

Читать
онлайнRead
onlineМарцев А.А.¹, Селиванов О.Г.¹, Космачева А.Г.¹, Курочкин И.Н.¹, Трифонова Т.А.^{1,2}

Гигиеническая оценка ионного состава питьевой воды централизованного водоснабжения Владимирской области

¹ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия;²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В работе представлены результаты исследования катионно-анионного состава и гигиеническая оценка питьевой воды централизованного водоснабжения административных центров Владимирской области.

Материалы и методы. Объект исследования — вода источников централизованного водоснабжения административных центров Владимирской области. Содержание водорастворимых форм анионов и катионов определяли методом капиллярного электрофореза. Сравнивали полученные концентрации с предельно допустимыми (ПДК) и диапазонами допустимых гигиенических норм (ДГН).

Результаты. В нескольких административных центрах установлено превышение в питьевой воде централизованного водоснабжения ПДК нитрат-ионов, фосфат-ионов, ионов магния, показателей жёсткости. Выявлено несоответствие ДГН содержания хлоридов в 16 населённых пунктах, сульфатов — в 11, ионов калия — в 8, ионов натрия — в 9, ионов магния — в 3. Несоответствие ДГН содержания в питьевой воде ионов кальция обнаружено в одном городе, ионов кальция — в семи административных центрах. Наибольшим соответствием гигиеническим нормативам (ПДК и ДГН) по комплексу показателей характеризуется питьевая вода централизованных источников Петушков, наименьшим — Муром.

Ограничения исследования связаны с разовым отбором и небольшим количеством проб, что не даёт возможности более широко интерпретировать полученные данные.

Заключение. Употребление питьевой воды, не соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, может стать причиной роста заболеваемости населения — и общей, и по отдельным нозологиям. Для снижения потенциального негативного влияния на состояние здоровья населения питьевой воды, содержащей ионы в концентрациях выше ПДК, рекомендуется использовать бытовые фильтры доочистки воды, принцип работы которых основан на методах адсорбции и ионного обмена, а также бытовые системы обратного осмоса с минерализатором, позволяющие очищать питьевую воду мембранным методом от избытка анионов и солей жёсткости и насыщать её нужными для организма человека микроэлементами.

Ключевые слова: катионы; анионы; питьевая вода; здоровье населения

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике и иных документов.

Для цитирования: Марцев А.А., Селиванов О.Г., Космачева А.Г., Курочкин И.Н., Трифонова Т.А. Гигиеническая оценка ионного состава питьевой воды централизованного водоснабжения Владимирской области. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(1): 31–36. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-31-36> <https://elibrary.ru/cwttnx>

Для корреспонденции: Марцев Антон Андреевич, e-mail: MartsevAA@yandex.ru

Участие авторов: Марцев А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста, структурирование статьи; Селиванов О.Г. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Космачева А.Г. — написание текста; Курочкин И.Н. — лабораторные исследования; Трифонова Т.А. — концепция и дизайн исследования. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2024 / Принята к печати: 19.06.2024

Anton A. Martsev¹, Oleg G. Selivanov¹, Anastasia G. Kosmacheva¹, Ivan N. Kurochkin¹, Tatyana A. Trifonova^{1,2}

Hygienic assessment of the ionic composition of drinking water of the centralized water supply of the Vladimir region

¹Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation;²Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The paper presents the results of a study on the hygienic assessment of the cationic-anionic composition of drinking water of centralized water supply in the administrative centers of the Vladimir region.

Materials and methods. The object of the study was the water of the sources of the central water supply of the administrative centers of the Vladimir region. The content of water-soluble forms of anions and cations was determined by capillary electrophoresis. There were compared concentration values with maximum permissible concentrations (MPC) and ranges of permissible hygienic standards (RHS).

Results. In some administrative centers, there has been established concentrations of nitrate ions, phosphate ions, magnesium ions, hardness exceeding the maximum permissible concentrations in drinking water of centralized water supply. Non-compliance with permissible hygienic standards for chlorides in 16 localities was revealed as follows: for sulfates — in 11; for potassium ions — in 8; for sodium ions — in 9; for magnesium ions — in 3. Non-compliance with minimum RHS for calcium ions was found in the one city. The excess of RHS was noted in seven administrative centers for calcium ions. The drinking water of centralized sources in the city of Petushki is characterized by the highest compliance with hygienic standards (MPC and RHS) according to a set of indices; the smallest is the city of Murom.

Limitations are related to the one-time selection and small number of samples, which fails to allow for a broader interpreting of the obtained data.

Conclusion. The use of drinking water, the quality of which does not meet sanitary and hygienic requirements, may cause an increase in both the level of general morbidity of the population and in certain nosological forms. In order to reduce the potential adverse impact of drinking water with a high content of nitrate ions, phosphate ions, hardness salts on health, the population is recommended to use household water purification filters, the principle of operation of which is based on

methods of adsorption and ion exchange, as well as to use household reverse osmosis systems with a mineralizer, allowing to purify drinking water by the membrane method get rid of excess anions and hardness salts and saturate it with trace elements necessary for the human body.

Keywords: cations; anions; drinking water; public health

Compliance with ethical standards. The study does not require a biomedical ethics committee opinion.

For citation: Martsev A.A., Selivanov O.G., Kosmacheva A.G., Kurochkin I.N., Trifonova T.A. Hygienic assessment of the ionic composition of drinking water of the centralized water supply of the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(1): 31–36. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-31-36> <https://elibrary.ru/cwtntxn> (In Russ.)

For correspondence: Anton A. Martsev, e-mail: MartsevAA@yandex.ru

Contribution: Martsev A.A. — research concept and design, material collection and data processing, structuring of the article; Selivanov O.G. — material collection and data processing, text writing; Kosmacheva A.G. — text writing; Kurochkin I.N. — laboratory research; Trifonova T.A. — research concept and design. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2024 / Accepted: June 19

Введение

Питьевая вода является необходимым элементом жизнеобеспечения, через её потребление человек получает до 10–25% суточной потребности химических веществ. В Российской Федерации централизованным водоснабжением пользуются ≈ 75% населения. В целях водоресурсного обеспечения реализации Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации¹ принята Водная стратегия Российской Федерации², определяющая основные направления развития водохозяйственного комплекса в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического устойчивого водопользования населения и охраны водных объектов. Положения Водной стратегии отражены в документах стратегического планирования Российской Федерации, разработаны целевые показатели улучшения централизованного обеспечения населения доброкачественной питьевой водой. Кроме того, для решения задач в области водных ресурсов России реализуются федеральные целевые программы «Питьевая вода», «Возрождение Волги», «Чистая вода» [1, 2].

При оценке соответствия питьевой воды гигиеническим нормативам в нашей стране принято ориентироваться на предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ. В приоритетный универсальный перечень контролируемых веществ входят примерно 70 основных показателей качества питьевой воды [1]. Однако питьевую воду следует оценивать также на соответствие критерию физиологической полноценности по содержанию основных биологически необходимых макро- и микроэлементов и диапазон допустимых гигиенических норм (ДГН) [3]. Причина кроется в том, что для разных химических элементов существуют концентрации, понижение или превышение которых в питьевой воде при длительном её употреблении способно вызывать физиологические изменения или патологические состояния в организме человека. Выявление и устранение возможного неблагоприятного влияния питьевой воды являются важными факторами сохранения здоровья населения и санитарно-эпидемиологического благополучия. Оценка качественного и количественного состава питьевых вод необходима для выбора наиболее подходящего способа водоподготовки и разработки методов очистки.

На территории Владимирской области в качестве источников централизованного водоснабжения преимущественно используются напорные воды подземных источников, которых насчитывается 1495 единиц. Доля подземных вод в

общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 80%. Гидрохимические показатели используемых подземных вод характеризуются повышенным содержанием железа [4], марганца [5], лития, кремния, фтора [6], стронция, бора, брома, превышением нормативов общей жёсткости и минерализации. Во Владимире и Вязниках используется вода поверхностных источников — рек Нерли и Клязьмы. Согласно статистическим данным администрации региона³, в 2022 г. доля проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, из подземных источников составила 20,7%, из поверхностных — 66,7%.

Актуальность исследования обусловлена влиянием состава питьевой воды на здоровье населения.

Цель исследования — гигиеническая оценка катионно-анионного состава питьевой воды централизованного водоснабжения административных центров Владимирской области.

Материалы и методы

Объектом исследования была вода источников централизованного водоснабжения административных центров Владимирской области. В работе представлены данные собственных исследований, выполненных на кафедре биологии и экологии ВлГУ.

Пробы отбирали в течение 2023 г. в соответствии с ГОСТ Р 59024–2020 «Вода. Общие требования к отбору проб». Исследовано более 100 проб воды источников централизованного водоснабжения.

Содержание водорастворимых форм анионов и катионов определяли с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-205» согласно ПНД Ф 14.1.2:3:4.282–18⁴ и ПНД Ф 14.1.2:4.167–2000⁵ Жёсткость определяли согласно ГОСТ 31954–2012.

Предельно допустимые концентрации веществ (ПДК) определены согласно СанПиН 1.2.3685–21⁶, диапазон допустимых гигиенических норм (ДГН) — согласно [3].

³ Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2022 году». Вып. № 30. 2023. Владимир. Изд-во: ГБУ «Экология региона». 181 с.

⁴ «Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовой концентрации хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель». Методика М 01–58–2018. ПНД Ф 14.1.2:3:4.282–18. М., 2018.

⁵ «Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, лития, магния, стронция, бария и кальция в пробах питьевых, природных (в том числе минеральных) и сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». ПНД Ф 14.1.2:4.167–2000. М., 2011.

⁶ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021.

¹ Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года от 17 ноября 2008 года № 1662-р. <http://static.government.ru/media/files/aaooFKSHeDLiM99HEcygtyfmGzrnAX.pdf> (дата обращения: 12.04.2024 г.).

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р [Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по её реализации] (с изменениями на 17 апреля 2012 г.). <https://docs.cntd.ru/document/902173350> (дата обращения: 12.04.2024 г.).

Содержание ионов (мг/дм³) в исследуемых пробах воды и показатель жёсткости (мг-экв/дм³)Ion content (mg/dm³) in the studied water samples and hardness index (mg-eq/dm³)

Населённый пункт Localities	Ион / Ion									Жёсткость воды Water hardness
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	
Александров Aleksandrov	0	41.7–96.2	0.6–1.7	3.8–5.3	0	6.6–13.1	5.1–15.8	31.4–83.8	64– 145.9	5.9– 13.0
Вязники Vyazniki	5.7–26.1	11.3–116.0	0–8.1	0–1.8	0	1.0–4.5	9.0–23.7	18.1– 64.4	67.7– 176.2	5.4– 9.7
Гороховец Gorokhovets	9.7–116.7	6.9–192.4	3.4–27	0–1.7	0	0.5–4.7	2.3–12.8	25.4– 51.9	98.1– 187.7	8.7–13.6
Гусь-Хрустальный Gus-Khrustalny	4.6–64.5	11.2–26.9	0–4.1	0–2.9	0–1.4	0.8–2.4	1.5–56.9	0–32.9	56.1–80.6	3.6–6.7
Камешково Kameshkovo	1.9–7.6	24.8–38.5	0–8.7	0.3–2.1	0	0.4–2.9	10.0–12.8	11.5–18.9	10.0–76.6	1.7–5.4
Киржач Kirzhach	0	11.2–18.6	0.5–1.3	1.8– 5.4	0	5.0–11.3	3.7–10.1	22.7– 61.2	50.6–119	4.4– 10.9
Ковров Kovrov	0–113.7	19.5–184.2	8.6–37.1	0–3.0	0	0–3.1	3.0–138.1	32.2– 63.2	66.1–116.8	6.4– 9.9
Кольчугино Kolchugino	0–3.5	26.7–85.0	0.7–1.9	0–3.5	0	1.5–13.3	1.9–29.1	2.6–38.4	21.5–101	2.0– 8.2
Меленки Melenki	8.4–12.1	11.7–12.6	0.3–0.8	0.8– 4.2	0	0.9–1.0	6.9–7.8	15.9–18.6	72.2–82.1	4.9–5.6
Муром Murom	0–110.3	24.2–306.2	0–43.9	0– 4.0	0–0.3	0–0.9	2.4–64.3	31.5– 57.5	99.5– 286.0	7.6–19.0
Петушки Petushki	0–16.5	34.0–242.5	0–0.7	0–2.8	0	6.8–10.1	8.2–15.5	30.5–40.4	50.7–69.4	5.2–6.8
Красная Горбатка Krasnaya Gorbatka	0–22.0	19.2–88.5	1.5–23.1	0.1– 6.1	0	0–11.6	3.3–25.4	23.3–32.9	59.6–79.4	4.9–6.7
Собинка Sobinka	16.8–17.1	374.0–395.0	1.1–1.3	2.0–2.9	0	7.1–7.7	23.5–24.0	82.9–84.8	135.2–143.8	13.6–14.2
Судогда Sudogda	3.1–7.0	65.5–151.8	2.9–5.4	0–0.8	0	0–0.3	7.1–9.9	25.7–42.8	64.4–98.4	5.3– 8.4
Суздаль Suzdal	39.4–56.1	53.5–57.5	1.6– 55.4	1.3–1.7	0	1.1–2.5	15.9–26.1	34.3–47.6	132.3–188.3	9.4–13.3
Юрьев-Польский Yuryev-Polsky	0	14.3–17.2	1.9–2.2	0–3.1	0	11.6–17.2	42.8–62.7	31.3–40.9	63.1–81.5	5.7–7.2
Радужный Raduzhny	0	318.8–332.2	0.8–1.1	3.2– 4.3	0	7.8–8.9	8.3–8.7	70.4–74.3	130.0– 131.8	12.3–12.6
Владимир Vladimir	0–54.7	17.6–114.6	1.8–9.2	0–2.3	0	0–2.5	3.3–22.7	12.5–45.7	27.2–112.7	3.3– 9.4
ПДК / MPC	350	500	45	3.5	2.0	–	200	50	–	≤ 7.0
ДГН / PHS	10–350	25–500	–	–	–	1–25	6–200	6–73	20–130	1.5–7

Примечание. Полу жирным выделены значения выше ПДК по СанПиН 1.2.3685–21, полу жирным курсивом – несоответствие диапазону допустимых гигиенических нормативов (ДГН) при соответствии ПДК.

Note: Values above the maximum permissible concentration (MPC) according to SanPin 1.2.3685–21 are highlighted in bold, and non-compliance with the range of permissible hygiene standards (PHS) in accordance with the maximum permissible concentration is indicated in bold italics.

Результаты

В результате исследования в питьевой воде централизованного водоснабжения обнаружено превышение ПДК нитрат-ионов (Суздаль), фосфат-ионов (Александров, Киржач, Меленки, Муром, пгт Красная Горбатка, ЗАТО Радужный), ионов магния (Александров, Вязники, Гороховец, Киржач, Ковров, Собинка, ЗАТО Радужный) и превышение норматива жёсткости (Александров, Вязники, Гороховец, Киржач, Ковров, Кольчугино, Муром, Собинка, Судогда, Суздаль, Юрьев-Польский, Владимир, ЗАТО Радужный).

Одновременно выявлено несоответствие диапазонам ДГН. Так, например, несоответствие минимальным ДГН содержания хлоридов установлено в 16 населённых пунктах; сульфатов – в 11; ионов калия – в 8; ионов натрия – в 9; ионов магния – в 3. Несоответствие минимальным ДГН концентраций ионов кальция обнаружено в Камешково, превышение ДГН – в семи административных центрах.

На основании данных таблицы видно, что в наибольшей степени соответствует гигиеническим нормативам (ПДК и ДГН) по комплексу показателей питьевая вода централизованных источников в Петушках, наименьшим – в Муроме.

Обсуждение

Химический состав питьевой воды как фактор, обуславливающий развитие различных патологий, является объектом исследований отечественных и зарубежных учёных [7–17]. Например, показано влияние ионного состава питьевой воды на рост заболеваемости – и общей [14, 18], и по отдельным нозологическим формам [7–9, 12–15, 19–21]. Ассоциированными с химическим составом питьевой воды принято считать в первую очередь болезни мочевыделительной, пищеварительной, сердечно-сосудистой систем и опорно-двигательного аппарата [7–9, 12–15, 19–21]. Превышение гигиенических нормативов содержания некоторых ионов в питьевой воде негативно влияет на физическое развитие детей [8].

Показателем, по которому в большинстве административных центров Владимирской области установлены превышения ПДК в питьевой воде, является жёсткость. Это обусловлено преимущественным использованием в качестве источников централизованного водоснабжения подземных вод. Такая вода обладает непривлекательными для потребителя органолептическими свойствами [15]. Мыльная жёст-

кая вода плохо смывается с кожи, нарушает естественный защитный жировой слой, забивает поры, ухудшает состояние волос и ногтей, способствует появлению перхоти, зуда, жжения, аллергических реакций [9]. Высокая жёсткость питьевой воды в регионе обусловлена высоким содержанием в ней солей кальция и магния, значения ДГН и ПДК которых превышены в 7 и 8 административных центрах соответственно. Известно, что магний и кальций являются витальными микроэлементами. В организме человека большая их часть сосредоточена в опорно-двигательном аппарате. Ионы магния принимают участие в энергетическом обмене, проведении нервных импульсов, сокращении мышц, выведении токсинов, метаболизме других элементов. Кальций является ключевым сигнальным ионом, участвующим во множестве различных внутриклеточных и внеклеточных процессов: синаптической активности, межклеточной коммуникации, работе эндокринных желёз, сердечно-сосудистой системы. Этот элемент обладает противовоспалительным и десенсибилизирующим действием, участвует в свёртывании крови и поддержании деятельности иммунной системы, обуславливает перистальтику, секрецию и сокращение мышц [7, 9]. Установлено, что уровень накопления кальция и магния в волосах у детей зависит от концентрации ионов данных элементов в питьевой воде [11], а длительное употребление такой воды создаёт определённые риски для здоровья [8, 9]. Исследования свидетельствуют о негативном влиянии жёсткой питьевой воды на рост неинфекционной заболеваемости населения [14]. Вода с высоким содержанием солей кальция и магния вносит дисбаланс в водно-солевой обмен, приводит к развитию анемии [12], нарушению функционирования мочеполовой системы [8, 9, 13]. Повышенная жёсткость питьевой воды увеличивает риск дисфункции щитовидной и околощитовидных желёз, аутоиммунного тиреоидита [9], сахарного диабета [14], угнетения рефлексов и нарушения активности нервной системы, снижения иммунитета [9, 12]. Повышенное содержание солей кальция и магния в питьевой воде является одной из причин роста заболеваемости болезнями опорно-двигательного аппарата [9, 12, 19]. В нескольких городах Владимирской области выявлено несоответствие минимальных значений ДГН содержания в питьевой воде ионов магния и кальция. Их дефицит можно рассматривать в качестве потенциальных факторов риска возникновения у населения болезней кожи, органов пищеварения и патологий системы кровообращения [10, 17]. Недостаток магния оказывает неблагоприятное влияние на нервную систему, может способствовать развитию гипокалиемии, увеличивая потери калия с мочой, а также увеличить риск сердечной аритмии за счёт снижения внутриклеточной концентрации калия [21]. Особенно актуально это для жителей Гусь-Хрустального, некоторые пробы воды в котором имели содержание ионов калия ниже ДГН.

Превышение ПДК фосфат-иона выявлено в шести административных центрах Владимирской области. Высокое содержание данного иона может быть связано с применением полифосфатов для обработки котловой воды. Фосфор является одним из ключевых элементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности. Он присутствует в плазме, внутриклеточной жидкости, клеточных мембранах, играет ключевую роль в реакциях передачи энергии, нервных импульсов, сокращении мышц и поддержании внутриклеточного pH. Фосфор необходим для нормальной активности клеток костной ткани, где и содержится большая его часть. В случаях избыточного поступления фосфатов они выводятся с калом, однако возможна гиперфосфатемия наряду со снижением циркулирующего кальция и осаждением фосфата кальция в мягких тканях. Здесь он способен индуцировать метастатическую кальцификацию, вызывать транзиторную гиперфосфатемию, острую фосфатную нефропатию с протеинурией и отложением фосфата кальция в дистальных канальцах и собирательных протоках почек. Тяжёлая гиперфосфатемия и гипокальциемия могут сопровождаться острой почечной недостаточностью [22].

Превышение ПДК нитрат-ионов выявлено в Суздале. Это связано прежде всего с попаданием в подземные воды, являющиеся основным источником водоснабжения города, различных загрязняющих веществ, в том числе и нитратов. Факторы техногенного воздействия — промышленные и сельскохозяйственные предприятия, полигоны твёрдых бытовых отходов, несанкционированные свалки, склады удобрений и ядохимикатов и другие источники, создающие опасность загрязнения геологической среды [23]. Повышенное содержание данных анионов представляет опасность в связи с риском развития патологий крови и системы кровообращения [16]. Накопление нитратов в организме приводит к метгемоглобинемии, проявляющейся образованием необратимой формы гемоглобина. Результатом данного процесса является тканевая гипоксия [10, 12, 15]. Обнаружена зависимость заболеваемости раком желудка, атрофическим гастритом от высокого содержания нитратов в питьевой воде [18].

Выявленные концентрации хлоридов в питьевой воде централизованных источников водоснабжения Владимирской области находятся в диапазоне, не превышающем ПДК и верхней границы ДГН. Однако во всех крупных городах региона, кроме Суздаля, выявлено несоответствие отдельных проб значениям нижней границы ДГН. Хлориды являются витальными анионами, поэтому поддержание их концентраций в организме человека имеет принципиальное значение, особенно для водного и кислотно-щелочного баланса, осмотического давления. Однако недостаток хлоридов в питьевой воде не представляет опасности для здоровья в связи с их активным поступлением с пищевыми продуктами. Данное замечание касается и содержания в питьевой воде сульфат-ионов. Превышения ПДК ионов аммония не выявлено. Нормы диапазона ДГН по данным ионам отсутствуют. Концентрации ионов натрия в питьевой воде централизованных источников Владимирской области не превышают предельно допустимых значений, что благоприятно для здоровья населения, поскольку известно, что высокие концентрации данного элемента — фактор риска развития артериальной гипертензии [7]. В нескольких городах выявлены концентрации ионов натрия ниже ДГ, однако недостаток данных катионов в питьевой воде не представляет опасности для здоровья населения в связи с их активным поступлением с пищевыми продуктами.

Несоответствие значений концентраций ионов калия нижним границам ДГН также выявлено в некоторых городах Владимирской области. Калий является наиболее распространённым во внутриклеточной жидкости катионом и имеет решающее значение для нормального функционирования клеток. Около 90% потребляемого калия абсорбируется и используется для сохранения нормальных концентраций. Внутриклеточная концентрация превышает внеклеточную примерно в 30 раз, что способствует формированию трансмембранного электрохимического градиента, который поддерживается через натрий-калиевый транспортёр АТФазы. Этот градиент необходим для поддержания клеточного тонуса, правильной передачи нервных импульсов, сокращения мышц, регуляции функции почек. В организме калий играет важную роль в синтезе белков, активности ферментов, регуляции объёма и кислотно-щелочного равновесия клеток. Регуляция процесса обмена калия в организме тесно связана с системой метаболизма питьевой воды. Данный элемент всасывается путём пассивной диффузии, преимущественно в кишечнике. Поступление, выделение и содержание калия в организме зависит от возраста, пола и массы тела [24–26]. Низкое содержание калия в питьевой воде может привести к дефициту данного элемента. При недостатке калия в организме развивается гипертония, появляется риск образования камней в почках. Лёгкая гипокалиемия проявляется запорами, быстрой утомляемостью, усталостью, мышечной слабостью, апатией, сонливостью и недомоганием. Гипокалиемия средней и тяжёлой степени может вызвать полиурию, энцефалопатию у пациентов с болезнями почек, непереносимость глюкозы, мышечный паралич, нарушения сердечного ритма и дыхания, парезы кишечника, парестезии, нарушение секреции соляной кислоты в желудке [20].

Заключение

Проведённая гигиеническая оценка ионного состава воды централизованных источников водоснабжения Владимирской области позволила установить превышение ПДК ионов магния, фосфат- и нитрат-ионов и норматива жёсткости. Показателем, по которому в большинстве административных центров Владимирской области установлены превышения ПДК в питьевой воде, является жёсткость, что обусловлено преимущественным использованием в качестве источников централизованного водоснабжения подземных вод с большим содержанием солей кальция и магния.

Установлено несоответствие диапазонам ДГН для хлоридов, сульфатов, ионов калия, натрия, магния и кальция.

Наибольшим соответствием гигиеническим нормативам по комплексу анализируемых показателей характеризуется питьевая вода централизованных источников в Петушках, наименьшим — в Муроме.

Употребление питьевой воды, качество которой не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, может являться причиной роста заболеваемости населения — и общей, и по отдельным нозологическим формам.

Для снижения потенциального негативного влияния питьевой воды с высоким содержанием нитрат-ионов, фосфат-ионов, солей жёсткости на здоровье рекомендуется использовать бытовые фильтры доочистки воды, принцип работы которых основан на методах адсорбции и ионного обмена, а также бытовые системы обратного осмоса с минерализатором, позволяющие очищать мембранным методом питьевую воду от избытка анионов и солей жёсткости и насыщать её необходимыми для организма микроэлементами.

Результаты проведённой работы могут быть учтены Министерством природопользования и экологии Владимирской области, надзорными органами при подготовке рекомендаций по охране питьевой воды и водных объектов в местах водопользования.

Литература

(п.п. 20–22, 24–26 см. References)

1. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка питьевого водообеспечения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc>
2. Синицына О.О., Турбинский В.В. О научном гигиеническом обеспечении водной стратегии Российской Федерации (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 923–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-923-928> <https://elibrary.ru/wetduy>
3. Трофимович Е.М. Гигиенические нормы химических элементов питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(2): 126–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-126-134> <https://elibrary.ru/yldjha>
4. Трифонова Т.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Курбатов Ю.Н. Гигиеническая оценка содержания железа в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения Владимирской области. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1035–42. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1035-1042> <https://elibrary.ru/kjlila>
5. 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; 101(9): 1011–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1011-1017> <https://elibrary.ru/bnbvgn>
6. 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; 98(7): 701–6. <https://elibrary.ru/guxxpc>
7. Гаджиев Г.Э., Абдулкадырова С.О. Влияние анионов питьевой воды на эпидемиологию артериальной гипертензии. *Вестник Дагестанской государственной медицинской академии*. 2014; (4): 9–13. <https://elibrary.ru/wwbjt>
8. Балыкова О.П., Китаева Л.И., Чернова Н.Н. Мониторинг качества питьевой воды, влияющего на состояние здоровья жителей Республики Мордовия. *Medicus*. 2016; (5): 20–2. <https://elibrary.ru/wknhlv>
9. Исламова А.А., Колбина М.Ю., Сафиханов Р.Я. Экологический мониторинг качества питьевой воды центрального водоснабжения города Бирск Республики Башкортостан. *Самарский научный вестник*. 2017; 6(2): 51–5. <https://elibrary.ru/yguarj>
10. Киху П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 94–101. <https://elibrary.ru/ywahit>
11. Храмов А.В., Контрош Л.В., Панкратова М.Ю., Веженкова И.В. Влияние химического состава питьевой воды на уровень накопления токсичных металлов в организме человека. *Экология человека*. 2019; (6): 11–6. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-11-16> <https://elibrary.ru/mtjoal>
12. Мамбеткаримов Г.А., Жиенмуратов Г.К., Утемуратов К.С. Роль водного фактора Приаралья в формировании здоровья детей. *Бюллетень науки и практики*. 2016; (6): 85–9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.55880> <https://elibrary.ru/wbdvah>
13. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды. *Здоровье населения и среда обитания* — *ЗНУСО*. 2020; (4): 37–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42> <https://elibrary.ru/ttxyob>
14. Канатникова Н.В., Егорова Н.А. Влияние жёсткости питьевой воды на заболеваемость населения г. Орла. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(3): 235–40. <https://elibrary.ru/yhswmb>
15. Новиков Д.С. Оценка риска здоровью, ассоциированного с пероральным поступлением экотоксикантов из подземных вод Приволжской песчаной гряды. *Наука Юга России*. 2023; 19(1): 77–86. <https://doi.org/10.7868/25000640230109> <https://elibrary.ru/zwonlq>
16. Сулейманов Р.А., Бакиров А.Б., Валеев Т.К., Рахматуллин Н.Р., Бактыбаева З.Б., Даукаев Р.А. и др. Оценка риска здоровью населения горнорудных территорий Башкортостана, связанного с качеством питьевого водоснабжения. *Анализ риска здоровью*. 2016; (4): 64–71. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.08> <https://elibrary.ru/xhttcj>
17. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Белкин А.С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 686–9. <https://elibrary.ru/zfbyzj>
18. Гольдерева А.С., Ефремова С.Д., Николаев И.Н., Христофоров П.П., Мордосов И.И. Взаимосвязь факторов загрязнения окружающей среды и биохимических показателей крови. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова*. 2019; (5): 5–13. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.73.39421> <https://elibrary.ru/jlbgnr>
19. 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; 94(4): 21–5. <https://elibrary.ru/uhkvyr>
23. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Селиванова Н.В., Чеснокова С.М., Репкин Р.В. *Бассейновый подход в экологических исследованиях*. Владимир: ВладимирПолиграф; 2009.

References

1. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. Hygienic assessment of drinking water supply of the population of the Russian Federation: problems and the way their rational decision. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc> (in Russian)
2. Sinitsyna O.O., Turbinsky V.V. On the hygienic scientific provision of the water strategy of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 923–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-923-928> <https://elibrary.ru/wetduy> (in Russian)
3. Trofimovich E.M. Hygiene standards of chemical elements of drinking water. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(2): 126–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-126-134> <https://elibrary.ru/yldjha> (in Russian)
4. Trifonova T.A., Selivanov O.G., Martsev A.A., Kurbatov Yu.N. Hygienic assessment of iron content in the sources of household and drinking water supply of the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(10): 1035–42. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1035-1042> <https://elibrary.ru/kjlila> (in Russian)
5. Trifonova T.A., Selivanov O.G., Martsev A.A., Kurbatov Yu.N. Hygienic assessment of manganese content in household and drinking water supply sources of the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1011–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1011-1017> <https://elibrary.ru/bnbvgn> (in Russian)
6. Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G., Podolets A.A. Fluorine content in water of centralized water supply in the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(7): 701–6. <https://elibrary.ru/guxxpc> (in Russian)

7. Gadzhiev G.E., Abdulkadyrova S.O. Influence of anion drinking water on the epidemiology of arterial hypertension. *Vestnik Dagestanskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii*. 2014; (4): 9–13. <https://elibrary.ru/wbwbjt> (in Russian)
8. Balykova O.P., Kitaeva L.I., Chernova N.N. Quality monitoring of drinking water composition affecting public health in the Republic of Mordovia. *Medicus*. 2016; (5): 20–2. <https://elibrary.ru/wknhlv> (in Russian)
9. Islamova A.A., Kolbina M.Yu., Safikhanov R.Ya. Environmental monitoring of drinking water quality of Birska central water supply. *Samarskii nauchnyi vestnik*. 2017; 6(2): 51–5. <https://elibrary.ru/yryapj> (in Russian)
10. Kiku P.F., Kisitsyna L.V., Bogdanova V.D., Sabirova K.M. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 94–101. <https://elibrary.ru/ywahit> (in Russian)
11. Hramov A.V., Kontrosh L.V., Pankratova M.Y., Vezhenkova I.V. Chemical composition of drinking water and accumulation of toxic metals in a human body. *Ekologiya cheloveka*. 2019; (6): 11–6. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-11-16> <https://elibrary.ru/mtjoal> (in Russian)
12. Mambetkarimov G., Zhiyemuratova G., Utemuratov K. Role of water factor at Aral region in formation of children's health. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2016; (6): 85–9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.55880> <https://elibrary.ru/wbdvah> (in Russian)
13. Mehantiev I.I. Health risks for the population of the Voronezh region related to drinking water quality. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (4): 37–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42> <https://elibrary.ru/ttxyob> (in Russian)
14. Kanatnikova N.V., Egorova N.A. The impact of the drinking water hardness on the morbidity rate of the population of the city of Orel. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(3): 235–40. <https://elibrary.ru/yhswmb> (in Russian)
15. Novikov D.S. Assessment of the health risk associated with the oral intake of ecotoxins from groundwater in the Volga sand ridge. *Nauka Yuga Rossii*. 2023; 19(1): 77–86. <https://doi.org/10.7868/25000640230109> <https://elibrary.ru/zwonlq> (in Russian)
16. Suleimanov R.A., Bakirov A.B., Valeev T.K., Rakhmatullin N.R., Baktybaeva Z.B., Daukaev R.A., et al. Estimation of risk to health of the population of mining territories of Bashkortostan connected with quality of drinking water supply. *Health risk analysis*. 2016; (4): 58–65. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.08> <https://elibrary.ru/xeuqgk>
17. Fridman K.B., Novikova Yu.A., Belkin A.S. On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply systems. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(7): 686–9. <https://elibrary.ru/zfbzyj> (in Russian)
18. Golderova A.S., Efremova S.D., Nikolaev I.N., Hristoforov P.P., Mordosov I.I. Interrelation of factors of environmental and biochemical indexes of blood. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova*. 2019; (5): 5–13. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.73.39421> <https://elibrary.ru/jlbgnr> (in Russian)
19. Yakubova I.Sh., Mel'tser A.V., Erastova N.V., Bazilevskaya E.M. Hygienic evaluation of the delivery of physiologically wholesome drinking water to the population of St. Petersburg. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(4): 21–5. <https://elibrary.ru/uhkvyr> (in Russian)
20. Viera A.J., Wouk N. Potassium disorders: hypokalemia and hyperkalemia. *Am. Fam. Physician*. 2015; 92(6): 487–95.
21. Huang C.L., Kuo E. Mechanism of hypokalemia in magnesium deficiency. *J. Am. Soc. Nephrol*. 2007; 18(10): 2649–52. <https://doi.org/10.1681/asn.2007070792>
22. Willhite C.C., Ball G.L., Bhat V.S. Emergency do not consume/do not use concentrations for blended phosphates in drinking water. *Hum. Exp. Toxicol*. 2013; 32(3): 241–59. <https://doi.org/10.1177/0960327112459207>
23. Trifonova T.A., Mishchenko N.V., Selivanova N.V., Chesnokova S.M., Repkin R.V. *Basin Approach in Environmental Research [Basseinovyi podkhod v ekologicheskikh issledovaniyakh]*. Vladimir: VladimirPoligraf; 2009. (in Russian)
24. Bailey J.L., Sands J.M., Franch H.A. Water, electrolytes, and acid-based metabolism. In: Ross A.C., Caballero B., Cousins R.J., Tucker K.L., Ziegler T.R., eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
25. Hinderling P.H. The pharmacokinetics of potassium in humans is unusual. *J. Clin. Pharmacol*. 2016; 56(10): 1212–20. <https://doi.org/10.1002/jcph.713>
26. Stone M.S., Martyn L., Weaver C.M. Potassium intake, bioavailability, hypertension, and glucose control. *Nutrients*. 2016; 8(7): 444. <https://doi.org/10.3390/nu8070444>

Сведения об авторах

Марцев Антон Андреевич, доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия. E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Селиванов Олег Григорьевич, зав. лаб. каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия

Космачева Анастасия Геворговна, канд. биол. наук, ст. преподаватель каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия

Курочкин Иван Николаевич, аспирант, ассистент каф. биологии и экологии ВлГУ, 600000, Владимир, Россия

Трифонов Татьяна Анатольевна, заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор биол. наук, профессор факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия

Information about the authors

Anton A. Martsev, MD, PhD (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163> E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Oleg G. Selivanov, Head of the Laboratory of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660>

Anastasia G. Kosmacheva, PhD (Biology), Senior Lecturer of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1988-8615>

Ivan N. Kurochkin, Postgraduate and Assistant at the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0405-2225>

Tatyana A. Trifonova, DSc (Biology), Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Professor of the Faculty of Soil Science of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430>