |
| 2  | Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup> / Sulfates, mg/dm <sup>3</sup>       | 500       | 25–500                             | 27,83 (25,6–28,5)                       | 95,74 (91,2–97,4)                   | 18,08 (16,8–19,6)                       |
| 3  | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> / Nitrates, mg/dm <sup>3</sup>        | 45,0      | –                                  | 2,40                                    | 5,16                                | 1,88                                    |
| 4  | Фториды, мг/дм <sup>3</sup> / Fluorides, mg/dm <sup>3</sup>       | 1,5       | 0,5–1,5                            | 0,49** (0,44–0,52)                      | <b>1,57***</b> (1,3–1,66)           | 0,17 (0,14–0,19)                        |
| 5  | Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup> / Phosphates, mg/dm <sup>3</sup>      | 3,5       | –                                  | 0,62 (0,54–0,68)                        | 0,61 (0,58–0,64)                    | 1,69 (1,54–1,78)                        |
| 6  | Калий, мг/дм <sup>3</sup> / Potassium, mg/dm <sup>3</sup>         | –         | 1–25                               | 1,93 (1,69–2,07)                        | 0,51 (0,48–0,55)                    | 2,12 (1,98–2,18)                        |
| 7  | Натрий, мг/дм <sup>3</sup> / Sodium, mg/dm <sup>3</sup>           | 200       | 6–200                              | 8,33 (7,95–8,46)                        | 5,1 (4,8–5,3)                       | 10,53 (10,3–10,6)                       |
| 8  | Магний, мг/дм <sup>3</sup> / Magnesium, mg/dm <sup>3</sup>        | 50        | 6–73                               | 22,18 (21,74–22,35)                     | 38,53 (37,10–38,94)                 | 24,23 (23,30–24,78)                     |
| 9  | Кальций, мг/дм <sup>3</sup> / Calcium, mg/dm <sup>3</sup>         | –         | 20–130                             | 82,09 (78,24–84,3)                      | 73,75 (72,4–74,1)                   | 103,65 (102,8–105,1)                    |
| 10 | Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> / Solids, mg-eq/dm <sup>3</sup> | 7,0       | –                                  | 5,82 (5,5–5,9)                          | <b>7,54 (7,3–7,7)</b>               | 6,13 (5,9–6,2)                          |
| 11 | pH, единицы / pH, units                                           | 6,0–9,0   | –                                  | 7,17                                    | 7,69                                | 7,23                                    |
| 12 | Железо общее, мг/дм <sup>3</sup> / Total iron, mg/dm <sup>3</sup> | 0,3       | 0,2–0,3                            | 0,025 (0,022–0,028)                     | 0,01 (0,007–0,013)                  | 0,013 (0,011–0,015)                     |
| 13 | Свинец, мг/дм <sup>3</sup> / Lead, mg/dm <sup>3</sup>             | 0,03      | –                                  | 0,015 (0,012–0,016)                     | 0,012 (0,009–0,014)                 | 0,017 (0,015–0,019)                     |
| 14 | Цинк, мг/дм <sup>3</sup> / Zinc, mg/dm <sup>3</sup>               | 5,0       | 3,0–5,0                            | 0,074 (0,069–0,078)                     | 0,064 (0,059–0,066)                 | 0,057 (0,054–0,061)                     |
| 15 | Медь, мг/дм <sup>3</sup> / Copper, mg/dm <sup>3</sup>             | 1,0       | 0,1–0,5                            | 0,021 (0,019–0,023)                     | 0,070 (0,069–0,072)                 | 0,016 (0,014–0,018)                     |
| 16 | Никель, мг/дм <sup>3</sup> / Nickel, mg/dm <sup>3</sup>           | 0,1       | –                                  | 0,002 (0,001–0,003)                     | 0,003 (0,002–0,004)                 | 0,002 (0,001–0,003)                     |
| 17 | Хром, мг/дм <sup>3</sup> / Chromium, mg/dm <sup>3</sup>           | 0,05      | –                                  | 0,002 (0,001–0,003)                     | 0,002 (0,001–0,003)                 | 0,0015 (0,001–0,002)                    |
| 18 | Ванадий, мг/дм <sup>3</sup> / Vanadium, mg/dm <sup>3</sup>        | 0,1       | –                                  | 0,002 (0,001–0,003)                     | 0,003 (0,002–0,004)                 | 0,003 (0,002–0,004)                     |
| 19 | Кадмий, мг/дм <sup>3</sup> / Cadmium, mg/dm <sup>3</sup>          | 0,001     | –                                  | <НПК* / <LLOQ*                          | <НПК* / <LLOQ                       | <НПК* / <LLOQ                           |
| 20 | Кобальт, мг/дм <sup>3</sup> / Cobalt, mg/dm <sup>3</sup>          | 0,1       | 0,025–0,1                          | 0,001                                   | 0,001                               | 0,001                                   |

Примечание: \* – нижний предел количественного определения; \*\* – курсивом выделены значения ниже минимальных значений ДГН; \*\*\* – полужирным выделены значения выше ПДК.

Notes: \* lower limit of quantification; \*\* values below the acceptable hygienic standard are in italics; \*\*\* values above the maximum allowable concentration (MAC) are in bold.

данным МУП «Владимирводоканал»<sup>6</sup>, подземные воды по химическому составу относятся к сульфатно-гидрокарбонатным и кальциево-магниевым типам вод с величиной минерализации 240–480 мг/дм<sup>3</sup> и pH 7,4–8,2. Значение общей жесткости в динамике по годам находится в диапазоне от 4,7 до 8,3 мг-экв/дм<sup>3</sup>; среднее значение за пять лет составляет 6,38 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что характеризует воду как умеренно жесткую. Среднемноголетняя концентрация фторид-ионов в Судогодской подземной воде составляет 1,2 мг/дм<sup>3</sup>; при этом максимальные значения в отдельные годы были на уровне 1,6 мг/дм<sup>3</sup>. Такое количество фторид-ионов здесь обусловлено прежде всего региональной спецификой геохимического состава водовмещающих пород в районе Верхне-Судогодского водозабора, постепенным подтягиванием минерализованных вод глубочайших горизонтов, соприкасающихся с богатыми фтором породами, вследствие интенсивного водозабора, а также изменением гидродинамического режима подземных водоносных комплексов в карбонатных отложениях каменноугольного возраста<sup>7</sup> [12].

Несоответствие санитарно-гигиеническим требованиям качества питьевой воды, подаваемой непосредственно жителям города Владимира, выявлено только в Ленинском районе. Кратковременное употребление жителями данного района умеренно жесткой питьевой воды опасным для здоровья не является. Однако длительное употребление такой воды может привести к развитию заболеваний опорно-двигательного аппарата и мочевыделительной системы. Повышенное отложение солей жесткости на электронагревательных элементах способствует более быстрому выходу их из строя. Содержание фторид-ионов в питьевой воде выше ПДК может быть причиной флюороза, снижения обмена кальция и фосфора в организме, нарушения белкового и углеводного обмена, усиления процессов торможения в центральной нервной системе [13]. Для удаления избыточного фтора из питьевой воды существуют различные методы дефторирования [14–15], однако они достаточно дорогие. Централизованного дефторирования воды в городе не производится. Жителям Ленинского района рекомендуется для снижения фторид-ионов в питьевой воде использовать метод смешения воды из артезианских скважин с водой из поверхностных водоисточников с низким содержанием фтора либо бытовые фильтры на основе активированного угольного сорбента и обратного осмоса, способные задерживать ионы фтора. В образовательных (особенно дошкольных и школьных) учреждениях Ленинского района с целью снижения негативного воздействия на здоровье детей необходимо устанавливать пункты доочистки от избыточного фтора.

В результате анализа воды централизованных источников города Владимира на соответствие допустимым гигиеническим нормам было установлено, что значения по общему железу, цинку,

меди и кобальту во всех районах города находятся ниже минимальных значений ДГН. Железо, являясь эссенциальным для человека микроэлементом, участвует в процессах кроветворения, внутриклеточного обмена и регулирования окислительно-восстановительных процессов, в образовании метаболически активных металлопротеиновых комплексов [5]. Железо – трудно усваиваемый элемент (особенно его неорганическая форма, в виде которой оно чаще всего присутствует в воде). Поэтому принято считать, что на долю воды приходится до 10 % железа от общего объема его поступления в организм. При концентрации 0,2 мг/дм<sup>3</sup> Fe<sup>2+</sup> благоприятно влияет на вкусовые качества питьевой воды [5]. Цинк входит в состав более чем 40 ферментов и играет важную роль в протекании большинства обменных процессов, связанных с биосинтезом белков и нуклеиновых кислот. Он играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез, способствует всасыванию витаминов [16, 17]. Одним из клинических проявлений дефицита цинка, которое научно доказано, является замедление темпов роста и полового развития организма [18, 19]. Медь входит в состав различных ферментов (оксиредуктаза, цитохромоксидаза), а также церулоплазмينا, участвующего в обмене железа и в антиоксидантной защите. Этот биоэлемент повышает устойчивость организма к некоторым инфекциям, связывает микробные токсины и усиливает действие антибиотиков, выполняет важную функцию в аэробном метаболизме [17]. Кобальт также является жизненно важным микроэлементом. Он является кофактором витамина B<sub>12</sub>, соответственно, необходим для кроветворения, а также для функционирования нервной ткани. Кобальт также принимает участие в синтезе гормонов щитовидной железы, повышает усвоение железа, участвует в восстановлении антиоксидантов. Недостаток данного элемента вызывает малокровие, нарушение функций центральной нервной системы. Таким образом, недостаточное содержание в водопроводной воде города Владимира ионов цинка, кобальта, меди и железа может способствовать формированию различных патологических изменений, нарушению минерального обмена в организме человека, снижению иммунитета, возникновению сердечно-сосудистой, эндокринной патологии и т. д. [20–22]. При недостатке данных микроэлементов в питьевой воде населению рекомендуется употребление определенных продуктов питания и витаминов.

Отдельно в Ленинском районе по калию и натрию, в Октябрьском районе по фторид-ионам, во Фрунзенском районе по сульфат- и фторид-ионам значения тоже находятся ниже минимальных допустимых гигиенических норм [5]. Эти ионы (за исключением фторид-ионов) относятся к витальным и, соответственно, участвуют в обменных процессах всех клеток организма. Недостаточное потребление

<sup>6</sup> Схема водоснабжения и водоотведения города Владимир [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vladimir-city.ru/upload/static/gkx/Poyasnitelnaya.pdf>. Ссылка активна на 19 марта 2024.

<sup>7</sup> Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2022 году». Вып. № 30. Владимир: изд-во: ГБУ «Экология региона», 2023. 181 с.



калия может способствовать увеличению кровяного давления, риску образования камней в почках, экскреции кальция с мочой и развитию гипокалиемии. Дефицит калия в организме ведет к нарушению функции нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем нефритами, энтеритами и др. Недостаток потребления натрия может привести к сокращению содержания воды в жидкой части крови, повышению содержания в крови азотсодержащих продуктов метаболизма, сокращению объема жидкости, находящейся вне клеток организма. Что касается сульфат-ионов, считается, что высокие концентрации снижают органолептические показатели водопроводной воды, а также проявляются слабительным эффектом. Хроническое действие низких концентраций сульфатов изучены мало.

**Заключение.** Проведенное исследование показало, что вода централизованных источников города Владимира в целом соответствует санитарно-гигиеническим нормативам СанПиН 2.1.3684–21. Однако в централизованной водопроводной воде у жителей Ленинского района были выявлены превышения норм ПДК по фторид-ионам и жесткости. Установлено, что концентрации ионов железа, цинка, меди, кобальта, калия, натрия, фторид-ионов и сульфат-ионов в водопроводной воде отдельных районов находятся на уровне ниже минимальных значений допустимых гигиенических норм. Жителям города для восполнения возможного дефицита эссенциальных элементов рекомендуется дополнительно проводить искусственную минерализацию питьевой воды, а жителям Ленинского района дополнительно использовать бытовые фильтры, способные задерживать ионы фтора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековшинина 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
2. Алексеев В.Б., Клейн С.В., Вековшинина С.А., Андришунас А.М., Глухих М.В. Приоритетные факторы нарушения здоровья населения Российской Федерации, ассоциированные с качеством питьевой воды систем централизованного водоснабжения // Здравоохранение Российской Федерации. 2022. Т. 66. № 5. С. 366–374. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-366-374
3. Клейн С.В., Вековшинина 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
4. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области) // Анализ риска здоровью. 2021. № 2. С. 41–51. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.04
5. Трофимович Е.М. Гигиенические нормы химических элементов питьевой воды // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 2. С. 126–134. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-126-134
6. Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга // Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. № 1. С. 5–13. doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13
7. Lu T, Peng H, Yao F, et al. Trace elements in public drinking water in Chinese cities: Insights from their health risks and mineral nutrition assessments. *J Environ Manage.* 2022;318:115540. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115540
8. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка питьевого водообеспечения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 10. С. 1158–1166. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166
9. Трифонова Т.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Курочкин И.Н., Курбатов Ю.Н., Романова Л.Н. Оценка химического загрязнения поверхностных вод городского округа Владимир // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2023. Т. 78. № 6. С. 139–144. doi: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.13
10. Шварева И.С., Трифонова К.И., Никифоров А.Ф. Гидрохимический мониторинг водных экосистем национального парка «Мещёра» // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 1. С. 58–74.
11. Трифонова Т.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Курбатов Ю.Н. Гигиеническая оценка содержания марганца в хозяйственно-питьевых источниках водоснабжения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 9. С. 1011–1017. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-9-1011-1017
12. Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Подолец А.А. 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
13. Жмакин И.А., Аль-Гальбан Л.Н., Маркина А.Д., Панасенко А.С. Оценка влияния соединений фтора в питьевой воде на отдельные показатели здоровья человека // Тверской медицинский журнал. 2020. № 5. С. 39–49.
14. El Messaoudi N, Pfingsten Franco DS, et al. Advances and future perspectives of water defluoridation by adsorption technology: A review. *Environ Res.* 2024;252(Pt 1):118857. doi: 10.1016/j.envres.2024.118857
15. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Пикалов Е.С., Чеснокова С.М., Подолец А.А. Очистка воды от фторид-ионов лантансодержащим керамическим материалом // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 8. С. 28–31. doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31
16. Гулиева С.В., Керимова Р.Д., Юсифова М.Ю. Влияние тяжелых металлов на биохимические процессы в организме человека // Academy. 2018. № 12 (39). С. 77–81.
17. Валиуллина Л.А., Бикметов К.А., Бикметова Э.Р., Меньшикова И.А. Биохимическая роль микроэлементов в развитии детей // Вестник Башкирского государственного медицинского университета. 2021. № 5. С. 20–26.
18. Nriagu J. Zinc deficiency in human health. In: Nriagu J, ed. *Encyclopedia of Environmental Health*. 2<sup>nd</sup> ed. Elsevier; 2019:489–499. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11433-2
19. Abdollahi M, Ajami M, Abdollahi Z, et al. Zinc supplementation is an effective and feasible strategy to prevent growth retardation in 6 to 24 month children: A pragmatic double blind, randomized trial. *Heliyon.* 2019;5(11):e02581. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02581

20. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 21–25.
21. Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н., Файзуллин Р.И., Валиев В.С., Кузнецова О.Н. Способ обеспечения населения г. Казани физиологически полноценной питьевой водой // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 18. С. 237–240.
22. Артеменков А.А. Проблема профилактики эндемических заболеваний и микроэлементозов у человека // Профилактическая медицина. 2019. Т. 22. № 3. С. 92–100. doi: 10.17116/profmed20192203192

## REFERENCES

1. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, Vekovshinina SA. Drinking water quality: Health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis*. 2019;(2):44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.05.eng
2. Alekseev VB, Kleyn SV, Vekovshinina SA, Andrishunas AM, Glukhikh MV. Associated with the drinking water from centralised drinking water supply systems priority factors for deterioration of health of the population in the Russian Federation. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2022;66(5):366–374. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-5-366-374
3. 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. doi: 10.21668/health.risk/2020.3.06.eng
4. Sazonova OV, Sergeev AK, Chupakhina LV, Ryazanova TK, Sudakova TV. Analyzing health risks caused by contaminated drinking water (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis*. 2021;(2):42–52. doi: 10.21668/health.risk/2021.2.04.eng
5. Trofimovich EM. Hygiene standards of chemical elements of drinking water. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(2):126–134. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-2-126-134
6. Skalny AV. Evaluation and correction of elemental status of the population as a perspective direction of national healthcare and environmental monitoring. *Mikroelementy v Meditsine*. 2018;19(1):5–13. (In Russ.) doi: 10.19112/2413-6174-2018-19-1-5-13
7. Lu T, Peng H, Yao F, et al. Trace elements in public drinking water in Chinese cities: Insights from their health risks and mineral nutrition assessments. *J Environ Manage*. 2022;318:115540. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115540
8. Rakhmanin YuA, Onishchenko GG. Hygienic assessment of drinking water supply of the population of the Russian Federation: Problems and the way their rational decision. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(10):1158–1166. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166
9. Trifonova TA, Selivanov OG, Martsev AA, Kurochkin IN, Kurbatov YuN, Romanova LN. Assessment of chemical pollution of the surface water in Vladimir. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2023;78(6):139–144. (In Russ.) doi: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.13
10. Shvareva IS, Trifonov KI, Nikiforov AF. [Hydrochemical monitoring of the Meshchera National Park aquatic ecosystems.] *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie*. 2014;(1):58–74. (In Russ.)
11. Trifonova TA, Selivanov OG, Martsev AA, Kurbatov YuN. Hygienic assessment of manganese content in domestic and drinking water supply sources in the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(9):1011–1017. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-9-1011-1017
12. Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, Podolets AA. Fluorine content in water of centralized water supply in the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(7):701–706. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706
13. Zhmakina IA, Al-Galban LN, Markina AD, Panasenkov AS. Assessment of the effect of fluorine compounds in drinking water on selected human health indicators. *Tverskoy Meditsinskiy Zhurnal*. 2020;(5):39–49. (In Russ.)
14. El Messaoudi N, Pfingsten Franco DS, et al. Advances and future perspectives of water defluoridation by adsorption technology: A review. *Environ Res*. 2024;252(Pt 1):118857. doi: 10.1016/j.envres.2024.118857
15. Chukhanov VYu, Selivanov OG, Pikalov ES, Chesnokova SM, Podolets AA. Purification of water from fluoride ions using lanthanum-containing ceramic material. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2018;22(8):28–31. (In Russ.) doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31
16. Gulieva SV, Kerimova RD, Yusifova MYu. [The influence of heavy metals on biochemical processes in the human body.] *Academy*. 2018;(12(39)):77–81. (In Russ.)
17. Valiullina LA, Bikmetov KA, Bikmetova ER, Menshikova IA. The biochemical role of trace elements in the development of children. *Vestnik Bashkirskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2021;(5):20–26. (In Russ.)
18. Nriagu J. Zinc deficiency in human health. In: Nriagu J, ed. *Encyclopedia of Environmental Health*. 2nd ed. Elsevier; 2019:489–499. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11433-2
19. Abdollahi M, Ajami M, Abdollahi Z, et al. Zinc supplementation is an effective and feasible strategy to prevent growth retardation in 6 to 24 month children: A pragmatic double blind, randomized trial. *Heliyon*. 2019;5(11):e02581. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02581
20. Yakubova ISH, Mel'tser AV, Erastova NV, Bazilevskaya EM. Hygienic evaluation of the delivery of physiologically wholesome drinking water to the population of St. Petersburg. *Gigiena i Sanitariya*. 2015;94(4):21–25. (In Russ.)
21. Tunakova YuA, Gabdrakhmanova GN, Fayzullin RI, Valiev VS, Kuznetsova ON. [Method of providing the population of Kazan with physiologically wholesome drinking water.] *Vestnik Tekhnologicheskogo Universiteta*. 2015;18(18):237–240. (In Russ.)
22. Artemenkov AA. The problem of the prevention of endemic human diseases and microelementoses. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(3):92–100. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20192203192

## Сведения об авторах:

**Трифорова** Татьяна Анатольевна – д.б.н., зав. кафедрой биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; профессор кафедры географии почв ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; e-mail: tatrifon@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>.

**Марцев** Антон Андреевич – к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: martsevaaa@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>.

**Селиванов** Олег Григорьевич – заведующий лабораториями кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: selivanov6003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>.



<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-8-35-43>  
Original Research Article

✉ **Курбатов** Юрий Николаевич – аспирант кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», e-mail: iur.curbatov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854>.

**Курочкин** Иван Николаевич – аспирант кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», e-mail: ivan33vl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-2225>.

**Романова** Людмила Николаевна – ассистент кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: ludmila.romanova98@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4612-8697>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Трифонов Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г.*; сбор данных: *Марцев А.А., Селиванов О.Г., Романова Л.Н.*; лабораторные исследования: *Курбатов Ю.Н., Курочкин И.Н.*; анализ и интерпретация результатов: *Марцев А.А., Селиванов О.Г.*; утверждение окончательного варианта рукописи: *Трифонов Т.А., Марцев А.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 21.03.24 / Принята к публикации: 12.08.24 / Опубликована: 30.08.24

#### Author information:

Tatiana A. **Trifonova**, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; Professor, Department of Soil Geography, Lomonosov Moscow State University; e-mail: tatrifon@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>.

Anton A. **Martsev**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: MartsevAA@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163>.

Oleg G. **Selivanov**, Head of the Laboratories of the Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: selivanov6003@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>.

✉ Yuriy N. **Kurbatov**, Postgraduate student, Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: iur.curbatov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854>.

Ivan N. **Kurochkin**, Postgraduate student, Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: ivan33vl@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0405-2225>.

Lyudmila N. **Romanova**, Assistant, Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: ludmila.romanova98@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4612-8697>.

**Author contributions:** study conception and design: *Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G.*; data collection: *Martsev A.A., Selivanov O.G., Romanova L.N.*; laboratory testing: *Kurbatov Yu.N., Kurochkin I.N.*; analysis and interpretation of results: *Martsev A.A., Selivanov O.G.*; draft manuscript preparation: *Trifonova T.A., Martsev A.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** Not applicable.

**Funding:** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Conflict of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare

Received: March 21, 2024 / Accepted: August 12, 2024 / Published: August 30, 2024