



Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира

Т.А. Трифонова^{1,2}, О.В. Савельев¹, А.А. Марцев¹, О.Г. Селиванов¹,
Ю.Н. Курбатов¹, Л.Н. Романова¹

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

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Ленинские горы,
д. 1, г. Москва, 119991, Российская Федерация

Резюме

Введение. Городские жители активно используют для питьевых целей и приготовления пищи воду из альтернативных источников, и в частности родников, являющихся естественным местом разгрузки грунтовых вод. Их качество во многом определяется природным и санитарным состоянием территорий, а также зависит от барьерных функций почв и подстилающих пород данных территорий.

Цель исследования: оценка качества воды родников города Владимира по показателям безопасности и интегральной токсичности.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны воды шести родников, расположенных в различных районах областного центра и пользующихся популярностью у жителей города. Проанализированы данные по 31 показателю (общехимические и микробиологические) родниковой воды за период с 2017 по 2022 г., а также ее интегральная токсичность. Анализ проб проводили по стандартным методикам с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии, титриметрического метода. Исследования по определению интегральной токсичности образцов родниковых вод проводили на люминометре «Биотокс-10М» по методике экспрессного определения интегральной токсичности.

Результаты. Вода родников не совсем соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным в СанПин 1.2.3685–21. Выявлены приоритетные загрязнители, присутствующие в родниковой воде за 2017–2021 гг. и ухудшающие ее качество. Установлены отклонения по физиологической полноценности воды по ионам магния и фтора – их поступление с родниковой водой значительно меньше, чем требуется для организма человека. За последние годы возросла бактериальная загрязненность родниковых вод, что связано в первую очередь с хозяйственной деятельностью человека.

Заключение. Вода родников не является токсичной, что свидетельствует о наличии следовых количеств поллютантов, не представляющих угрозы здоровью населения. Рекомендовано организовать постоянную санитарную очистку территорий родников и проводить благоустройство каптажей, а воду родников в обязательном порядке перед употреблением кипятить.

Ключевые слова: питьевая вода, родники, санитарно-гигиенические показатели, физиологическая полноценность воды, токсичность.

Для цитирования: Трифонова Т.А., Савельев О.В., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Романова Л.Н. Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 6. С. 23–31. doi: https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-23-31

Сведения об авторах:

Трифопова 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.

Савельев Олег Владимирович – к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; e-mail: olegator86@bk.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3425-8021.

✉ **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: martsevaa@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.

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

Романова Людмила Николаевна – магистрант 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: Трифонова Т.А., Савельев О.В., Селиванов О.Г.; сбор данных: Селиванов О.Г., Марцев А.А., Романова Л.Н.; лабораторные исследования: Курбатов Ю.Н.; анализ и интерпретация результатов: Марцев А.А., Селиванов О.Г.; утверждение окончательного варианта рукописи: Трифонова Т.А., Савельев О.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 22.03.22 / Принята к публикации: 06.06.22 / Опубликовано: 30.06.22

Assessment of Spring Water Quality in the City of Vladimir

Tatiana A. Trifonova,^{1,2} Oleg V. Saveliev,¹ Anton A. Martsev,¹ Oleg G. Selivanov,¹
Yuri N. Kurbatov,¹ Lyudmila N. Romanova¹

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

² Lomonosov Moscow State University, 1 Kolmogorov Street, Moscow, 119991, Russian Federation

Summary

Introduction: Many urban residents use water from alternative sources, such as springs, which are natural discharge points of subterranean water at the surface of the groundwater, for drinking and cooking. Their quality is largely determined by local environmental conditions, soil barrier functions and underlying rocks.

Objective: To assess spring water quality in the city of Vladimir in terms of safety and integral toxicity.

Materials and methods: We took water samples from six springs located in different districts of the regional center and popular

with its citizens. The samples were tested according to standard potentiometric, conductometric, and titrimetric methods. Integral toxicity of spring water samples was determined using a Biotox-10M luminometer. We then analyzed data on 31 biochemical and microbiological parameters and integral toxicity of spring water in the city for 2017–2022.

Results: We established that spring water in Vladimir does not quite comply with the standards established by Russian Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21, Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness of environmental factors for humans. We identified priority pollutants of spring water causing deterioration of its quality for the years 2017–2021. We also noted low levels of magnesium and fluorine ions in spring water, which means that its regular intake may lead to deficiency of these essential elements in the local population. A recent increase in bacterial contamination of spring water was primarily attributed to human economic activities.

Conclusion: Judging by its trace levels of pollutants posing no health risks, spring water in Vladimir is not toxic. We still recommend permanent cleaning of spring areas, improvement of groundwater collection facilities, and boiling of spring water before use.

Keywords: drinking water, spring, quality indicators, physiological usefulness of water, toxicity.

For citation: Trifonova TA, Saveliev OV, Martsev AA, Selivanov OG, Kurbatov YuN, Romanova LN. Assessment of spring water quality in the city of Vladimir. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022; 30(6):23–31. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-6-23-31>

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>.

Oleg V. **Saveliev**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Biology and Ecology, A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University; e-mail: olegavr86@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3425-8021>.

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>.

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

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

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

Compliance with ethical standards: Ethics approval was not required for this study.

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

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: March 22, 2022 / Accepted: June 6, 2022 / Published: June 30, 2022

Введение. Для России проблема обеспечения населения питьевой водой требуемого качества и в достаточном количестве является наиболее значимой. Чистая вода — главный ресурс сохранения здоровья жителей России. Качество питьевой воды непосредственно влияет на заболеваемость населения [1–3]. По оценке Всемирной организации здравоохранения, некачественная питьевая вода является причиной более 80 % болезней¹, поэтому чистота питьевой воды и ее доступность являются важнейшими факторами, определяющими качество жизни населения.

Население г. Владимира централизованно обеспечивается питьевой водой из поверхностного водозабора р. Нерль и р. Клязьмы и подземного Судогодского водозабора в соотношении 50 % поверхностной и 50 % подземной воды.

Реки Нерль и Клязьма, из которых производится водозабор, по показателям качества воды, согласно ГОСТу 2761–84², относятся ко второму классу, т. е. воду из данных рек без специальных методов очистки воды использовать для питьевых целей нельзя. Основными загрязнителями рек Нерль и Клязьма являются биогенные элементы, органические вещества, азот аммонийный, азот нитратов, металлы — железо, медь, марганец.

Нерлинская очистная водопроводная станция работает по классической технологии, основанной на традиционных осветлительных методах очистки, к которым относятся реагентная обработка, отстаивание, фильтрование, обеззараживание воды, и главным образом решает задачу удаления из воды основной массы загрязнений. Однако она не рассчитана на глубокую очистку воды. По

данной технологии поступающая вода дважды обрабатывается гипохлоритом натрия, причем в дозах, необходимых как для обеззараживания воды, так и водопроводных сетей. Но такая обработка имеет и значительные побочные эффекты. При взаимодействии органических веществ, содержащихся в речной воде, с активным хлором образуются галогенсодержащие соединения, среди которых наиболее часто встречаются тригалогенметаны, придающие воде неприятный привкус и запах, а также обладающие канцерогенным действием, что несет потенциальную опасность для здоровья людей при употреблении такой воды [4–6]. Использование более современных методов очистки воды, таких как озонирование, сорбция на активных углях, мембранное фильтрование и т. д. [7–9], позволяющих значительно улучшить качество воды, требует модернизации очистной станции и крупных капиталовложений, что для жителей г. Владимира, скорее всего, является отдаленной перспективой. Тем не менее очищенная вода по той технологии, которая в настоящее время существует, практически безопасна, но жители г. Владимира с большой осторожностью относятся к употреблению хлорированной питьевой воды.

Подземная вода Судогодского водозабора, используемая без предварительной очистки для подачи в некоторые районы г. Владимира, обладает хорошими органолептическими показателями, не содержит аммонийный азот, содержание нитратов значительно ниже предельно допустимой концентрации (ПДК), в воде отсутствуют полифосфаты, а также тяжелые металлы. Природная вода Судогодского водозабора не представляет

¹ Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO Press; 1993. Accessed April 23, 2022. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf

² ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Москва: Стандартинформ, 2006. 12 с.

эпидемической опасности по всем микробиологическим и паразитологическим показателям, утвержденным действующими санитарно-гигиеническими нормативами. В то же время вода Судогодского водозабора не является мягкой, общая жесткость варьирует от 4,7 до 8,3 мг-экв/л. Кроме того, подземная вода Судогодского водозабора может содержать избыточное количество фтора, что обусловлено природными факторами Судогодского района, геохимической спецификой состава водовмещающих пород и особенностями режима питания подземных вод в данном районе [10]. Такую воду необходимо очищать от избытка фтора с применением специальных материалов [11–13].

Городские жители активно используют для питьевых целей и приготовления пищи воду из альтернативных источников, и в частности родников г. Владимира, являющихся естественным местом разгрузки грунтовых вод. Качество грунтовых вод, выходящих на поверхность, во многом определяется природным и санитарным состоянием городских территорий, а также зависит от барьерных функций почв и подстилающих пород данных территорий [14–16].

Вследствие динамичного развития города городские родники оказываются расположенными в непосредственной близости от транспортных путей, жилых и промышленных зон, различных несанкционированных свалок, что приводит к их интенсивному загрязнению. Почвы не в состоянии выполнить свои барьерные функции, и опасные загрязнители могут поступают в родниковую воду, что увеличивает риски возникновения опасных заболеваний у населения. В связи с этим проведение оценки показателей качества родниковых вод

городских территорий является на сегодняшний день важной и актуальной задачей.

Цель исследования: оценка качества воды родников города Владимира по показателям безопасности и интегральной токсичности.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны воды родников, расположенных в различных районах областного центра и пользующихся популярностью у жителей города.

На рис. 1 представлено месторасположение исследуемых родников г. Владимира.

Авторами статьи для оценки качества родниковых вод вышеуказанных родников были проанализированы данные по 31 показателю (общехимические и микробиологические показатели) за период с 2017 по 2021 г., полученные из аккредитованной химической лаборатории ООО «Владимир ВтормаКлининг» и проведенные по заказу администрации г. Владимира в рамках выполнения муниципальной программы «Повышение экологической безопасности на территории муниципального образования города Владимир». В феврале 2022 года авторами были отобраны пробы родниковых вод для определения отдельных санитарно-химических показателей родниковых вод, которые по результатам мониторинга за предшествующие годы были близки или превышали установленные для них ПДК, с целью их актуализации и оценки антропогенного влияния на качество родниковых вод. Отбор проб проводился по ГОСТ Р 51592-00³ в чистые стеклянные емкости объемом 1 дм³ с герметичными пластмассовыми пробками. Анализ проб проводили по стандартным методикам с использованием методов потенциометрии, кондуктометрии,

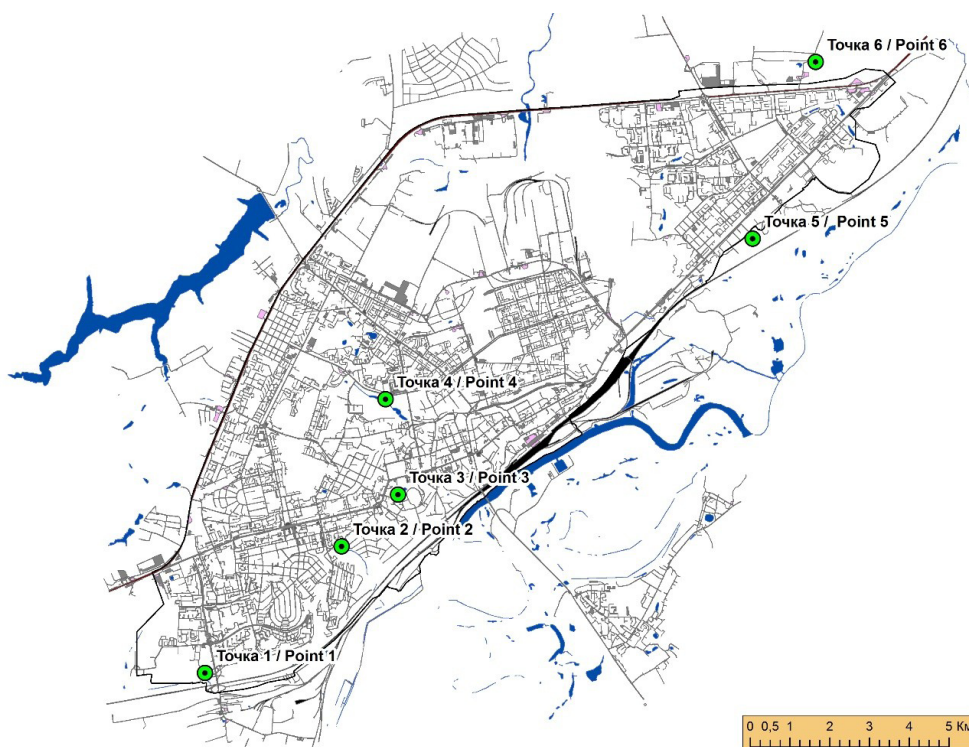


Рис. 1. Месторасположение родников на карте г. Владимира

Fig. 1. Location of springs on the map of Vladimir

³ ГОСТ Р 51592-00. Вода. Общие требования к отбору проб. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 21 апреля 2000 года № 117-ст.

титриметрического метода. Физиологическую полноценность воды родников оценивали по соответствию концентраций макро- и микроэлементов требованиям СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества»⁴. Были проведены исследования по определению интегральной токсичности образцов родниковых вод г. Владимира на люминометре «Биотокс-10М» по методике экспрессного определения интегральной токсичности⁵. Данная методика предусматривает измерение интенсивности биолуминесценции тест-объекта, в качестве которой используются лиофилизированные люминесцентные бактерии или ферментные препараты бактериальной люциферазы, входящие в состав биосенсора «Эколюм» (ТУ 2639-236-00209792-01⁶). Методика основана на определении изменения интенсивности биолуминесценции бактерий в зависимости от содержания в анализируемой пробе химических веществ-токсикантов по сравнению с контролем (дистиллированная вода).

Выводы о токсичности пробы делались на основе изменения интенсивности биолуминесценции бактерий (имп/с) по сравнению с контролем за 30-минутный период экспозиции. Уменьшение интенсивности биолуминесценции пропорционально токсическому эффекту « T », который устанавливает характер ответа биосенсора на токсичность среды и рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100,$$

где I_0 и I соответственно интенсивность биолуминесценции контроля и опыта.

Методика предусматривает три пороговых уровня токсичности:

- допустимый уровень токсичности: индекс токсичности T меньше 20;
- образец токсичен: индекс T равен или больше 20, но меньше 50;

– высокая токсичность образца: индекс T равен или больше 50.

В ряде случаев индекс токсичности может иметь отрицательное значение (при $I > I_0$), тогда делается вывод об отсутствии токсичности образца и индекс токсичности принимает нулевое значение. Все анализы проводились в лаборатории химии воды кафедры биологии и экологии ВлГУ.

Результаты и обсуждение. На первом этапе работы были проанализированы имеющиеся данные по общехимическим и микробиологическим показателям родниковых вод за период 2017–2021 гг. на предмет соответствия ПДК и санитарно-гигиеническим нормативам. Анализ качества воды проводили по следующим показателям:

- органолептические (цветность, запах, привкус, мутность);
- содержание тяжелых металлов (ТМ);
- содержание катионов и анионов;
- общие показатели (рН, жесткость, перманганатная окисляемость, сухой остаток, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ);
- микробиологические (наличие термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), общих колиформных бактерий (ОКБ), общее микробное число (ОМЧ), наличие колифагов);

Данные по органолептическим показателям воды за период 2017–2021 гг. по шести исследуемым родникам представлены в табл. 1.

По органолептическим показателям вода во всех шести родниках за анализируемый период соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 2.1.3684–21⁷: запах не ощущается (0 баллов), привкус не ощущается (0 баллов), цветность и мутность значительно ниже установленных нормативов.

Показатели содержания тяжелых металлов в воде родников за период 2017–2021 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 1. Органолептические показатели воды исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 1. Organoleptic indicators of spring water quality in Vladimir, 2017–2021

Показатель / Indicator	Норматив / Standard	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Мутность, ЕМФ/дм ³ / Turbidity, EMF/dm ³	2,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Цветность, градус / Color, degree	≤ 20°	< 5	1,67–3,33*	1,67–5,00	< 1,00–5,00	< 1,00–4,17
Запах, балл / Odor, score	2,0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0	20° – 0 60° – 0
Привкус, балл / Taste, score	2,0	0	0	0	0	0

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

⁴ СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 15 марта 2002 года.

⁵ Методические рекомендации МР № 01.021-07. Методика экспрессного определения интегральной химической токсичности питьевых, поверхностных, грунтовых, сточных и очищенных сточных вод с помощью бактериального теста «Эколюм». Утверждены Главным врачом ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» 15 июня 2007 года.

⁶ Тест-система для экспрессного количественного определения токсичности объектов окружающей среды с помощью люминесцентного бактериального теста «Эколюм» Номер по каталогу ИФ 21-01. ТУ 2639-236-00209792-01.

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (с изменениями и дополнениями)

Содержание тяжелых металлов в воде всех исследуемых родников г. Владимира значительно ниже ПДК, и тенденции роста их концентраций за анализируемый период не выявлено, что говорит о том, что почвы в местах расположения родников, являющиеся геохимическим барьером для тяжелых металлов, на сегодняшний день выполняют свои защитные экологические функции, практически полностью исключая попадание ТМ в грунтовые воды, питающие родники.

В табл. 3 представлены данные по содержанию катионов и анионов в родниках г. Владимира за исследуемый период.

На протяжении пятилетнего периода на некоторых родниках наблюдаются значения выше ПДК по нитратам. Данное превышение выявлено у родника № 3 (рис. 2), близкие значения к ПДК по нитратам имеют родники № 2 и № 5 — до 0,83 ПДК. В настоящее время установлено, что повышенное содержание нитратов в питьевой воде может привести к развитию неканцерогенных рисков для здоровья людей — вызывать патологии сердечно-сосудистой системы и печени, желудочно-кишечного тракта, почек, кожного покрова, эндокринной системы, отклонения в физическом развитии детей [17–19]. Превышение нитратов

Таблица 2. Показатели содержания тяжелых металлов в воде исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 2. Heavy metal concentrations (mg/dm³) in spring water in Vladimir, 2017–2021

Металл / Metal	ПДК, мг/дм ³ / MPC, mg/dm ³	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Fe	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cu ²⁺	1,0	0,0012–0,0052*	0,0016–0,0048	0,0014–0,0043	0,0012–0,0041	0,0013–0,0059
Zn ²⁺	5,0	0,002–0,005	0,0024–0,0058	0,0027–0,0069	0,0035–0,0065	0,0037–0,0066
Mn ²⁺	0,1	< 0,001–0,004	< 0,001–0,0052	< 0,001–0,0082	< 0,001–0,0072	< 0,001–0,0068
Ni ²⁺	0,1	< 0,001–0,009	< 0,001–0,0079	< 0,001–0,0062	< 0,001–0,0048	< 0,001–0,0046
Cd ²⁺	0,001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Pb ²⁺	0,03	< 0,001–0,0073	< 0,001–0,0064	< 0,001–0,0059	< 0,001–0,0041	< 0,001
Al ³⁺	0,5	0,0360–0,0684	0,0382–0,0715	0,0293–0,0749	0,0265–0,0792	0,0255–0,0652
Cr ⁶⁺	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

Таблица 3. Содержание катионов и анионов в воде родников г. Владимира (2017–2021 гг.)

Table 3. Cation and anion contents (mg/dm³) in spring water in Vladimir, 2017–2021

Показатель / Indicator	ПДК, мг/дм ³ / MPC, mg/dm ³	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
Ca ²⁺		45,2–123,8*	45,1–112,2	32,1–116,3	38,1–112,2	34,1–120,2
Mg ²⁺		10,8–28,6	11,0–31,0	11,6–33,5	4,7–18,3	4,9–19,5
NH ⁴⁺ (expressed as N)	2,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,07	< 0,1
NO ²⁻	3,0	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003–0,006	< 0,003–0,007
NO ³⁻	45,0	3,4–57,4	3,5–57,0	3,8–57,8	4,8–60,0	6,4–53,0
PO ₄ ³⁻	3,5	0,12–0,62	0,13–0,60	0,11–0,57	0,12–0,59	0,12–0,54
SO ₄ ²⁻	500	35,6–189,8	40,0–178,6	37,0–182,4	46,9–146,8	44,9–135,0
Cl ⁻	350	21,2–112,0	22,0–109,8	21,2–113,0	17,4–93,5	18,5–96,3
F ⁻	1,5	0,03–0,24	0,03–0,21	0,02–0,29	0,02–0,20	0,02–0,21

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

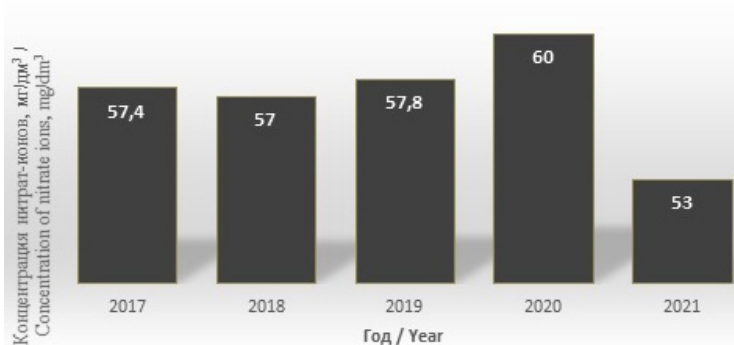


Рис. 2. Содержание нитрат-ионов в воде родника № 3

Fig. 2. Water levels of nitrate ions in Spring No. 3, 2017–2021

в воде приводит к метгемоглобинемии, нарушению окислительной функции крови, особенно у искусственно вскармливаемых детей⁸ [20–22].

Обнаруженное превышение нитратов в воде указанных родников обусловлено прежде всего антропогенным фактором: родники № 2 и 3 находятся в зоне жилых застроек, связанных с частным сектором, родник № 5 находится в зоне садоводческого товарищества. Повышенное содержание нитратов связано прежде всего с чрезмерным применением удобрений или в результате просачивания сточной воды или других органических отходов в поверхностные и подземные воды, поэтому обустройство санитарных зон около данных родников является актуальной задачей.

Анализируя табл. 3, можно обратить внимание на низкие концентрации в воде родников таких ионов, как Mg^{2+} и F^{-} . Содержание ионов Mg^{2+} в роднике № 3 и роднике № 6 находится ниже нижнего предела физиологической полноценности воды и составляет 4,7–4,9 мг/дм³ при норме физиологической полноценности 5–65 мг/дм³, а фторид-ионов во всех исследуемых родниках — на уровне ниже предела физиологической полноценности воды и составляет 0,02–0,29 мг/дм³ при норме 0,5–1,5 мг/дм³ [4]. Дефицит магния в организме может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, гипертонической болезни, судорогам [23,24]. Недостаток фтора в организме, связанный с его низкой концентрацией в питьевой воде, приводит к возникновению кариеса [25]. Таким образом, считать воду в родниках г. Владимира полностью полезной и физиологически полноценной из-за низкого содержания отдельных микроэлементов нельзя.

Данные по общим показателям воды родников г. Владимира представлены в табл. 4.

Анализ табл. 4 показывает, что есть превышение ПДК по жесткости. Это превышение касается прежде всего родника № 2, причем в течение всего наблюдаемого периода (значение жесткости колеблется от 7,72 до 8,33 мг-экв/дм³ при ПДК 7,0 мг-экв/дм³), что обусловлено в первую очередь повышенным содержанием в данном роднике солей кальция и магния, которые попадают в воду вследствие выщелачивания из водовмещающих пород.

Наиболее мягкая вода родника № 1 (показатель жесткости в пределах 3,38–4,46 мг-экв/дм³). У остальных родников показатель жесткости в пределах ПДК. Следует отметить, что кратковременное употребление более жесткой или более мягкой воды не является опасным для здоровья. Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью может привести к накоплению солей в организме, заболеванию суставов (артриты, полиартриты), образованию камней в желчном и мочевом пузыре.

Нижняя граница значений pH находится в пределах 6,09–6,17, что близко к нижней границе нормативного значения pH. Такие значения pH имеет вода родника № 1, у остальных родников pH в пределах нормы. Вода с такими довольно низкими значениями pH обычно считается слабодокислой (pH 5,0–6,5). Длительное употребление такой воды может привести к развитию ряда патологий. В организме развивается кислотная среда, при которой возможны болезни ЖКТ, нарушение обмена веществ и т.д. Если границы pH в России в соответствии с СанПин 1.2.3685–21⁹ установлены в пределах 6–9 ед. pH, то в зарубежных странах более жесткие требования к водородному показателю: в ЕС (согласно директиве Совета ЕС «По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком»¹⁰ (98/83) — 6,5–9,5 ед. pH, а в нормах Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA) — 6,5–8,5 ед. pH¹¹. Большинство ученых считают, что границы pH для питьевой воды должны быть в пределах от 6,5 до 8,5 ед. pH. Содержание АПАВ, сухого остатка и показателя перманганатной окисляемости всех родниковых вод за исследуемый период находились ниже нормативно установленных значений.

Учитывая тот факт, что безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим показателям, авторами были проанализированы данные по ним за период 2017–2021 гг. В табл. 5 представлены данные по микробиологическим показателям анализируемых родников. Так как в 2017–2018 гг. микробиологические показатели всех исследуемых родников были в норме, в табл. 5 включены данные только за 2018 и 2020–2021 гг. и для тех родников, у которых были обнаружены

Таблица 4. Органолептические показатели воды исследуемых родников (2017–2021 гг.)

Table 4. General parameters of spring water quality in Vladimir, 2017–2021

Показатель, ед. измерения / Parameter, unit of measurement	Норматив / Standard	Май / May 2017	Май / May 2018	Июнь / June 2019	Октябрь / October 2020	Октябрь / October 2021
pH	6–9	6,17–7,02*	6,09–7,02	6,10–7,09	6,08–7,12	6,12–7,22
Жесткость, мг-экв/дм ³ / Hardness, mg-eq/dm ³	7,0	3,14–8,33	3,17–8,19	3,38–7,94	4,46–7,89	4,36–7,72
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /дм ³ / Permanganate index, mg O ₂ /dm ³	5,0	0,25–0,55	0,25–1,04	0,32–1,32	0,47–1,33	0,68–1,24
Сухой остаток, мг/дм ³ / Dry residue, mg/dm ³	1000	240–608	252–598	259–582	331–527	324–534
АПАВ, мг/дм ³ / Anionic surfactants, mg/dm ³	0,5	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025

Примечание: * – приведены минимальные и максимальные концентрации за указанный год.

Note: * – year-specific concentration range.

⁸ Руководство по обеспечению качества питьевой воды. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004. Т. 1: 3-е изд. 63 с.

⁹ СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

¹⁰ Директива Совета ЕС «По качеству питьевой воды, предназначенной для потребления человеком».

¹¹ Нормы Агентства по охране окружающей среды США (U.S.EPA).

Таблица 5. Микробиологические показатели воды родников
Table 5. Microbiological parameters of spring water quality in Vladimir

Номер родника / Spring No.	Год / Year	Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл / Total coliform bacteria, CFU/100 mL	Термотолерантные колиформные бактерии, в 100 мл / Thermotolerant coliform bacteria, per 100 mL	Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/мл / Total plate count, CFU/mL
2	2018	0	0	0
	2020	3	3	0
	2021	21	0	6
3	2018	0	0	0
	2020	0	0	0
	2021	12	0	0
4	2018	0	5	1
	2020	3	0	0
	2021	9	0	0
5	2018	0	0	0
	2020	0	0	0
	2021	39	39	2
Норматив / Standard		0	0	100

Таблица 6. Показатели воды, отобранной из родников г. Владимира в 2022 г.
Table 6. Quality parameters of water sampled from the springs of Vladimir in February 2022

Номер родника / Spring No.	pH	Жесткость, мг·экв/дм³ / Hardness, mg-eq/dm³	Нитраты, мг/дм³ / Nitrates, mg/dm³	Индекс токсичности / Toxicity index
1	5,8	4,5	21,99	0
2	6,6	7,5	34,87	0
3	6,2	7,8	69,57	
4	6,4	6,9	8,76	0
5	6,7	7,0	43,89	0
6	6,9	7,1	2,77	0

нарушения микробиологических показателей за данные периоды.

Вода родника № 4 (с 2018 г.), родника № 2 (с 2020 г.), родника № 3 и родника № 5 (с 2021 г.) по бактериальной загрязненности не соответствует требованиям, предъявляемым к безопасности и качеству питьевой воды, установленными СанПин 1.2.3685–21. Наличие термотолерантных колиформных бактерий говорит о плохом каптаже (место сбора подземных вод в местах их выхода на поверхность) указанных источников и о попадании в воду продуктов жизнедеятельности человека и животных. Для данных родников в обязательном порядке необходимо организовать санитарную очистку территорий и благоустройство каптажей.

В феврале 2022 года авторами исследования были отобраны образцы проб воды из исследуемых родников с целью определения тех показателей, которые имели превышения в период 2017–2021 гг., а также для определения индекса токсичности воды родников. Результаты определений представлены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что по-прежнему наблюдается превышение жесткости у родников № 2, 3, 6. У родников № 4 и 5 значения жесткости близки к ПДК (0,98–1 ПДК). По нитратам превышение наблюдается у родника № 3 – 1,4 ПДК, близкое значение к ПДК по нитратам имеет вода родника № 5 – 0,88 ПДК. Измерение pH воды родников показало, что родник № 1 по-прежнему имеет pH ниже нижнего предела водородного показателя,

утвержденного СанПин 1.2.3685–21. Определение индекса токсичности показало отсутствие токсичности у воды всех родников ($T=0$). Это говорит о том, что выявленные в процессе мониторинга следовые количества тяжелых металлов, поверхностно-активных веществ, органических веществ и, возможно, присутствующие в воде еще какие-то загрязнители, которые не были инструментально выявлены в данном исследовании, не несут рисков и опасностей здоровью населения.

Закключение. Проведенные исследования показали, что вода родников г. Владимира не совсем соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным для воды хозяйственно-питьевого назначения. В роднике № 2 обнаружено превышение по жесткости в течение всего наблюдаемого периода, у родника № 3 – по нитратам, что представляет опасность для здоровья населения. Выявлено низкое содержание ионов магния и фтора в воде всех родников, что снижает физиологическую полноценность воды и несет определенные риски для здоровья человека. В воде родников № 2–5 была выявлена бактериальная загрязненность. Для данных родников необходимо организовать санитарную очистку территорий и благоустройство каптажей. Воду родников в обязательном порядке необходимо кипятить. В связи с тем что качество воды родников подвержено постоянным изменениям, которые связаны как с сезонностью и погодными условиями, так и с возрастающим антропогенным

фактором, экологический мониторинг родников необходимо проводить на регулярной основе, что позволит предупредить возможные риски заболеваний жителей города Владимира.

Список литературы

1. Нефедьева Т.А., Калюкова Е.Н. Качество питьевой воды подземных водных объектов Чердаклинского района Ульяновской области и здоровье населения // Вода: химия и экология. 2018. № 1-3 (114). С. 141–146.
2. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова А.Х. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода: химия и экология. 2012. № 3 (45). С. 48–53.
3. Laskar N, Singh U, Kumar R, Meena SK. Spring water quality and assessment of associated health risks around the urban Tuirial landfill site in Aizawl, Mizoram, India. *Groundw Sustain Dev*. 2022;17:100726. doi: 10.1016/j.gsd.2022.100726
4. Чеснокова С.М., Савельев О.В. Оценка качества воды децентрализованных источников водоснабжения г. Владимира // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 2. С.м25–31.
5. Costa C, Assunzro R, Sequeira D, et al. From trihalomethanes chronic daily intake through multiple exposure routes to cancer and non-cancer health risk assessment: Evidence from public Portuguese Indoor swimming pools facilities using a probabilistic approach. *Sci Total Environ*. 2022;818:151790. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151790
6. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Южно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 2. С.99–110. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
7. Huang W-C, Liu M, Zhang F-G, et al. Removal of disinfection byproducts and toxicity of chlorinated water by post-treatments of ultraviolet/hydrogen peroxide and ultraviolet/peroxymonosulfate. *J Clean Prod*. 2022;352:131563. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30038-8
8. Abu-Khader MM, Bilbiesy E, Abusalim F, et al. Evaluation of ultra-filtration ceramic membrane plant for the treatment of drinking water from Ram group aquifers in south Jordan. *Groundw Sustain Dev*. 2022;16:100723. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100723
9. Álvarez-Arroyo R, Pérez JI, Ruiz LM, Gómez MA. Chlorination by-products formation in a drinking water distribution system treated by ultrafiltration associated with pre-ozonation or coagulation/flocculation. *J Water Process Eng*. 2022;47:102779. doi: 10.1016/j.jwpe.2022.102779
10. 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
11. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Пикалов Е.С., Чеснокова С.М., Подолец А.А. Очистка воды от фторид – ионов лантаносодержащим керамическим материалом // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 8. С. 28–31. doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31.
12. Selivanov OG, Pikalov ES, Kolosova AS. Ceramic material for fluoride and phosphate ions removal from natural water. *IJETER*. 2020;8(5):1732–1735. Accessed April 23, 2022. <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter39852020.pdf>
13. Марцев А.А., Селиванов О.Г. Влияние природных минералов на физико-химические показатели питьевой воды // Экология промышленного производства. 2021. № 1 (113). С. 22–25. doi: 10.52190/2073-2589_2021_1_22
14. Альмитова Л.И., Макаева В.И., Макаева А.Р. Результаты исследования качества родниковых вод республики Татарстан // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 5. С. 75–83. doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-5
15. Орлов А.А. Гигиенические особенности использования родников для питьевого водопользования городского и сельского населения // Медицина труда и экология человека. 2016. № 2 (6). С. 33–37.
16. Семенишев В.С., Титова С.М., Воронина А.В. Определение качества воды в родниках Екатеринбурга и Свердловской области // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 5. С. 126–138. doi: 10.35567/1999-4508-2020-5-8
17. Боева А.С., Прожорина Т.И., Баскакова А.Г. Оценка экологических рисков для здоровья населения Воронежской области вследствие загрязнения источников питьевого водоснабжения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 5. С. 62–74. doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-4
18. Косарев А.В., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Савина К.А. Оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью, обусловленных качеством питьевой воды родников аридной зоны // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 11. С. 1294–1300. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300
19. Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Вандышева А.Ю., Чигвинцев В.М. Особенности нарушений физического развития детей, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием нитратов // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 40–48.
20. Shuval HI, Gruener N. Infant methemoglobinemia and other health effects of nitrates in drinking water. *Proceedings of the Conference on Nitrogen As a Water Pollutant*. Elsevier Science; 2013;8.4:183–193. doi: 10.1016/B978-1-4832-1344-6.50017-4
21. Johnson SF. Methemoglobinemia: Infants at risk. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2019;49(3):57–67. doi: 10.1016/j.cppeds.2019.03.002
22. Fan AM. Health, exposure and regulatory implications of nitrate and nitrite in drinking water. In: *Encyclopedia of Environmental Health*. 2nd ed. Elsevier; 2019:417–435. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11837-8
23. Нефедьева Т.А., Благовещенская Н.В. Качество родниковой воды Ульяновской области // Ульяновский медико-биологический журнал. 2018. № 4. С. 143–155. doi: 10.23648/UMBJ.2018.32.22704
24. Малькова И.Л. Медико-географическая оценка химического состава подземных питьевых вод Удмуртии. Наука Удмуртии. 2015. № 3 (73). С. 124–139.
25. Канатникова Н.В., Захарченко Г.Л. Физиологическая роль фтора и его содержание в питьевой воде Орловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2010. № 5 (206). С. 40–43.

References

1. Nefedyeva TA, Kaljukova EN. The quality of drinking water from underground water objects Cherdaklinsky district of the Ulyanovsk region and public health. *Voda: Khimiya i Ekologiya*. 2018;(1-3(114)):141–146. (In Russ.)
2. Ivanov AV, Tafeyeva EA, Davletova NK, Vavashkin KV. Drinking water impact on human health. *Voda: Khimiya i Ekologiya*. 2012;(3(45)):48–53. (In Russ.)
3. Laskar N, Singh U, Kumar R, Meena SK. Spring water quality and assessment of associated health risks around the urban Tuirial landfill site in Aizawl, Mizoram, India. *Groundw Sustain Dev*. 2022;17:100726. doi: 10.1016/j.gsd.2022.100726
4. Chesnokova SM, Savel'ev OV. Estimation of water quality in decentralized water supply sources of Vladimir. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*. 2019;(2):25–31. (In Russ.)

5. Costa C, Assunçro R, Sequeira D, et al. From trihalomethanes chronic daily intake through multiple exposure routes to cancer and non-cancer health risk assessment: Evidence from public Portuguese Indoor swimming pools facilities using a probabilistic approach. *Sci Total Environ.* 2022;818:151790. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.151790
6. Marchenko BI, Zhuravlev PV, Plugotarenko NK, Yuhno AI. Assessment of carcinogenic risk from exposure to chlororganic compounds of water of systems of centralized water supply. *Gigiena i Sanitariya.* 2021;100(2):99-110. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110
7. Huang W-C, Liu M, Zhang F-G, et al. Removal of disinfection byproducts and toxicity of chlorinated water by post-treatments of ultraviolet/hydrogen peroxide and ultraviolet/peroxymonosulfate. *J Clean Prod.* 2022;352:131563. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30038-8
8. Abu-Khader MM, Bilbiesy E, Abusalim F, et al. Evaluation of ultra-filtration ceramic membrane plant for the treatment of drinking water from Ram group aquifers in south Jordan. *Groundw Sustain Dev.* 2022;16:100723. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100723
9. Álvarez-Arroyo R, Pérez JI, Ruiz LM, Gómez MA. Chlorination by-products formation in a drinking water distribution system treated by ultrafiltration associated with pre-ozonation or coagulation/flocculation. *J Water Process Eng.* 2022;47:102779. doi: 10.1016/j.jwpe.2022.102779
10. 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
11. Chukhlanov VYu, Selivanov OG, Pikalov ES, Chesnokova SM, Podolets AA. [Water purification from fluoride ions with a lanthanum-containing ceramic material.] *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii.* 2018;22(8):28-31. (In Russ.) doi: 10.18412/1816-0395-2018-8-28-31
12. Selivanov OG, Pikalov ES, Kolosova AS. Ceramic material for fluoride and phosphate ions removal from natural water. *IJETER.* 2020;8(5):1732-1735. Accessed April 23, 2022. <https://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter39852020.pdf>
13. Martsev AA, Selivanov OG. Influence of natural minerals on physical and chemical parameters of drinking water. *Ekologiya Promyshlennogo Proizvodstva.* 2021;(1(113)):22-25. (In Russ.) doi: 10.52190/2073-2589_2021_1_22
14. Almitova LI, Makaeva VI, Makaeva AR. Results of quality studies of spring waters of the Republic of Tatarstan. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2021;(5):75-83. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-5
15. Orlov AA. Hygienic features of the use of springs for drinking water supply for urban and rural population. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka.* 2016;(2(6)):33-37. (In Russ.)
16. Semenishchev VS, Titova SM, Voronina AV. Determination of water quality in springs of Ekaterinburg and Sverdlovsk Oblast. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2020;(5):126-138. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2020-5-8
17. Boeva AS, Prozhorina TI, Baskakova AG. Assessment of environmental risks to the Voronezh Oblast public health resulted from contamination of drinking water sources. *Vodnoe Khozyaystvo Rossii: Problemy, Tekhnologii, Upravlenie.* 2021;(5):62-74. (In Russ.) doi: 10.35567/1999-4508-2021-5-4
18. Kosarev AV, Ivanov DE, Mikerov AN, Savina KA. Evaluation of a carcinogenic and non-carcinogenic health risks due to the quality of drinking water by springs in the arid zone. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(11):1294-1300. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-11-1294-1300
19. Luzhetskiy KP, Ustinova OYu, Vandysheva AYU, Chigvintsev VM. Peculiarities of disorders in physical development of children consuming drinking water with increased nitrate content. *Voprosy Pitaniya.* 2017;86(3):40-48. (In Russ.)
20. Shuval HI, Gruener N. Infant methemoglobinemia and other health effects of nitrates in drinking water. *Proceedings of the Conference on Nitrogen As a Water Pollutant.* Elsevier Science; 2013;8.4:183-193. doi: 10.1016/B978-1-4832-1344-6.50017-4
21. Johnson SF. Methemoglobinemia: Infants at risk. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2019;49(3):57-67. doi: 10.1016/j.cppeds.2019.03.002
22. Fan AM. Health, exposure and regulatory implications of nitrate and nitrite in drinking water. In: *Encyclopedia of Environmental Health.* 2nd ed. Elsevier; 2019:417-435. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11837-8
23. Nefed'eva TA, Blagoveshchenskaya NV. Quality of spring water in Ulyanovsk region. *Ul'yanovskiy Mediko-Biologicheskii Zhurnal.* 2018;(4):143-155. (In Russ.) doi: 10.23648/UMBJ.2018.32.22704
24. Malkova IL. [Medico-geographical assessment of the chemical composition of underground drinking waters of Udmurtia.] *Nauka Udmurtii.* 2015;(3(73)):124-139. (In Russ.)
25. Kanatnikova NV, Zakharchenko GL. Physiological role of fluorine and its containing in drinking water of the Orlovsky region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2010;(5(206)):40-43. (In Russ.)

