



Читать
онлайн
Read
online

Синицына О.О.¹, Брагина И.В.², Гильденскиольд О.А.¹, Стрекачева Л.В.^{1,3},
Турбинский В.В.¹

Гигиеническая оценка качества и безопасности питьевой воды в розлив

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия;

²Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 127994, Москва, Россия;

³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области», 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Производство питьевой воды в розлив с использованием специального оборудования (вендинговых аппаратов, акваматов) требует дополнительного контроля её безопасности для здоровья человека.

Цель исследования — гигиеническая оценка эффективности водоподготовки, качества и безопасности питьевой воды в розлив, реализуемой населению через акваматы.

Материалы и методы. Объектами исследований служили исходная и питьевая вода в розлив, реализуемая населению через акваматы в Московской, Кировской областях и Екатеринбурге. Качество воды оценивали по органолептическим, санитарно-химическим и микробиологическим показателям в аккредитованных лабораториях центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора в Московской, Кировской и Свердловской областях.

Результаты. Удельный вес не соответствующих гигиеническим нормативам проб исходной воды из централизованных систем хозяйственно-питьевых водопроводов на территории населённых мест и водозаборных скважин составил 58 и 70% соответственно. Питьевая вода, приготовленная в акваматах, в 98% проб не соответствовала гигиеническим нормативам при заборе исходной воды из водопровода и в 64% проб — при использовании привезённой в цистернах воды артезианских скважин. Водоподготовка с использованием ионообменного умягчения воды в акваматах приводила к увеличению концентрации ионов натрия и хлорид-ионов выше гигиенических нормативов.

Ограничения исследования. Для каждой из контролируемых точек количество и наименования исследованных показателей выбирали индивидуально исходя из технологии водоподготовки, поэтому они различались в зависимости от точек контроля и источников. Следовательно, сопоставление результатов анализов в определённой мере условно.

Заключение. Сделан вывод о необходимости повышения эффективности профилактических мероприятий как по выбору источников исходной воды, так и по мерам дополнительной обработки воды в акваматах.

Ключевые слова: питьевая вода в розлив; аквамат; качество и безопасность воды

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

Для цитирования: Синицына О.О., Брагина И.В., Гильденскиольд О.А., Стрекачева Л.В., Турбинский В.В. Гигиеническая оценка качества и безопасности питьевой воды в розлив. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(5): 595–600. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-5-595-600> <https://elibrary.ru/vpifrg>

Для корреспонденции: Турбинский Виктор Владиславович, e-mail: turbinskii.vv@fncg.ru

Участие авторов: Синицына О.О. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Брагина И.В. — концепция и дизайн исследования; Гильденскиольд О.А. — дизайн исследования, сбор материала; Стрекачева Л.В. — сбор и обработка материала, написание текста; Турбинский В.В. — написание текста, редактирование. 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 проведено при спонсорской поддержке Ассоциации производителей питьевой воды в розлив.

Поступила: 09.12.2024 / Поступила после доработки: 16.01.2025 / Принята к печати: 26.03.2025 / Опубликовано: 27.06.2025

Oxana O. Sinitsyna¹, Irina V. Bragina², Olga A. Gildenskiold¹, Larisa V. Strekacheva^{1,3},
Viktor V. Turbinskiy¹

Hygienic assessment of the quality and safety of bottled drinking water

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation;

²Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, 127994, Russian Federation;

³Center of Hygiene and Epidemiology in the Moscow region, Mytishchi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The production of vending drinking water using additional special equipment (vending devices, aquamats), puts forward the need to ensure additional control of its safety for human health.

The purpose of this study was to provide a hygienic assessment of the effectiveness of the pretreatment of bottled drinking water sold to the population via aquamats. **Materials and methods.** The objects of research conducted in 2020–2021 were source and bottled drinking water sold to the population through aquamats on the territory of the Moscow and Kirov regions, Yekaterinburg. The study of water quality was carried out according to organoleptic, sanitary-chemical and microbiological indices in accredited laboratories of the Hygiene and Epidemiology Centers in the Moscow region, the Kirov region and in Yekaterinburg.

Results. The proportion of source water samples from centralized drinking water supply systems in populated areas and water intake wells that do not comply with hygienic standards amounted to 58% and 70%, respectively. Drinking water prepared in aquamats in 98% of the samples did not comply with hygienic standards when taking source water from the water supply system and in 64% of the samples — when using water brought in cisterns from artesian wells. Water treatment using ion exchange softening of water in aquamats led to an increase in the sodium and chloride ions concentration above hygienic standards.

Limitations. The number and names of the studied indices for each control point were selected individually based on the expediency of control and were different for various points and sources, which made their comparison to a certain extent conditional.

Conclusion. It is concluded that it is necessary to increase the effectiveness of preventive measures, both on the choice of source water sources and on measures for additional water treatment in aquamates.

Keywords: vending drinking water; aquamate; water quality

Compliance with ethical standards. The trial does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Sinitsyna O.O., Bragina I.V., Gildenskiold O.A., Strekacheva L.V., Turbinsky V.V. Hygienic assessment of the quality and safety of bottled drinking water. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(5): 595–600. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-5-595-600> <https://elibrary.ru/vpifrg> (In Russ.)

For correspondence: Viktor V. Turbinsky, e-mail: turbinskii.vv@fncg.ru

Contribution: Sinitsyna O.O. — concept and design of the study, text editing; Bragina I.V. — concept and design of the study; Gildenskiold O.A. — research design, collection and processing of material; Strekacheva L.V. — collection and processing of material, text writing; Turbinsky V.V. — text writing and editing. 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.

Funding. The study was conducted with the sponsorship of the Association of Manufacturers of Bottled Drinking Water.

Received: December 9, 2024 / Revised: January 16, 2025 / Accepted: March 26, 2025 / Published: June 27, 2025

Введение

Питьевая вода (ПВ), реализуемая населению в розлив посредством вендинговых автоматов (акваматов), всё чаще становится источником хозяйственно-питьевого водопользования населения [1, 2], что обуславливает актуальность её гигиенической оценки, разработки мероприятий по обеспечению безопасности для здоровья населения [3, 4]. Производство ПВ в розлив в настоящее время имеет благоприятные возможности для развития. Важную роль в этом играет экономическое преимущество по сравнению с бутилированной водой. Вместе с тем опыт реализации ПВ в розлив [5] показывает наличие проблем обеспечения микробиологической и химической безопасности воды, обусловленных несоответствием технологии водоподготовки, применяемой в аквматах, требуемому качеству воды [6–8]. Оборудование, контактирующее с ПВ, способы водоподготовки и условия работы оборудования вносят весомый вклад в обеспечение качества и безопасности ПВ в аквматах. Доступность современных технологий, способных достигать глубокой очистки воды, не является достаточным условием обеспечения качества ПВ из аквмата [9]. Наличие большого числа источников загрязнения на пути от водозабора до отпуска в тару потребителя требует систематического наблюдения за этапами «жизненного цикла» ПВ, продаваемой в розлив, и оперативного реагирования на возникающие риски [10]. Широкое применение осмотических технологий для очистки воды поставило в ряд проблем водоподготовки не только повышенное, но и пониженное содержание некоторых веществ, необходимых для организма человека элементов, в значительной мере поступающих с ПВ: кальция, магния, кремния [11]. Исследование качества ПВ из аквматов, проведённое зарубежными учёными, показало, что вода в розлив представляет существенную опасность для здоровья человека как фактор инфекционной и химической опасности [12]. В США в воде из аквматов обнаруживали превышения нормативных значений таких показателей качества, как общие колиформные бактерии (ОКБ) и общее микробное число (ОМЧ) в 32 и 21% проб питьевой воды соответственно [13, 14]. В 81% проб воды из аквматов обнаруживали генетические материалы *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, в 76% — *Enterococcus faecalis* и в 90% — *Pseudomonas aeruginosa* [15].

Цель исследования заключалась в гигиенической оценке эффективности водоподготовки, качества и безопасности питьевой воды в розлив, реализуемой населению через аквматы.

Материалы и методы

Объектами исследований служили исходная и питьевая вода после системы водоподготовки на шести объектах по производству и реализации ПВ в розлив (аквматах), расположенных на территории Московской, Кировской областей и Екатеринбурга.

Изученные аквматы, несмотря на сходство назначения и методов приготовления ПВ, обладали рядом особенностей. Как правило, они были обеспечены ёмкостью для хранения воды, изготовленной из стали (три аквмата) или полипропилена (два аквмата). У одного из аквматов, подключённого к системе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, такая ёмкость отсутствовала, и водопроводная вода после системы водоподготовки разливалась потребителям.

Системы водоподготовки в аквматах также различались. В одном аквмате применялось озонирование на входе в накопительную ёмкость, в четырёх — ионный обмен, фильтрация через активированный уголь, обратный осмос, в двух — механическая фильтрация. Обеззараживание питьевой воды, прошедшей очистку в аквмате, осуществлялось ультрафиолетовым излучением, в одном из аппаратов — в накопительной ёмкости, в пяти — после ёмкости перед наливным краном.

Авторами отобрано и исследовано 1065 проб воды. Программа исследований включала две схемы отбора проб. Схема 1 — исходная вода из источников водоснабжения, схема 2 — вода после системы водоподготовки в аквмате. Исследование воды проводили по органолептическим, санитарно-химическим и микробиологическим показателям: водородный показатель (рН), запах при 20 °С, запах при нагревании до температуры плюс 60 °С, мутность, привкус, цветность, минерализация общая, нитраты, кальций, магний, сульфаты, хлориды, гидрокарбонат-ион, железо суммарно, натрий, свинец суммарно, стронций, хром общий, цинк, ртуть, кадмий, марганец, медь, никель, алюминий, озон, мышьяк, нитриты (по NO₂⁻), аммиак и аммоний-ион, окисляемость перманганатная, формальдегид, дибутилфталат, диоктилфталат, диэтилфталат, диметилфталат, жёсткость общая, общее микробное число (ОМЧ) при температуре плюс 22 °С, ОМЧ при температуре плюс 37 °С, *Escherichia coli*, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), энтерококки (фекальные стрептококки), *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги, пероксид водорода.

Анализы выполнены в аккредитованных лабораториях ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области», Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» в Ленинском, Верх-Исетском, Октябрьском и Кировском районах Екатеринбурга, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области».

Результаты исследований оценивали на соответствие СанПиН 1.2.3685–21¹, а также согласно решениям судебных органов (Орехово-Зуевского, Ивановского городских

¹ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

судов²) о применении к ПВ в розлив требований технического регламента, регулирующего безопасность упакованной ПВ, — на соответствие ТР ЕАЭС 044/2017³. Допустимые значения показателей функциональной полноценности ПВ (кальций, магний, общая минерализация, гидрокарбонат-ион) определяли по СанПиН 2.1.4.1116–02⁴. Статистическую обработку результатов исследований проводили путём определения средних значений показателя и сравнения средних по критерию Краскела — Уоллиса. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Источниками исходной воды для последующей очистки в акваматах служат либо артезианские скважины, из которых вода доставляется к точке розлива автоцистернами, либо системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, к водопроводам которых подключают аппараты. Исследования исходной воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям на изученных объектах выявили, что удельный вес проб воды, забираемой из централизованных хозяйственно-питьевых водопроводов и из артезианских скважин, не соответствовал гигиеническим нормативам в 58 и 70% проб соответственно (рис. 1).

Качество ПВ из акваматов, установленных на водопроводных сетях централизованных водопроводов, за период наблюдения по микробиологическим показателям не менялось: 13% проб не соответствовали гигиеническим нормативам до и после очистки. При этом удельный вес проб воды в водопроводной сети, не отвечавших гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, увеличился почти вдвое: с 55 до 98%. Такая динамика обусловлена особенностью гигиенического нормирования упакованной питьевой воды, установленной ТР ЕАЭС 044/2017³ и СанПиН 2.1.4.1116–02⁴, предусматривающих нижний предел физиологической нормы для минерализации общей, гидрокарбонат-иона, кальция и магния. В акваматах, получавших исходную воду из подземных скважин, после очистки удельный вес проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, уменьшился с 70 до 64%: с 67 до 62% по сани-

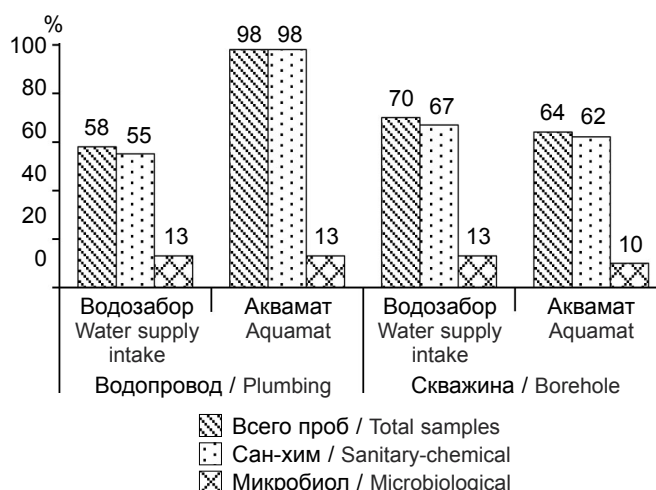


Рис. 1. Удельный вес (%) проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим (Сан-хим) и микробиологическим (Микробиол) показателям, на разных этапах доставки воды потребителю через акваматы из системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения (водопровод) и из подземных скважин с доставкой автотранспортом.

Fig. 1. The specific weight of water samples, failed to comply with hygienic standards for sanitary-chemical and microbiological indices at different stages of water delivery to the consumer through aquamats from the centralized household drinking water supply system (water supply) and from underground wells with delivery by automobile transportation.

тарно-химическим показателям, с 13 до 10% — по микробиологическим. Сравнительный анализ структуры проб воды из разных источников водоснабжения акваматов (артезианских скважин и водопроводов централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения) по санитарно-химическим показателям (рис. 2) показал, что в обоих случаях гигиенический норматив чаще всего был превышен по содержанию железа и стронция, при использовании подземных водоносных горизонтов — по показателю мутности, при заборе воды из водопроводов — по жёсткости. Кроме того, 3–6% проб воды содержали токсичные элементы (никель, мышьяк, хром) как при использовании подземных скважин, так и систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Среди микробиологических показателей качества воды из подземных источников, по которым установлены несоответствия гигиеническим нормативам, можно отметить преобладание показателя БГКП (37,5%), что является свидетельством фекального загрязнения. Подтверждением этого служит обнаружение в 12,5% проб ОКБ, ТКБ, *E. coli* и энтерококков.

² Очередной судебный иск Роспотребнадзора к производителям питьевой воды в розлив. 30 октября 2019 г. Доступно: <https://aqua-vend.ru/novosti/ocherednoj-sudebnyj-isk-rosпотребнадзора-k-proizvoditeljam-pitevoj-vody-v-rozliv/>

³ Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017) (с изменениями на 5 октября 2021 г.). Принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 23 июня 2017 г. № 45.

⁴ Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости. Контроль качества» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 15 марта 2002 г.). С изменениями и дополнениями от 25 февраля, 28 июня 2010 г.

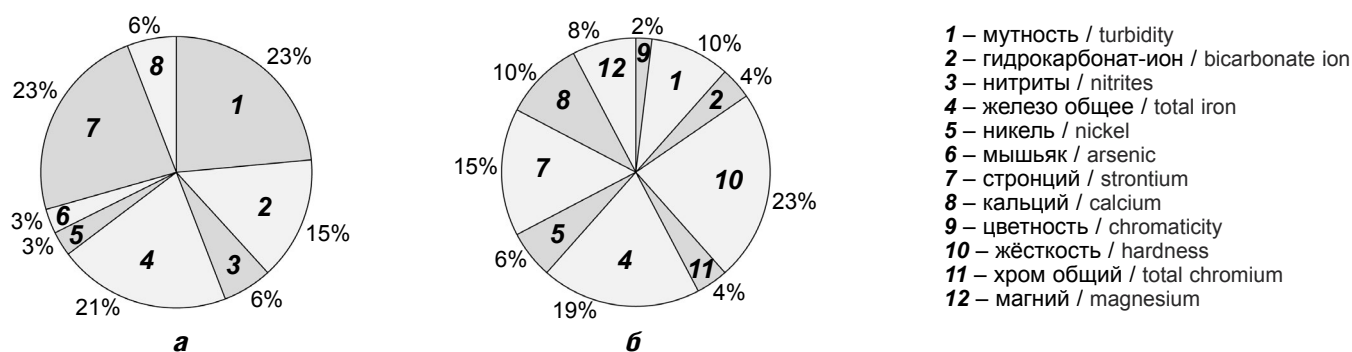


Рис. 2. Структура не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям проб исходной воды из артезианских скважин (а) и из водопроводов централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (б) до очистки в акваматах.

Fig. 2. The structure of samples of source water that do not meet hygienic standards for sanitary and chemical indices from artesian wells (a) and from centralized drinking water supply pipelines (b) before purification in aquamats.

Процент проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, до и после очистки в акваматах с использованием метода обратного осмоса и метода ионного обмена

Percentage of water samples that do not comply with hygienic standards before and after purification in aquamates using the reverse osmosis method and the ion exchange method

Показатель Index	Метод обратного осмоса Reverse osmosis method							Метод ионного обмена Ion exchange method						
	до очистки before cleaning			после очистки after cleaning			<i>p</i>	до очистки before cleaning			после очистки after cleaning			<i>p</i>
	<i>N</i>	<i>M</i>	%	<i>N</i>	<i>M</i>	%		<i>N</i>	<i>M</i>	%	<i>N</i>	<i>M</i>	%	
Мутность, мг/л Turbidity, mg/L	54	1.0	13.0	100	0.3	0.0	0.005	16	2.39	37.5	24	0.33	0.0	0.004
Привкус, баллы Flavor, points	54	0.6	0.0	100	0.4	46.0	2E–16	—	—	—	—	—	—	—
Цветность, градусы Chromaticity, degrees	54	6.1	1.9	100	3.6	5.0	0.271	—	—	—	—	—	—	—
Минерализация общая, мг/л Total mineralization, mg/L	54	336.4	0.0	100	139.6	53.0	5E–20	16	360.0	0.0	24	277.2	0.0	—
Гидрокарбонат-ион, мг/л Bicarbonate ion, mg/L	54	223.5	3.7	100	69.3	54.0	1E–15	16	358.8	31.3	24	246.1	37.5	0.684
Жёсткость общая, мг-экв/л Total hardness, mg-eq/L	54	5.150	22.2	100	1.173	0.0	1E–04	16	6.231	0.0	24	1.825	0.0	—
Кальций, мг/л Calcium, mg/L	54	58.482	13.0	100	13.96	70.0	3E–15	16	62.84	0.0	24	21.614	20.8	0.016
Магний, мг/л Magnesium, mg/L	54	23.788	7.4	100	5.010	24.0	0.003	16	36.04	0.0	24	6.027	25.0	0.007
Аммиак и аммоний-ион, мг/л Ammonia and ammonium ion, mg/L	54	0.211	0.0	100	0.186	39.0	3E–13	16	0.288	0.0	24	0.114	16.7	0.035
Нитраты, мг/л Nitrates, mg/L	54	9.791	3.7	100	2.233	0.0	0.153	16	1.056	0.0	24	0.860	0.0	—
Окисляемость перманганатная, мгО ₂ /л Permanganate oxidizability, mgO ₂ /L	54	1.59	0.0	100	0.63	2.0	0.155	16	0.864	0.0	24	1.029	8.3	0.148
Железо суммарно, мг/л Total iron, mg/L	54	0.475	22.2	100	0.045	0.0	1E–04	16	0.665	31.3	24	0.040	0.0	0.010
Марганец, мг/л Manganese, mg/L	54	0.022	0.0	100	0.005	1.0	0.316	—	—	—	—	—	—	—
Натрий, мг/л Sodium, mg/L	54	17.80	0.0	100	24.27	1.0	0.316	16	10.969	0.0	24	79.971	0.0	—
Хром общий, мг/л Total chromium, mg/L	54	0.010	3.7	100	0.008	0.0	0.152	—	—	—	—	—	—	—
Никель, мг/л Nickel, mg/L	54	0.010	5.6	100	0.006	2.0	0.300	16	0.011	6.3	24	0.002	0.0	0.308
Мышьяк, мг/л Arsenic, mg/L	—	—	—	—	—	—	—	16	0.006	6.3	24	0.005	4.2	0.777
Стронций, мг/л Strontium, mg/L	54	2.528	14.8	100	0.312	0.0	0.003	16	7.215	50.0	24	0.303	0.0	0.0003
Ртуть, мг/л Mercury, mg/L	54	0.00006	0.0	100	0.0001	1.0	0.315	16	0.0001	0.0	24	0.0001	0.0	—
Свинец суммарно, мг/л Total lead, mg/L	54	0.002	0.0	100	0.001	1.0	0.316	16	0.002	0.0	24	0.002	0.0	—
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>), КОЕ/100 см ³ colonies forming units/100 cm ³	54	0.357	3.7	100	0.834	3.0	0.820	16	0.0	0.0	24	0.000	0.0	—
Колифаги, БОЕ/100 см ³ Coliphages, plaque-forming units/100 cm ³	54	0.0	0.0	100	0.0	0.0	—	16	0.0	0.0	24	0.0	0.0	—
ОМЧ при температуре плюс 22 °С, КОЕ/см ³ Total microbial number at 22 °C, colonies forming units/100 cm ³	54	7.696	5.6	100	44.000	14.0	0.072	16	7.875	6.3	24	0.0	0.0	1.03
ОКБ, КОЕ/100 см ³ Generalized coliform bacteria, colonies forming units/100 cm ³	54	0.136	1.9	100	0.700	3.0	0.857	16	0.0	0.0	24	9.45	0.0	0.307
ТКБ, КОЕ/100 см ³ Termotolerant coliform bacteria, colonies forming units/100 cm ³	54	0.136	1.9	100	0.692	3.0	0.647	16	0.0	0.0	24	0.0	0.0	—
Энтерококки, КОЕ/100 см ³ Enterococci, colonies forming units/100 cm ³	54	0.036	1.9	99	0	0.0	0.314	16	0.125	6.3	24	0.042	4.2	0.777
Всего проб Total samples	54	—	57.4	100	—	94.0	7E–07	16	—	81.3	24	—	62.5	0.184

Примечание. *N* — число проб; *M* — среднее значение показателя; % — процент проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам; *p* — достоверность отличия. Жирным шрифтом отмечены достоверные различия показателей (*p* ≤ 0,05).

Note: *N* is the number of samples; *M* is the average value of the index; % is the percentage of water samples that do not meet hygienic standards; *p* — the reliability of the difference. Increased values of indices with *p* < 0.05 are marked in bold.

Для воды водопроводов превышения гигиенического норматива чаще наблюдались по показателю ОМЧ при температуре плюс 22 °С (60%), свидетельствующему о биообрастании труб. Кроме того, 20% проб имели признаки фекального загрязнения — содержали ОКБ и энтерококки.

С учётом способов обработки ПВ в разных аквматах (обратный осмос либо ионный обмен) проведён сравнительный анализ эффективности технологий доочистки воды. В таблице представлено количество проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, до очистки в аквмате и после неё. Использование в аквматах для очистки воды обратного осмоса, механической фильтрации и обезжелезивания обеспечивало достоверное снижение мутности воды, содержания железа, стронция, солей жёсткости ($p < 0,05$).

При использовании обратного осмоса (см. таблицу) в воде после очистки чаще, чем до очистки, регистрировали отклонения от нормативов по следующим показателям: привкус воды — 46% проб против 0% до очистки ($p < 0,05$); аммиак и аммоний ион — 39% проб против 0% до очистки ($p < 0,05$). Кроме того, по показателям физиологической полноценности, имеющим диапазон нормы, в концентрациях меньше нижнего предела обнаружены гидрокарбонат-ион — 54% проб против 3,7% до очистки ($p < 0,05$), кальций — 70% проб против 13% до очистки ($p < 0,05$), магний — 24% проб против 7,4% до очистки ($p < 0,05$). Показатель общей минерализации после очистки был ниже предела обнаружения в 53% проб, до очистки таких проб не было — 0% ($p < 0,05$). В целом 94% проб ПВ в аквматах после очистки с использованием метода обратного осмоса не соответствовали гигиеническим нормативам, тогда как в исходной воде имели отклонения от нормативных величин 57,4% ($p < 0,05$).

Изменения качества питьевой воды после очистки были сходными при использовании метода ионного обмена (см. таблицу) и обратного осмоса. Снижалась мутность воды как по числу проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам (37,5% проб воды до очистки и 0% проб воды после очистки; $p < 0,05$), так и по среднему значению показателя (2,39 мг/л до очистки и 0,33 мг/л после очистки). В очищенной воде уменьшались концентрации железа общего и стронция (с 31,3 и 50% проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, соответственно, до 0% проб; $p < 0,05$). Как и в случае очистки с помощью обратного осмоса, в ПВ было снижено содержание кальция и магния. В целом удельный вес проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, имел лишь тенденцию к уменьшению по сравнению с исходным уровнем (62,5% против 81,3%; $p = 0,184$).

Таким образом, установлено, что использование для очистки воды метода ионного обмена в отличие от метода обратного осмоса не сопровождалось существенным увеличением количества проб воды с пониженной общей минерализацией и содержанием гидрокарбонат-иона, минерализации общей. Такое избирательное действие ионного обмена на минеральный состав воды является несомненным преимуществом перед использованием обратного осмоса.

При очистке ПВ обратным осмосом или методом ионного обмена наблюдалось увеличение числа проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию аммиака и аммоний-ионов (с 0 до 39% и с 0 до 16,7% соответственно; $p < 0,05$). Появление в пробах воды после очистки соединений азота свидетельствует о наличии в аквматах источников органического загрязнения, вероятнее всего, биоплёнки, что косвенно подтверждается увеличением ОМЧ при температуре плюс 22 °С после очистки в аквматах.

Обсуждение

Реализация питьевой воды в розлив как мера обеспечения качественной питьевой водой востребована населением. Это связано с ожидаемым повышением качества питьевой воды при дополнительной очистке в водоматах, которое часто не могут обеспечить сети централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако, как пока-

зали результаты данного исследования, аппаратная доочистка питьевой воды (как из скважин, так и из водопроводных сетей) является дополнительным этапом вмешательства в доставку воды из источника потребителю, следовательно, возникает угроза микробиологического или химического загрязнения. Также возможно недостаточное улучшение качества исходной воды, изменение её физиологической ценности. Наличие такой угрозы выявлено в настоящем исследовании, согласно результатам которого уменьшение доли проб очищенной в аквмате воды, не соответствующих гигиеническим нормативам, по сравнению с исходной водой являлось несущественным: 64 и 70% соответственно, а именно по санитарно-химическим показателям — 62 и 67%, по микробиологическим показателям — 10 и 13%.

При этом детальный анализ показателей качества питьевой воды до и после очистки в аквматах показал, что на фоне положительного уменьшения мутности, жёсткости воды, содержания в ней железа, стронция, токсичных элементов (никель, мышьяк, хром) значительно снижается уровень общей минерализации, уменьшается содержание кальция и магния, что свидетельствует о чрезмерной деминерализации воды, ухудшении её физиологической полноценности и отсутствии мер восстановления минерального состава воды.

Также на фоне снижения в воде после очистки средних значений концентрации аммиака (ионов аммония) возрастает удельный вес проб с повышенным его содержанием, выражена тенденция роста ОМЧ при температуре плюс 22 °С. Такие различия показателей качества воды до и после водоподготовки в аквматах свидетельствуют о недостаточной эффективности применяемых дезинфекционных мероприятий.

Ограничения исследования. Для каждой из контролируемых точек количество и наименования исследованных показателей выбирали индивидуально исходя из технологии водоподготовки, поэтому они различались в зависимости от точек контроля и источников. Следовательно, сопоставление результатов анализов в определённой мере условно.

Заключение

Результаты проведённых исследований показали, что в исходной воде для аквматов Московской, Кировской областей и Екатеринбурга к числу санитарно-химических показателей, наиболее часто превышающих гигиенический норматив, относятся железо и стронций, мутность, жёсткость, токсичные элементы — никель, мышьяк, хром.

В структуре микробиологических показателей, не соответствующих гигиеническим нормативам, можно отметить преобладание показателя БГКП (37,5%), а также ОКБ, ТКБ, *E. coli* и энтерококков, что является свидетельством фекального загрязнения воды подземных водоисточников. Выявленные превышения гигиенического норматива показателя ОМЧ при температуре плюс 22 °С в 60% проб воды из водопроводной сети свидетельствуют о биообрастании труб и указывают на необходимость их регулярной очистки и дезинфекции.

Водоподготовка в аквматах с помощью фильтрации, ионного обмена, обратного осмоса обеспечивает удаление взвешенных веществ и минеральных солей, но создаёт условия для вторичного загрязнения воды, придания ей постороннего привкуса, появления аммиака и аммоний-ионов, вероятнее всего, в результате жизнедеятельности микроорганизмов, находящихся в биоплёнках внутри оборудования.

Использование для очистки ПВ методов ионного обмена по сравнению с обратным осмосом является более избирательным по регулированию солевого состава, в значительно меньшей степени снижает общую минерализацию воды, но, как и обратный осмос, приводит к уменьшению содержания кальция и магния. В связи с этим технологии обратного осмоса и ионного обмена, применяемые для доочистки воды в аквматах, требуют совершенствования в части регулирования минерального состава подготовленной ПВ с целью обеспечения её физиологической полноценности.

Литература (п.п. 5, 6, 10–15 см. References)

1. Захаров К.Е., Синицына О.О., Гильденскиольд О.А., Стрекачева Л.В. Научное обоснование программы лабораторных исследований для оценки безопасности работы автоматов при производстве, транспортировке и реализации питьевой воды в розлив. В кн.: *Материалы I Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения – 2020». Сборник тезисов*. М.; 2020: 133–8. <https://elibrary.ru/zsonsn>
2. Тихонова Н.А., Мелехин А.Г. Питьевое водоснабжение города Перми. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура*. 2015; (1): 198–215. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2015.1.14> <https://elibrary.ru/tyfvnh>
3. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Борисова Д.С., Исаев Д.С., Грибова К.А., Крутикова Н.Н. Регулирование качества и безопасности питьевой воды в розлив (вендинговой питьевой воды). *Здоровье населения и среда обитания – 3НУСО*. 2023; 31(5): 34–40. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-34-40> <https://elibrary.ru/xjmnjy>
4. Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А., Борисова Д.С. Гигиенические проблемы использования воды в автоматах (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2023; 102(8): 842–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-842-847> <https://elibrary.ru/retiwu>
5. Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Карелин А.О., Борисова Д.С., Исаев Д.С., Грибова К.А. Обеспечение качества и безопасности вендинговой питьевой воды. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2023; 18(1): 188–99. <https://elibrary.ru/ezbflu>
6. Саканская-Грицай Е.И. Проблемы и перспективы совершенствования водоподготовки. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2014; 29(3): 88–95. <https://elibrary.ru/swncsr>
7. Цветков А.С., Буймова С.А., Бубнов А.Г., Буймов С.Д. Оценка качества питьевой воды в торговых автоматах. В кн.: *Актуальные вопросы естественных наук. Актуальные вопросы естествознания. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. М.; 2022: 466–72.

References

1. Zakharov K.E., Sinitsyna O.O., Gil'denskiol'd O.A., Strekacheva L.V. Scientific justification of the program of laboratory research for estimating safety of aquamaths operation during production, transportation and sales of drinking water in filling. In: *Materials of the I National Congress with International Participation on Human Ecology, Hygiene and Environmental Medicine «Sysin Readings – 2020». Collection of Abstracts [Materialy I Natsional'nogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiem po ekologii cheloveka, gigiene i meditsine okruzhayushchei sredy «Sysin'skie chteniya – 2020». Sbornik tezisev]*. Moscow; 2020: 133–8. <https://elibrary.ru/zsonsn> (in Russian)
2. Tikhonova N.A., Melekhin A.G. Drinking water supply of the city of Perm. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2015; (1): 198–215. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2015.1.14> <https://elibrary.ru/tyfvnh> (in Russian)
3. Yeremin G.B., Mozhukhina N.A., Borisova D.S., Isaev D.S., Gribova K.A., Krutikova N.N. Regulation of quality and safety of vended drinking water. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2023; 31(5): 34–40. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-34-40> <https://elibrary.ru/xjmnjy> (in Russian)
4. Yeremin G.B., Mozhukhina N.A., Borisova D.S. Hygienic problems of the use of vended water (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(8): 842–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-842-847> <https://elibrary.ru/retiwu> (in Russian)
5. Chaidez C., Rusin P., Naranjo J., Gerba C.P. Microbiological quality of water vending machines. *Int. J. Environ. Health Res.* 1999; 9(3): 197–206. <https://doi.org/10.1080/09603129973164>
6. Murphy J.L., Kahler A.M., Nansubuga I., Nanyunja E.M., Kaplan B., Jothikumar N., et al. Environmental survey of drinking water sources in Kampala, Uganda, during a Typhoid fever outbreak. *Appl. Environ. Microbiol.* 2017; 83(23): e01706–17. <https://doi.org/10.1128/AEM.01706-17>
7. Mozhukhina N.A., Yeremin G.B., Karelin A.O., Borisova D.S., Isaev D.S., Gribova K.A. Ensuring quality and safety of vended drinking water. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2023; 18(1): 188–99. <https://elibrary.ru/ezbflu> (in Russian)
8. Sakanskaja-Gritsay E.I. Problems and prospects for improvement of water treatment. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2014; 29(3): 88–95. <https://elibrary.ru/swncsr> (in Russian)
9. Tsvetkov A.S., Buimova S.A., Bubnov A.G., Buimov S.D. Assessment of drinking water quality in vending machines. In: *Topical Issues of Natural Sciences. Current Issues of Natural Science. Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference [Aktual'nye voprosy estestvennykh nauk. Aktual'nye voprosy estestvoznaniya. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Moscow; 2022: 466–72. (in Russian)
10. Yongyod R. Drinking water quality and evaluation of environmental conditions of water vending machines. *Asia-Pac. J. Sci. Tech.* 2018; 23(1): 1–6.
11. Xu Y., Chen R., Zeng Q. Ferroptosis as a mechanism for health effects of essential trace elements and potentially toxic trace elements. *Biol. Trace Elem. Res.* 2023; 201(9): 4262–74. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03523-w>
12. Water Vending Machine, Inspection Procedure & Operating Requirements. California Department of Public Health; 2014.
13. Cardaci R., Burgassi S., Golinelli D., Nante N., Battaglia M.A., Bezzini D., et al. Automatic vending-machines contamination: a pilot study. *Glob. J. Health Sci.* 2016; 9(2): 63. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v9n2p63>
14. Hile T.D., Dunbar S.G., Sinclair R.G. Microbial contamination of drinking water from vending machines of Eastern Coachella Valley. *Water Supply*. 2021; 21(4): 1618–28. <https://doi.org/10.2166/ws.2020.372>
15. Liu H., Whitehouse C.A., Li B. Presence and persistence of Salmonella in water: the impact on microbial quality of water and food safety. *Front. Public Health*. 2018; 6: 159. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00159>

Сведения об авторах

Синицына Оксана Олеговна, доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, зам. директора по научной работе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru

Брагина Ирина Викторовна, доктор мед. наук, зам. руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 127994, Москва, Россия. E-mail: info@rospotrebndzor.ru

Гильденскиольд Ольга Алексеевна, науч. сотр. отд. гигиены питьевого водоснабжения и охраны водных объектов ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: turbinskijv@fferisman.ru

Стрекачева Лариса Валерьевна, зав. отд. гигиены и санэпидэкспертиз ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области», 141010, Мытищи, Россия. E-mail: strekacheva_lv@cgemo.ru

Турбинский Виктор Владиславович, доктор мед. наук, доцент, зав. отд. гигиены воды ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: turbinskii.vv@fncg.ru

Information about the authors

Oxana O. Sinitsyna, DSc (Medicine), professor, corresponding member of the RAS, Deputy Director for Research of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0241-0690> E-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru

Irina V. Bragina, DSc (Medicine), Deputy Head of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, 127994, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0003-7531-1372> E-mail: info@rospotrebndzor.ru

Olga A. Gildenskiold, Researcher of the Department of Hygiene of Drinking Water Supply and Protection of Water Bodies, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4559-1663> E-mail: goa@fferisman.ru

Larisa V. Strekacheva, Head of the Department of Hygiene and Sanitary Examination of the Center of Hygiene and Epidemiology in the Moscow region, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0005-5425-8239> E-mail: strekacheva_lv@cgemo.ru

Viktor V. Turbinsky, DSc (Medicine), Associate Professor, Head of the Water Hygiene Department of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7668-9324> E-mail: turbinskii.vv@fncg.ru