

**МАРКЕРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ДЛЯ ВОДЫ ИЗ ВОДОМАТОВ И РОДНИКОВ****А.С. Цветков, С.А. Буймова, А.Г. Бубнов**

Александр Сергеевич Цветков (ORCID 0009-0003-1611-2170)\*, Светлана Александровна Буймова (ORCID 0000-0003-1567-8116)

Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000  
E-mail: alextsvet5@gmail.com\*

Андрей Германович Бубнов (ORCID 0000-0002-7201-9339)

Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, просп. Строителей, 33, Иваново, Российская Федерация, 153040

*Известно, что качество питьевой воды оказывает сильное влияние на здоровье современного человека. Во многом это зависит от химического и микробиологического состава потребляемой воды. В настоящее время нет установленного перечня маркерных показателей, позволяющего в минимальные сроки сделать выводы о безопасности питьевой воды из целого ряда различных источников. В работе представлены результаты проведенных химического и микробиологического анализа проб воды из вендинговых аппаратов различных торговых марок и родников, расположенных в г. Иваново и Ивановской области. Результаты показывают несоответствие данных типов вод установленным нормам за рассматриваемый период исследования. В ходе выявления маркерных веществ по полученным данным были проведены регрессионный и корреляционные анализы, характеризующие химический состав воды из предложенных источников. Обработка полученных зависимостей содержания конкретного загрязняющего вещества от времени для родников проводилась полиномами 8-го и 9-го порядков, а для вендинговых аппаратов – полиномами 3-го и 4-го порядков, также были получены уравнения трендов для данных зависимостей. Сделаны выводы о возможности использования рассматриваемых методов статистической обработки, определено наличие или отсутствие стохастической связи между всеми анализируемыми компонентами, представлен список показателей, между которыми возможно проследить взаимозависимость содержания в рассматриваемых типах вод. Приведен перечень химических веществ, которые можно считать маркерными показателями для воды из водоматов и родников, а также указаны максимально допустимые концентрации предложенных веществ.*

**Ключевые слова:** вендинговый аппарат, родник, загрязняющее вещество, корреляция, зависимость, качество

**QUALITY MARKERS FOR WATER FROM VENDING MACHINES AND SPRINGS****A.S. Tsvetkov, S.A. Buymova, A.G. Bubnov**

Alexander S. Tsvetkov (ORCID 0009-0003-1611-2170)\*, Svetlana A. Buymova (ORCID 0000-0003-1567-8116)  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevskiy ave., 7, Ivanovo, 153000, Russia  
E-mail: alextsvet5@gmail.com\*

Andrey G. Bubnov (ORCID 0000-0002-7201-9339)

Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Stroiteley ave., 33, Ivanovo, 153040, Russia

*It is known that the quality of drinking water has a strong impact on the health of modern people. This largely depends on the chemical and microbiological composition of the water consumed. At present, there is no established list of marker indicators to enable conclusions to be drawn about the safety of drinking water from a range of different sources in a minimum timeframe. The paper presents the results of chemical and microbiological analysis of water samples from vending machines of various brands and springs located in the city of Ivanovo and the Ivanovo region. The results show the non-compliance of these types of water with established standards for the period of study under consideration. In the course of identifying marker substances based on the data obtained, regression and correlation analyzes were carried out to characterize the chemical composition of water from the proposed sources. Processing of the obtained dependencies of the content of a particular pollutant on time for springs was carried out by polynomials of the 8th and 9th orders, and for vending machines - by polynomials of the 3rd and 4th orders. Trend equations for these dependencies were also obtained. Conclusions are drawn about the possibility of using the statistical processing methods under consideration, the presence or absence of a stochastic relationship between all analyzed components is determined, a list of indicators is presented, between which it is possible to trace the interdependence of content in the types of water under consideration. The list of chemical substances that can be considered as marker indicators for water from water mats and springs is given, as well as the maximum permissible concentrations of the proposed substances.*

**Key words:** vending machine, spring, pollutant, correlation, dependence, quality

**Для цитирования:**

Цветков А.С., Буймова С.А., Бубнов А.Г. Маркерные показатели качества для воды из водоматов и родников. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2024. Т. 67. Вып. 12. С. 113–122. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7059.

**For citation:**

Tsvetkov A.S., Buymova S.A., Bubnov A.G. Quality markers for water from vending machines and springs. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 12. P. 113–122. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7059.

## ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие в Российской Федерации ведется активный переход к технологическому нормированию в сфере охраны окружающей среды, основанному на применении принципов наилучших доступных технологий (НДТ) [1-3]. Конкретного определения ключевых (маркерных) веществ в Федеральном законе № 7-ФЗ от 10 января 2022 г. «Об охране окружающей среды» для разных природных объектов нет, но разные авторы предлагают говорить о существенных понятиях [4-6]. Основанием для такого решения служит то, что существенными могут быть не только вещества, но и интегральные и даже замещающие параметры, характеризующие как присутствие тех или иных веществ (и их групп), так и ход технологического процесса. К наиболее часто встречающимся показателям для водных объектов при техническом нормировании относятся: рН (водородный показатель), электропроводность и цветность воды, химическое и биологическое потребление кислорода в воде (ХПК и БПК соответственно), содержание нефтепродуктов [7]. Безусловно нельзя применять технологические нормативы к воде из водоматов и

родников, но походы к выявлению маркеров нам представляется применить возможным. Тем более, что в соответствии с ГОСТ Р 56828.15-2016 [8], «маркерное вещество – это наиболее значимый для конкретного производства показатель, выбираемый по определенным критериям из группы веществ, внутри которых наблюдается тесная корреляционная взаимосвязь». Особенностью маркерного вещества является то, что с его помощью можно оценить значения всех веществ и/или показателей, входящих в группу.

В настоящее время маркерные показатели выделены для сточных вод в промышленных системах охлаждения, сточных вод водоподготовительных установок, сточных вод при гидрозолоудалении, включая дренажные воды золошлакоотвалов, а также дождевых и талых сточных вод. Отметим, что подобные этим маркерные показатели для питьевой воды (после водоподготовки, например, в водоматах) на сегодняшний день не определены, поэтому это является актуальной задачей, позволяющей в дальнейшем при определении минимально-представительного количества показателей делать объективный вывод о качестве и при-

годности к употреблению воды [7, 9] и, следовательно, уровне экологического качества.

Выше упоминалось, что разработаны и применяются технологические нормативы на основе НДТ, которые внедряются, в первую очередь, на предприятиях первой категории опасности по уровню негативного воздействия на объекты окружающей среды. Значения этих технологических нормативов не могут быть применены к природным объектам (родникам) и воде питьевого назначения (из централизованной системы водопровода или вендинговых аппаратов), но в данной работе сделана попытка применить подход, используемый в НДТ, к выявлению маркерных показателей в т.ч. загрязняющих веществ в водах природных источников и водоматов.

Цель настоящей работы – предложить перечень маркерных веществ для родниковых вод, а также питьевой воды в водоматах для быстрого и оперативного установления качества воды из данных источников (а также для разработки первоочередных рекомендаций – при необходимости предварительной водоподготовки).

#### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Отбор проб для химического и микробиологического анализа проводился в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» [10] и ГОСТ 21942-2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа» [11].

Исследование проб воды проводилось для наиболее распространенных торговых марок вендинговых аппаратов на территории г. Иваново и родников, находящихся в черте городского округа. На сегодняшний день наиболее популярны водоматы следующих торговых марок:

- «Родник здоровья. Природная артезианская вода» («РЗПАВ») (<https://www.cleanwater-rz.ru>);
- «Природный источник. Чистая артезианская вода» («ПИЧАВ») (<https://природнаявода37.рф>);
- «Источник здоровья. Чистая вода» («ИЗЧВ»).

В вендинговые аппараты торговых марок «РЗПАВ» и «ПИЧАВ» поставляется вода из артезианского источника, расположенного в Коляновском сельском поселении, а в водомат бренда «ИЗЧВ» вода поставляется по централизованной системе водоснабжения г. Иваново. Соответственно, только питьевая вода бренда «ИЗЧВ» подвергается хлорированию на водоподготовительных станциях г. Иваново. В систему доочистки в водоматах «РЗПАВ» и «ПИЧАВ» встроены различные типы

фильтров (угольный, механической очистки), обратноосмотические системы, озонаторы, ультрафиолетовые лампы.

Родники, вода из которых была исследована, расположены по следующим адресам:

- родник № 1 – г. Иваново, пер. Челышева (долина р. Увось);
- родник № 2 – г. Кохма, ул. Советской (долина р. Увось);
- родник № 3 – г. Иваново, парк отдыха «Харинка» (долина р. Харинка).

Пробы родниковой воды отбирались в период интенсивных атмосферных выпадений (в так называемый «переходный» период времени года) с 2021 по 2023 гг. Пробы питьевой воды из вендинговых аппаратов отбирались в теплый и холодный периоды времени года (2021-2023 гг.). Все пробы не подвергались заморозке и/или химической консервации.

Химический анализ воды из акваматов и родников проводился в 2021-2023 гг. Микробиологический анализ был выполнен только для питьевой воды из вендинговых аппаратов.

В процессе анализа происходило установление концентраций 24 основных показателей, перечень которых предложен в соответствии с СанПиН 2.1.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [12] и общего микробного числа (ОМЧ) в соответствии с МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды» [13].

Основные показатели в пробах воды контролировались по аттестованным методикам стандартными методами химического и физико-химического анализа в соответствии с гигиеническими нормативами содержания веществ в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.1074-01 [14] с использованием спектрофотометра ПЭ-5400ВИ, рН-метра (рН-150МИ), атомно-абсорбционного спектрометра ААС ВУСК 210 VGP.

При систематизации данных были применены математические модели (методы построения графиков зависимости) разных показателей качества воды от времени. В результате использования математических моделей были получены уравнения трендов, которые описывают зависимость содержания различных компонентов в питьевой воде (или показателей качества воды) из вендинговых аппаратов и родников в г. Иваново от времени.

Расчет коэффициента парной корреляции включал расчет математического ожидания  $\bar{C}_k$ ,

среднего квадратического отклонения  $\sigma_k$ , коэффициента парной корреляции  $r_{kj}$  и стандартной ошибки этого коэффициента  $\sigma_{r_{kj}}$  (при малом объеме выборки ( $n < 25$ )) [15-17].

В заключении работы был сделан вывод о возможности и удобности использования математических методов и моделей для подбора маркерных веществ для питьевой воды из вендинговых аппаратов и родников, позволяющий судить о ее качестве.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В ходе химического анализа проб питьевой воды из водоматов выявлено несоответствие содержания  $Mn^{2+}$  (1-3 ПДК<sub>пит</sub>) и  $Fe_{общ}$  (1-1,87 ПДК<sub>пит</sub>) в большей части исследованных проб за весь период наблюдения. Для проб воды из родников наблюдалось повышенное содержание солей жесткости (до 1,5 раз от нормы), синтетических поверхностно активных веществ (СПАВ) – на уровне до 4 ПДК<sub>пит</sub>, а также  $NO_3^-$  (до 3 ПДК<sub>пит</sub>) за весь период исследования. Микробиологический анализ показал отклонение значения ОМЧ от нормы на уровне до 12 ПДК<sub>пит</sub>. Пробы питьевой воды из водоматов для микробиологического анализа отбирались попутно с пробами для проведения химического анализа (в холодный и теплый периоды времени года (с 2021 по 2023 г.)). Результаты анализа для наиболее неблагоприятного периода с точки зрения выявленного микробного загрязнения представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

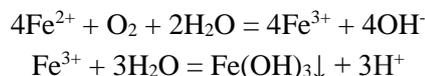
**Результаты микробиологического анализа проб питьевой воды из водоматов различных торговых марок (теплый период 2021 г.)**

**Table 1. Results of microbiological analysis of drinking water samples from watermats of different brands (warm period 2021)**

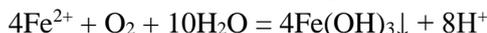
| Источник пробы | Общая бактериальная обсемененность, КОЕ/мл | Допустимые уровни, КОЕ/мл |
|----------------|--|---------------------------|
| «РЗПАВ»        | 3  | 50                        |
| «ПИЧАВ-1»      | 84   | 50                        |
| «ПИЧАВ-2»      | 91   | 50                        |
| «ПИЧАВ-3»      | 43   | 50                        |
| «ПИЧАВ-4»      | 340  | 50                        |
| «ИЗЧВ»         | 87   | 100                       |

В реакции с кислородом в воде участвуют все молекулы двухвалентного железа ( $Fe^{2+}$ ). В результате происходит окисление двухвалентного железа до нерастворимого основания, которое мо-

жет негативно влиять на организм человека, вызывая слабость мышц, проблемы в работе щитовидной железы, потерю вкуса, а кроме того, существенное ухудшение внешнего вида [18, 19]:



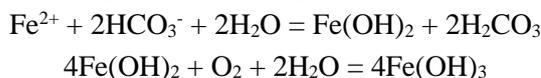
Суммарное уравнение реакции окисления и гидролиза железа может быть представлено так:



Кроме того, описанный выше процесс может приводить к коррозии металлических железо-содержащих конструкций вендинговых аппаратов.

Однако стоит отметить, что неблагоприятное воздействие соединений Fe на организм человека будет наблюдаться при регулярном употреблении в питьевых целях воды с повышенным содержанием рассматриваемого компонента [20].

При поступлении природных подземных (родниковых) вод на поверхность и контакте ее с воздухом, нарушаются равновесные состояния растворенных веществ – из воды выделяется  $CO_2$  и поглощается кислород воздуха, в результате чего начинается распад  $HCO_3^-$  и выделение концентрации растворенного оксида углерода (IV), повышается рН воды. Эти процессы приводят к окислению железа и марганца и их гидролизу [21]:

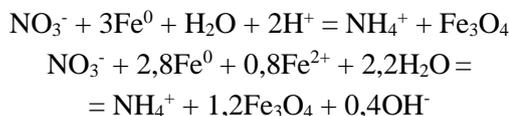


или суммарно:



Известно, что окисление соединений  $Fe^{2+}$ , растворенных в природной воде, в соединения  $Fe^{3+}$  относится к естественному природному процессу и чем выше величина рН, тем интенсивнее происходит процесс окисления.

Кроме того, при наличии в воде одновременно  $Fe^0$  и  $NO_3^-$  происходит трансформация нитритов в аммонийные соединения [22]:



Повышенное содержание относительно нормы перечисленных компонентов в питьевой воде при постоянном употреблении может оказывать негативное влияние на морфологический состав крови (приводит к росту концентрации метгемоглобина), а также может спровоцировать появление некоторых аллергических реакций [23-27].

Повышенное содержание рассматриваемых компонентов в артезианской и родниковой водах возможно за счет антропогенного воздействия

вблизи мест разгрузки и/или скважин: промышленно-бытовые стоки, стоки животноводческих комплексов и сток с полей, на которых применяются, например, азотные удобрения. Кроме того, на присутствие, а также на преобладание отдельных компонентов в воде влияют глинистые породы и породы органогенного происхождения, а для скважин еще и использование химических реагентов для регулирования свойств буровых растворов в процессе их строительства [28-31].

Согласно данным предварительных оценок о степени потенциальной опасности [32], вероятность развития гипертонической болезни при употреблении воды из рассматриваемых источников с выявленными превышениями норм составляет 13%, в то время как для ишемической болезни сердца и хронического гастрита – 11%. Обобщенные результаты интегральной оценки качества исследуемой воды свидетельствуют о превышении допустимого уровня риска на уровне  $10^{-4}$ . В то же время, анализ динамики степени риска по [33, 34] в период с 2021 по 2023 годы показал улучшение качества воды, предлагаемой к продаже из водоматов [35], что может позволить обеспечить более высокую безопасность для потребителей по сравнению с родниковой водой [32].

При проведении регрессионного и корреляционного анализа по данным химического и микробиологического анализов определяли зависимость содержания соединений железа от времени.

Пример обработки полученных результатов по содержанию  $Fe_{общ}$  в питьевой воде из вендинговых аппаратов представлен на рисунке. Установлено, что зависимость содержания данного компонента может быть описана уравнением 4-го порядка ( $Y = A + B_1 \cdot X^1 + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4$ ) с коэффициентом детерминации  $R^2 = 1$ .

Отметим, что коэффициент детерминации ( $R^2$ ) не может быть больше 1. Если  $R^2 \in [0,8; 1]$ , то уровень связи между рассматриваемыми параметрами высокий, если  $R^2 \leq 0,5$  – слабый [12, 36].

Анализ расчетных данных показал, что для воды из вендинговых аппаратов и родников в г. Иваново наблюдаемые зависимости показателей качества, превышающих норматив содержания, могли быть описаны приведенными ниже уравнениями трендов.

1. Для вендинговых аппаратов:

– железо ( $Fe_{общ}$ ) – полиномами 3-го или 4-го порядка, при этом коэффициент детерминации лежал в пределах от 0,99998 до 1;

– марганец ( $Mn^{2+}$ ) – полиномом 3-го порядка, при этом коэффициент детерминации был равен 1;

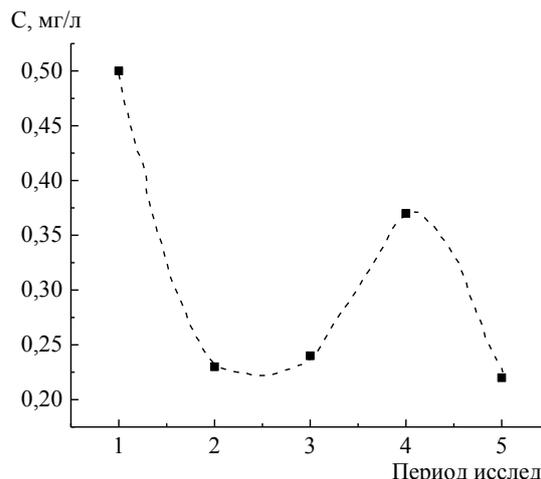


Рис. Содержание соединений  $Fe_{общ}$  (мг/л) в питьевой воде из вендингового аппарата торговой марки «ПИЧАВ-1», обработка полиномом 4-го порядка.  $Y = A + B_1 \cdot X^1 + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4$ . 1 – холодный период 2021 г.; 2 – теплый период 2021 г.; 3 – холодный период 2022 г.; 4 – холодный период 2023 г.; 5 – теплый период 2023 г.

Fig. Content of Fe compounds (mg/l) in drinking water from a vending machine of the PICHAV-1 trademark, processing with a 4th order polynomial.  $Y = A + B_1 \cdot X^1 + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + B_4 \cdot X^4$ . 1 – cold period 2021; 2 – warm period 2021; 3 – cold period 2022; 4 – cold period 2023; 5 – warm period 2023

2. Для родников:

– жесткость – полиномом 9-го порядка, при этом коэффициент детерминации, характеризующий величину жесткости родниковой воды, составлял 0,505, родника №2 – 0,701, родника №3 – 0,585;

– СПАВ – полиномом 9-го порядка, при этом коэффициент детерминации, характеризующий содержание СПАВ в родниковой воде, составлял 0,570, родника №2 – 0,768, родника №3 – 0,867;

– нитраты ( $NO_3^-$ ) – полиномом 9-го порядка, при этом коэффициент детерминации, характеризующий содержание нитрат-ионов в родниковой воде, составлял 0,239, родника №2 – 0,236, родника №3 – 0,370.

Таким образом, в ходе работы были получены уравнения трендов (табл. 2), описывающие зависимости содержания компонентов в воде от времени и позволяющие прогнозировать их величину в определенный период времени. Для выполнения анализа парной корреляции между содержанием различных компонентов были построены графики зависимости содержания их от времени и проведены точечные оценки коэффициентов парной корреляции.

На следующем этапе работы были оценены коэффициенты парной корреляции и стандартная ошибка коэффициента парной корреляции. В качестве примера приведем расчет и оценку коэффициента

ента парной корреляции между содержанием сульфат-ионов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) и соединений марганца (Mn<sup>2+</sup>) в

питьевой воде из вендингового аппарата «ПИЧАВ» за 2021-2023 гг. (табл. 3).

Таблица 2

**Математические модели для прогнозирования содержания некоторых компонентов в воде из водоматов и родников**

**Table 2. Mathematical models for predicting the content of certain components in water from vending machines and springs**

| Компонент         | Объект    | Математическая модель   |
|-------------------|-----------|---|
| Fe <sub>общ</sub> | «ИЗЧВ»    | $y = 0,15 - 0,8575x - 0,60042x^2 + 0,1325x^3 - 0,00958x^4$  |
|                   | «РЗПАВ»   | $y = 3,87 - 6,13917x + 3,62375x^2 - 0,86583x^3 + 0,07125x^4$  |
| Mn <sup>2+</sup>  | «ИЗЧВ»    | $y = -0,012 + 0,02883x - 0,007x^2 + 0,00217x^3$   |
|                   | родник №3 | $y = -0,11807 + 0,53748x - 0,38683x^2 + 0,11931x^3 - 0,0191x^4 + 0,00174x^5 - 9,38042 \cdot 10^{-5}x^6 + 2,95516 \cdot 10^{-6}x^7 - 5,03036 \cdot 10^{-8}x^8 + 3,57276 \cdot 10^{-10}x^9$ |

Таблица 3

**Результаты корреляционного анализа содержания сульфат-ионов и соединений марганца в питьевой воде из водомата торговой марки «ПИЧАВ» (2021 – 2023 гг.)**

**Table 3. Results of correlation analysis of the content of sulfate ions and manganese compounds in drinking water from the water mat of the brand "PICHAV" (2021 - 2023)**

| Компонент                     | Значение концентраций соединений по периодам исследования, мг/л |                      |                      |                    | σ    | r     | σ <sub>r</sub> |
|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|--------------------|------|-------|----------------|
|                               | Теплый период 2021  | Холодный период 2022 | Холодный период 2023 | Теплый период 2023 |      |       |                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 26  | 15                   | 23,6                 | 16,3               | 5,4  | 0,183 | 0,473          |
| Mn <sup>2+</sup>              | 0,006   | 0,024                | 0,3                  | 0,115              | 0,14 |       |                |

Поскольку полученное значение коэффициента парной корреляции  $r_{\text{сульфаты/марганец}} = 0,183$ , то отсутствует корреляционная зависимость между исследованными показателями. Рассчитанная по [15] стандартная ошибка для  $\sigma_{\text{сульфаты/марганец}}$  (при малом объеме выборки, если  $n < 25$  (в нашем случае  $n = 4$ ), составила 0,473.

Полученное значение стандартной ошибки коэффициента парной корреляции более не позволяет судить о степени стохастической связи между рассматриваемыми компонентами. То есть мы не можем судить о тесноте стохастической связи между сульфат-ионами и соединениями марганца в питьевой воде из вендинговых аппаратов при малом объеме выборки. Следовательно, требуется анализ выборки большего объема.

Вместе с тем, в процессе работы была выявлена стохастическая зависимость связи между компонентами (табл. 4).

Полученные зависимости позволяют говорить о том, что повышение концентрации одного из рассматриваемых компонентов приводит к повышению концентрации другого, с которым первый имеет значимую стохастическую связь [37].

Отметим, что наблюдалась корреляционная зависимость между значением ОМЧ и концентрацией СГ для питьевой воды торговых марок

«ПИЧАВ» и «ИЗЧВ» (коэффициентом парной корреляции  $r = 1,6 - 1,71$ ), что может говорить о высокой взаимосвязи показателей рассматриваемых компонентов, даже при оцененной ошибке коэффициентов (принимая отрицательные значения). Отметим, что обеззараживающим действием обладают непосредственно хлорорганические вещества («активный» хлор), а не хлорид-ионы, поэтому высокое значение коэффициента парной корреляции и отрицательное значение ошибки коэффициента не позволяют судить о степени очистки питьевой воды из вендинговых аппаратов при помощи хлорирования.

Анализируя полученные результаты, можно выявить взаимозависимость перечисленных выше компонентов, предположить динамику (увеличение или уменьшение) содержания рассматриваемых загрязняющих веществ в данных типах вод на определенный период времени путем математического моделирования. Кроме того, анализ позволяет сделать вывод о том, что за счет полученных корреляций химических компонентов данные вещества можно считать маркерными и сократить перечень исследуемых компонентов в воде до определения маркеров, которые будут свидетельствовать о безопасности рассматриваемой для употребления воды.

Таблица 4

Значение некоторых коэффициентов ( $r$ ) и стандартных ошибок парной корреляции ( $\sigma_r$ ) с выявленной стохастической зависимостью связи между контролируемыми показателями

Table 4. The value of some coefficients ( $r$ ) and standard errors value of some coefficients and standard errors of pairwise correlation ( $\sigma_r$ ) with the revealed stochastic dependence of the relationship between the monitored indicators

| Источник проб | $r$  | $\sigma_r$ | Показатели с выявленной связью                               |
|---------------|------|------------|--|
| «РЗПАВ»       | 0,94 | 0,13       | pH / Ж*  |
|               | 0,94 | 0,09       | Cl <sup>-</sup> / Fe <sub>общ</sub>                          |
|               | 0,96 | 0,08       | Mn <sup>2+</sup> / Zn <sup>2+</sup>                          |
| «ПИЧАВ-1»     | 0,86 | 0,19       | Cl <sup>-</sup> / NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>               |
|               | 0,96 | 0,08       | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
|               | 0,96 | 0,18       | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / Zn <sup>2+</sup>              |
|               | 0,90 | 0,18       | Mn <sup>2+</sup> / Co <sup>2+</sup>                          |
|               | 0,97 | 0,06       | Zn <sup>2+</sup> / Co <sup>2+</sup>                          |
| «ПИЧАВ-2»     | 0,92 | 0,15       | pH / Ж   |
|               | 0,96 | 0,18       | Сухой остаток / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                |
|               | 0,97 | 0,05       | Cl <sup>-</sup> / NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>               |
|               | 0,90 | 0,13       | pH / Co <sup>2+</sup>  |
| «ПИЧАВ-3»     | 0,98 | 0,05       | pH / Ж   |
|               | 1,0  | 0,01       | Сухой остаток / NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 |
|               | 0,99 | 0,05       | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / Fe <sub>общ</sub>             |
|               | 0,98 | 0,04       | Mn <sup>2+</sup> / Zn <sup>2+</sup>                          |
| «ПИЧАВ-4»     | 0,94 | 0,12       | pH / Ж   |
|               | 0,97 | 0,06       | Fe <sub>общ</sub> / Cu <sup>2+</sup>                         |
|               | 0,98 | 0,04       | Mn <sup>2+</sup> / Zn <sup>2+</sup>                          |
| «ИЗЧВ»        | 0,91 | 0,17       | Cl <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>              |
|               | 0,95 | 0,10       | Mn <sup>2+</sup> / Ni <sup>2+</sup>                          |
|               | 0,91 | 0,16       | Ж / Co <sup>2+</sup>   |
| Родник №1     | 0,74 | 0,12       | Mn <sup>2+</sup> / Pb <sup>2+</sup>                          |
| Родник №2     | 0,76 | 0,11       | Mn <sup>2+</sup> / Pb <sup>2+</sup>                          |
|               | 0,80 | 0,10       | Сухой остаток / Fe <sub>общ</sub>                            |
| Родник №3     | 0,84 | 0,08       | Mn <sup>2+</sup> / Pb <sup>2+</sup>                          |

Примечание: \*Ж – жесткость

Note: \* Ж - hardness

За весь период исследования, согласно правилам выбора маркерных показателей (характерность для рассматриваемого типа вод, постоянное присутствие в значимых количествах и доступность и воспроизводимость метода определения данного загрязняющего вещества) к последним можно отнести:

а) для вендинговых аппаратов – Fe<sub>общ</sub>, Mn<sup>2+</sup>, ОМЧ (по данным мониторинга) и pH, общую жесткость, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> и Co<sup>2+</sup> (по выявленной стохастической зависимости);

б) для родников – общая жесткость, СПАВ, химическое потребление кислорода (ХПК<sub>KMnO4</sub>) и NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (по данным мониторинга) и Mn<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup> (по выявленной стохастической зависимости).

Отметим, что для воды нецентрализованного водоснабжения согласно СанПин 2.1.4.1175-02 [38] и воды питьевого назначения из централизованных систем водоснабжения согласно СанПин 1.4.1074-01 [14] нормируется величина «перманганатной окисляемости». Это обобщенный показатель, который указывает суммарное содержание веществ, присутствующих в воде. При этом данный показатель указывает наличие как органических, так и неорганических компонентов в пробе [39].

Максимальные значения содержания предельных компонентов в питьевой и родниковой водах рекомендуется принимать на уровне ПДК<sub>пит</sub> [9]: pH – 6-9 ед.pH; общая жесткость – 7 мг-экв/л; СПАВ – 0,5 мг/л; ХПК<sub>KMnO4</sub> – 15 мгО<sub>2</sub>/л; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – 3,0 мг/л; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 45 мг/л; Fe<sub>общ</sub> – 3,0 мг/л; Mn<sup>2+</sup> – 1,0 мг/л; Co<sup>2+</sup> – 0,1 мг/л; Pb<sup>2+</sup> – 0,03 мг/л; ОМЧ – 50 КОЕ/см<sup>3</sup>.

Данный подход к анализу и выбору показателей качества воды можно использовать в тех случаях, когда невозможно уделить достаточное количество времени для определения качества питьевой воды, например, в условиях чрезвычайных ситуаций или требуется экспресс-анализ уровня загрязнения вод [40].

Для родниковых вод возрастание значений ХПК обычно происходит за счет антропогенного влияния (при сбросе сильно загрязненных сточных вод, дренажа территорий интенсивной хозяйственной деятельности (без оборудования канализацией талых и дождевых вод), что в нашем случае является вполне возможным, так как рассматриваемые в статье родники расположены в черте населенных пунктов), а также из-за природных источников загрязнения (выщелачивание органических веществ из почвенно-растительного покрова, поступление в водные объекты частиц почв и продуктов разложения растительности за счет ливневых дождей и талых вод, эрозии береговой линии) [41]. Вероятно, в качестве загрязняющих веществ в родниковой воде наиболее сильное влияние на величину ХПК оказывают растворенные окислители и поверхностно-активные вещества.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенный химический и микробиологический анализы вод из вендинговых аппаратов и родников выявили повышенное содержание соединений Mn<sup>2+</sup>, Fe<sub>общ</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, СПАВ и отклонение от нормы значений общей жесткости и ОМЧ. Полученные регрессионные и корреляционные зависимости между химическими показателями, характеризующими состав рассматриваемых типов вод, позволяют проследить взаимозависимость между химическими показателями и назвать

их маркерными и/или критериальными компонентами, определение которых позволит сделать вывод о качестве воды из водоматов и родников.

*Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ.*

*Авторы заявляют об отсутствии кон-*

*фликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.*

*The study was carried out using the resources of the Center for the Collective Use of Scientific Equipment of the ISUCT.*

*The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Похил Ю.Н., Пупырев Е.И., Багаев Ю.Г. Наилучшие доступные технологии в очистке коммунальных сточных вод. *Водооч. Водопод. Водоснабж.* 2011. Т. 44. Вып. 8. С. 4-8.
2. Парилова О.Ф., Устимова И.Г. Ультрафильтрация в водоподготовке: технические, технологические и экономические преимущества и недостатки. *НДТ водоснабж. и водоотв.* 2016. Вып. 1. С. 32-39.
3. Ульянов Н.Б., Волосова А.С. Оценка наилучших доступных технологий в системах водоподготовки. Матер. конф. Низкотемпер. и пищ. технол. XII в. Т. 2. СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. 2015. С. 371-373.
4. Ходяшев М.Б., Варюхина С.А., Каселева Н.П. К вопросу выбора маркерных показателей в сточных водах различных отраслей народного хозяйства. *Астраханск. Вестн. экол. образ.* 2023. Т. 78. Вып. 6. С. 18-26. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-6-18-26.
5. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Миронов А.В. Выбор маркерных показателей для анализа экологической результативности предприятий и оценки состояния природных водных объектов на примере бассейна р. Пры. *Регион. экология.* 2015. Т. 42. Вып. 7. С. 63-70.
6. Диканская О.П., Волосатова Е.Ф., Тихонова И.О. К вопросу о маркерных веществах в сточных водах производств минеральных удобрений. *Усп. в химии и хим. технологии.* 2019. Т. 33. Вып. 5. С. 81-82.
7. Зарайско И.В., Тихонова И.О., Колдаева И.Л., Никитченко Т.В., Куслеева И.А., Гусева Т.В., Ежова О.С. К вопросу о выборе маркерных параметров и технологических показателей для предприятий, добывающих железную руду, и предприятий, производящих изделия дальнейшего передела черных металлов. *НДТ. Определение маркерных в-в в различн. отраслях пром.* Сб. Ст. 8. М.: «Перо». 2017. С. 4-32.
8. ГОСТ Р 56828.15-2016. «Наилучшие доступные технологии. Термины и определения» от 07.01.2017 №56828.15-2016. Официальное издание. М.: Стандартинформ. 2019.
9. ГОСТ Р 70722-2023. «Качество воды. Перечень маркерных веществ и технологических показателей для сбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива на крупных установках в целях производства энергии» от 12.04.2023 №70722-2023. Официальное издание. М.: Российский институт стандартизации. 2023.
10. ГОСТ Р 59024-2020. «Вода. Общие требования к отбору проб» от 10.09.2022 № 640-ст. Официальное издание. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2020.
11. ГОСТ 21942-2012. «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа». М.: Стандартинформ. 2019. 2-5.
12. СанПиН 2.1.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» от 01.03.2021

#### REFERENCES

1. Pokhil Yu.N., Pupyrev E.I., Bagaev Yu.G. Best available technologies in municipal wastewater treatment. *Vodooch. Vodopodg. Vodosnab.* 2011. V. 44. N 8. P. 4-8 (in Russian).
2. Parilova O.F., Ustimova I.G. Ultrafiltration in water treatment: technical, technological and economic advantages and disadvantages. *NDT Modosnab. Vodootv.* 2016. N 1. P. 32-39 (in Russian).
3. Ulyanov N.B., Volosova A.S. Assessment of best available technologies in water treatment systems. Material confer. Nizkotemp. I pishev. technol. XII v.. V. 2. SPb.: St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2015. P. 371-373 (in Russian).
4. Khodyashev M.B., Varyukhina S.A., Kaseleva N.P. On the issue of choosing marker indicators in wastewater from various sectors of the national economy. *Astrakhan. Vestn. Ekolog. Obrazov.* 2023. V. 78. N 6. P. 18-26 (in Russian). DOI: 10.36698/2304-5957-2023-6-18-26.
5. Guseva T.V., Molchanova Ya.P., Mironov A.V. Selection of marker indicators for analyzing the environmental performance of enterprises and assessing the condition of natural water bodies using the example of the river basin. *Pry. Region. Ekolog.* 2015. V. 42. N 7. P. 63-70 (in Russian).
6. Dikanskaya O.P., Volosatova E.F., Tikhonova I.O. On the issue of marker substances in wastewater from mineral fertilizer production. *Usp. Khim. Khim. Tekhnol.* 2019. V. 33. N 5. P. 81-82 (in Russian).
7. Zاراisko I.V., Tikhonova I.O., Koldaeva I.L., Nikitchenko T.V., Kusleeva I.A., Guseva T.V., Ezhova O.S. On the issue of choosing marker parameters and technological indicators for enterprises mining iron ore and enterprises producing products for the further processing of ferrous metals. *NDT. Determination of marker substances in various branches of industry. Collection of Articles 8.* М.: «Pero». 2017. P. 4-32 (in Russian).
8. GOST R 56828.15-2016. "The best available technology. Terms and definitions" dated 01/07/2017 No. 56828.15-2016. Official publication. М.: Standardinform. 2019. (in Russian).
9. GOSTR 70722-2023. "Water quality. List of marker substances and technological indicators for discharges of pollutants during fuel combustion at large installations for energy production" dated 04/12/2023 N. 70722-2023. Official publication. М.: Russian Institute of Standardization. 2023. (in Russian).
10. GOST R 59024-2020. "Water. General requirements for sampling" dated September 10, 2022 N. 640-st. Official publication. М.: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. 2020. (in Russian).
11. GOST 21942-2012. Water. Sampling for microbiological analysis. М.: Standardinform. 2019. P. 2-5 (in Russian).
12. SanPiN 2.1.3685-21. "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans" dated 03/01/2021 N. 2.1.3685-21. Official publication. Approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on January 28, 2021. (in Russian).

- №2.1.3685-21. Официальное издание. Утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021.
13. МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды (с Изменениями №№ 1, 2)» от 09.02.2001 № 4.2.1018-01. Официальное издание Федерального центра госсанэпиднадзора Минздрава России. Москва. 2001. с изм. и допол. в ред. от 01.07.2001.
  14. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»: издание официальное: утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 26.09.2001: введен 01.01.2002. Москва. 2001. 59 с.
  15. **Суслов М.И., Булкина К.А., Бубнов А.Г., Буймова С.А., Царев Ю.В.** Статистические методы анализа в экологическом мониторинге родниковых вод. *Совр. науко-емк. технол. Регион. прил.* 2016. Т. 45. Вып. 1. С. 107-115.
  16. **Куленцан А.Л., Марчук Н.А.** Влияние на человека загрязняющих веществ в г. Москва. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 9. С. 129-137. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6619.
  17. **Москалюк Е.А., Боголицын К.Г., Костогоров Н.М., Шульгина Е.В., Почтавалова А.С.** Анализ взаимосвязи обобщенных показателей качества сточных вод ЦБП. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 4. С. 108-116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6524.
  18. **Абаева Е.А., Аверина Ю.М.** Математическое моделирование скорости процесса окисления ионов железа в воде. *Усп. в хим. и хим. технол.* 2021. Т. 35. Вып. 3. С. 12-14.
  19. **Гусейнова А.М.** Исследование воздействия железа на организм человека в процессе жизнедеятельности. *Мат. VII Межрегион. научн.-практич. конф. с междунар. участ. Безопасн. жизнедеят.: науч., образов., практик. Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет.* 2017. С. 149-151.
  20. **Лапенко В.В., Бикбулатова Л.Н., Терникова Е.М.** Эколого-физиологическая оценка химического состава водопроводной воды городов Ханты-Мансийск и Салехард. *Ульян. мед.-био. журн.* 2020. Вып. 3. С. 159-167. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167.
  21. **Медведева В.М., Пирогов Е.Н., Семеновых В.А.** Окислительные методы в водоподготовке. *Наук. и техн. транспорт.* 2014. Вып. 4. С. 102-107.
  22. **Водяницкий Ю.Н., Минеев В.Г.** Деградация нитратов при участии Fe (II) и Fe(0) в почвенно-грунтовых водах (обзор литературы). *Почвовед.* 2015. Вып. 2. С. 156-165. DOI: 10.1134/S1064229315020131.
  23. **Милюков А.В., Матюхова Е.А., Савичевская К.В.** Влияние ряда химических элементов в питьевой воде на здоровье человека. *Сборн. научн. труж. по матер. Междунар. научн.-практич. конф. Вопр. метод. естеств. и технич. наук: совр. конст. Белгород: ООО «Агентство перспективных научных исследований».* 2019. С. 64-69.
  24. **Виденчикин Д.М., Фролов В.К.** О влиянии качества питьевой воды на формирование здоровья населения. *Сборн. статей XIV Междунар. научн.-исслед. конкурса Лучшая студ. статья 2018. Пенза: Наука и просвещение.* 2018. С. 219-221.
  25. **Магомедов М.Г., Омарова С.О., Абдуразакова Х.Н.** Влияние концентрации Zn, Cu, Mn, Mg в природных питьевых водах на заболеваемость туберкулезом легких населения равнины Дагестана. *Материал. X Республ. научн.-практич. конференц. Проблемы экол. медицины. Махачкала: Дагестан. Гос. Мед. Ун-т.* 2021. С. 37-43.
  13. МУК 4.2.1018-01 “Sanitary and microbiological analysis of drinking water (with Amendments No. 1, 2)” dated 02/09/2001 No. 4.2.1018-01. Official publication of the Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia. Moscow. 2001. as amended and additional in ed. dated 07/01/2001. (in Russian).
  14. SanPiN 2.1.4.1074-01 “Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control”: official publication: approved by the chief state sanitary doctor of the Russian Federation on September 26, 2001: introduced on January 1. 2002. Moscow. 2001. 59 p. (in Russian).
  15. **Suslov M.I., Bulkina K.A., Bubnov A.G., Buimova S.A., Tsarev Yu.V.** Statistical methods of analysis in environmental monitoring of spring waters. *Sovr. Naykoemk. Tekhnol. Region. Pril.* 2016. V. 45. N 1. P. 107-115 (in Russian).
  16. **Kulentsan A.L., Marchuk N.A.** Human impact of pollutants in Moscow. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.].* 2022. V. 65. N 9. P. 129-137. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6619.
  17. **Moskalyuk E.A., Kostogorov N.M., Bogolitsyn K.G., Shulgina E.V., Pochtvalova A.S.** Analysis of the relationship of generalized indicators of wastewater quality of the CBP. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.].* 2022. V. 65. N 4. P. 108-116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6524.
  18. **Abaeva E.A., Averina Yu.M.** Mathematical modeling of the rate of oxidation of iron ions in water. *Usp. Khim. Khim. Tekhnol.* 2021. V. 35. N 3. P. 12-14.
  19. **Guseynova A.M.** Study of the effects of iron on the human body in the process of life. *Proc. VII Interregional scientific-practical. conf. with international. part. Life safety: science, education, practice. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin. Gos. Univ.* 2017. P. 149-151 (in Russian).
  20. **Lapenko V.V., Bikbulatova L.N., Ternikova E.M.** Ecological and physiological assessment of the chemical composition of tap water of the cities of Khanty-Mansiysk and Salekhard. *Ul'yan. Med.-Biol. Zhurn.* 2020. V. 3. P. 159-167 (in Russian). DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-159-167.
  21. **Medvedeva V.M., Pirogov E.N., Semenovych V.A.** Oxidative methods in water treatment. *Nauk. Tekhnol. Transport.* 2014. V. 4. P. 102-107 (in Russian).
  22. **Vodyanitsky Yu.N., Mineev V.G.** Degradation of nitrates with the participation of Fe (II) and Fe (0) in soil and groundwater (literature review). *Pochvoved.* 2015. N 2. P. 156-165 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229315020131.
  23. **Milyukov A.V., Matyukhova E.A., Savichevskaya K.V.** The influence of a number of chemical elements in drinking water on human health. *Collected scientific works on materials of the International scientific and practical conference. Problems of method. natural and technical sciences: modern const. Belgorod: LLC "Agency for Advanced Scientific Research".* 2019. P. 64-69 (in Russian).
  24. **Videnichkin D.M., Frolov V.K.** On the influence of drinking water quality on the formation of public health. *Collection of articles of the XIV International scientific research competition Best student article 2018. Penza: Nauka i obrazovanie.* 2018. P. 219-221 (in Russian).
  25. **Magomedov M.G., Omarova S.O., Abdurazakova Kh.N.** The influence of the concentration of Zn, Cu, Mn, Mg in natural drinking waters on the incidence of pulmonary tuberculosis in the population of the Dagestan plain. *Material of X Republican scientific-practical conference. Problems of environmental medicine. Makhachkala: Dagestan. Gos. Med. Univ.* 2021. P. 37-43 (in Russian).

26. **Mohod C.V., Dhote J.** Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int. J. Innovate. Res. Sci. Eng. Tech.* 2013. V. 2. N 7. P. 2992-2996.
27. **Fewtrell L.** Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: a discussion. *Environ. Health Perspect.* 2004. V. 112. N 14. P. 1371-1374. DOI: 10.1289/ehp.7216.
28. **Кузнецова Л.И., Чевычелов А.П.** Оценка химического состава поверхностных вод в Алданском золото-промышленном районе (Южная Якутия). *Наука и обр.* 2012. Вып. 2. С. 92-97.
29. **Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Горбачев И.В.** Нитраты и нитриты в поверхностных и подземных водах. *Мир наук., культ. и обр.* 2008. Вып. 2(9). С. 19-22.
30. **Терлеева О.В., Ушакова И.Г.** Качество подземных вод в северных районах Омской области. *Вестн. Омск. ГАУ.* 2018. Вып. 2. N 30. С. 131-136.
31. **Долгих И.Л., Бачурин Б.А.** Некоторые результаты исследований воздействия ПАВ на природные геосистемы районов строительства скважин. *Вестн. Перм. Гос. техн. ун-та. Нефть и газ.* 2004. Т. 3. № 5. С. 71-75.
32. **Цветков А.С., Буймова С.А., Бубнов А.Г., Буймов С.Д.** Сравнительная характеристика риска от употребления воды из вендинговых аппаратов и родников. *Совр. проблемы гражд. защиты.* 2023. Т. 48. Вып. 3. С. 36-44.
33. **Буймова С.А., Бубнов А.Г., Царев Ю.В., Семенов А.О.** Оценка риска и ущерба здоровью населения при употреблении воды и продовольствия, содержащих химические загрязнения. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2019. Т. 62. Вып. 6. С. 119-130. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5816.
34. **Russo G., Laneri S., Lorenzo R. Di., Neri I., Dini I., Ciampaglia R., Grumetto L.** Monitoring of pollutants content in bottled and tap drinking water in Italy. *Molecules.* 2022. N 27. DOI: 10.3390/molecules27133990.
35. **Цветков А.С., Буймова С.А., Бубнов А.Г.** Безопасность питьевой воды в вендинговых аппаратах. *Совр. проблемы гражд. защиты.* 2023. Т. 47. Вып. 2. С. 46-53.
36. **Куленцан А.Л., Марчук Н.А.** Моделирование и прогнозирование заболеваемости населения г. Иваново. *Совр. наук. технол. Регион. прил.* 2022. Т. 72. Вып. 4. С. 75-83. DOI: 10.6060/snt.20227204.00010.
37. **Улзийтишиг И., Сухбаатар И., Баттумур Т.** Исследование некоторых минеральных вод Увс-нурского аймака Монголии. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 4-5. С. 126-132. DOI: 10.6060/tcct.20186104-05.5619.
38. СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»: издание официальное: утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 17.11.2003: введен 01.03.2003. Москва. 2002. 13 с.
39. ГОСТ Р 55684-2013. «Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости». Москва, Стандартинформ; 2019.
40. **Маслова Н.В., Кочетова Ж.Ю.** Комплексный экспресс-анализ загрязнения вод. Регион. геосистемы. 2021. Т. 25. Вып. 3. С. 382-392.
41. **Мискевич И.В., Невцетаяева О.П., Кузнецова Е.А.** Использование отношения химического потребления кислорода к концентрациям взвешенных веществ (параметр ХПК/ВВ) в геологических исследованиях водных объектов Европейского Севера. *Усп. совр. естеств.* 2022. Вып. 12. С. 75-79. DOI: 10.17513/use.37953.
26. **Mohod C.V., Dhote J.** Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int. J. Innovat. Res. Sci. Eng. Tech.* 2013. V. 2. N 7. P. 2992-2996.
27. **Fewtrell L.** Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: a discussion. *Environ. Health Perspect.* 2004. V. 112. N 14. P. 1371-1374. DOI: 10.1289/ehp.7216.
28. **Kuznetsova L.I., Chevychelov A.P.** Assessment of the chemical composition of surface waters in the Aldan gold-industrial area (Southern Yakutia). *Nauka Obraz.* 2012. V. 2. P. 92-97 (in Russian).
29. **Rozhdestvenskaya T.A., Puzanov A.V., Gorbachev I.V.** Nitrates and nitrites in surface and ground waters. *Mir Nauk, Kult. Obraz.* 2008. V. 2(9). P. 19-22 (in Russian).
30. **Terleeva O.V., Ushakova I.G.** Groundwater quality in the northern districts of the Omsk region. *Vestn. Omsk GAU.* 2018. V. 2. N 30. P. 131-136 (in Russian).
31. **Dolgikh I.L., Bachurin B.A.** Some results of studies of surfactant impact on natural geosystems of well construction areas. 2004. *Vestn. Perm. gos. tekhn. univ. Neft' i gaz.* 2004. V. 3. N 5. P. 71-75. (in Russian).
32. **Tsvetkov A.S., Buymova S.A., Bubnov A.G., Buimov S.D.** Comparative characteristics of the risk from drinking water from vending machines and springs. *Sovr. Probl. Grazhd. Zach.* 2023. V. 48. N 3. P. 36-44 (in Russian).
33. **Buymova S.A., Bubnov A.G., Tsarev Yu.V., Semenov A.O.** Assessment of potential risk and damage to population health from water and food chemical contamination. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Tekhnol.].* 2019. V. 62. N 6. P. 119-130. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5816.
34. **Russo G., Laneri S., Lorenzo R. Di., Neri I., Dini I., Ciampaglia R., Grumetto L.** Monitoring of pollutants content in bottled and tap drinking water in Italy. *Molecules.* 2022. N 27. DOI: 10.3390/molecules27133990.
35. **Tsvetkov A.S., Buymova S.A., Bubnov A.G.** Safety of drinking water in vending machines. *Sovr. Probl. Grazhd. Zach.* 2023. V. 47. N 2. P. 46-53 (in Russian).
36. **Kulentsan A.L., Marchuk N.A.** Modeling and forecasting of morbidity of the population of Ivanovo. *Sovr. Nauk. Tekhnol. Region. Pril.* 2022. V. 72. N 4. P. 75-83. DOI: 10.6060/snt.20227204.00010 (in Russian).
37. **Ulziikhishig I., Sukhbaatar I., Battumur T.** Study of some mineral water of Uvs nurskoy aymak of Mongolia. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.].* 2018. V. 61. N 4-5. P. 126-132 (in Russian). DOI: 10.6060/tcct.20186104-05.5619.
38. SanPiN 2.1.4.1175-02 "Hygienic requirements for water quality of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources": official edition: approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 17.11.2003: introduced 01.03.2003. Moscow. 2002. 13 p. (in Russian).
39. ГОСТ R 55684-2013. "Drinking water. Method for determination of permanganate oxidizability". М.: Standardinform. 2019. (in Russian).
40. **Maslova N.V., Kochetova Zh.Yu.** Comprehensive express analysis of water pollution. *Region. Geosistem.* 2021. V. 25. N 3. P. 382-392 (in Russian).
41. **Miskevich I.V., Netsvetayeva O.P., Kuznetsova E.A.** Use of the ratio of chemical oxygen demand to suspended solids concentrations (COD/BOD parameter) in geological studies of water bodies of the European North. *Usp. Sovr. Estestv.* 2022. V. 12. P. 75-79 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37953.

Поступила в редакцию (Received) 01.02.2024

Принята к опубликованию (Accepted) 04.06.2024