



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 32–40

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 32–40

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

Научная статья

УДК 556.3.04

## Исследование химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении



М. А. Шамарина

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Россия, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173

Шамарина Марина Анатольевна, аспирант кафедры биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем, заместитель заведующего музеем живой природы, [shamarinam@mail.ru](mailto:shamarinam@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3602-1677>

**Аннотация.** Представлен анализ химического состава воды подземного источника, расположенного в пойме реки Малки – наиболее крупной из рек, протекающих по территории Кабардино-Балкарской Республики. Данные о количественном содержании компонентов ионно-солевого состава подземных вод служат индикаторами для выявления фоновых концентраций загрязняющих веществ в речных водах. Приведены результаты наблюдений за внутригодовой динамикой расхода, температуры, прозрачности воды, ее химического состава – рН, минерализации, жесткости, перманганатной окисляемости, концентрации карбонатов, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, нитритов, нитратов, общего железа. Определен качественный микроэлементный состав. Представлены результаты санитарно-микробиологического анализа. Проведенный теоретический анализ позволяет сделать вывод, что химический состав исследуемой воды подчиняется общим закономерностям. Постоянство температуры вод подземного источника свидетельствует о глубоком залегании водоносных слоев. Химический состав воды определяется составом минералов и горных пород, с которыми она контактирует, остается практически постоянным в течение года и в небольшой степени зависит от климатических условий на поверхности. Сделан вывод, что вода подземного источника относится к нейтральным, пресным, средней жесткости, гидрокарбонатным водам, не загрязненным патогенной микрофлорой. По исследованным показателям качество воды подземного источника соответствует санитарным нормам для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения.

**Ключевые слова:** подземные воды, река Малка, качество воды, микроэлементы, ионно-солевой состав

**Для цитирования:** Шамарина М. А. Исследование химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 32–40. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Investigating water chemical composition of an underground source located in the floodplain of the Malka river in the lower reaches

М. А. Shamarina

Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, 173 Chernyshevsky St., Nalchik 360004, Russia

Marina A. Shamarina, [shamarinam@mail.ru](mailto:shamarinam@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3602-1677>

**Abstract.** The analysis of an underground source water chemical composition located in the floodplain of the Malka River, the largest river flowing through the territory of the Kabardino-Balkarian Republic, is presented. Data on the quantitative content of the groundwater ion-salt composition components serve as indicators to identify background concentrations of pollutants in river waters. The observation results of the intra-annual dynamics of flow, temperature, transparency, pH, mineralization, hardness, permanent oxidability, concentrations of carbonates, bicarbonates, chlorides, sulfates, nitrites, nitrates, and total iron are presented. The qualitative trace element composition has been determined. The results of sanitary and microbiological analysis are presented. The theoretical analysis allows us to conclude that the chemical composition of the water under study follows general patterns. The constancy of the underground source waters temperature indicates the deep occurrence of aquifers. The chemical composition of water is determined by the composition of minerals and rocks, which it comes into contact with, remains almost constant throughout the year and, to a small extent, depends on climatic conditions on the surface. Data on the concentration of components of the ion-salt composition and microflora characterizing the water quality of an underground source were obtained. The water of an underground source refers to neutral, fresh, medium hardness, bicarbonate waters that are not contaminated with pathogenic microflora.

**Keywords:** groundwater, Malka river, water quality, trace elements, ion-salt composition

**For citation:** Shamarina M. A. Investigating water chemical composition of an underground source located in the floodplain of the Malka river in the lower reaches. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 32–40 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-32-40>, EDN: VHUZJJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)



## Введение

Вместе с поверхностными водами вода, содержащаяся в недрах, является национальным достоянием государства и составляет основу водного фонда Российской Федерации. Подземные воды отличаются большим разнообразием химического состава, формируемого под влиянием гидрогеологических условий региона [1].

Большинство рек, протекающих по территории Кабардино-Балкарской Республики, относится к рекам со смешанным питанием, ледниковым и подземным. В частности, река Малка в период межени большей частью питается подземными водами, которые оказывают значительное влияние на химический состав и на сток реки. Исследование химического состава источников, питающих реку в период межени, может служить одним из индикаторов, позволяющих выявить фоновые концентрации компонентов ионно-солевого состава воды и загрязняющих веществ.

Цель работы – определение и изучение внутрисуточной динамики химического состава воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малка в нижнем течении.

Объектом исследования является подземный источник, расположенный на пойменном участке реки Малка в нижнем течении. На данном участке ведется интенсивная сельскохозяйствен-

ная деятельность, работают промышленные и перерабатывающие предприятия, имеются объекты транспортной инфраструктуры. В связи с этим устойчивость природной экосистемы подвержена влиянию не только природных, но и антропогенных факторов. Кроме того, вода родников, ключей и скважин используется населением для бытовых, технических и сельскохозяйственных нужд, поэтому актуально изучение химического состава воды, поступающей на поверхность из подземных источников.

## Материалы и методика исследований

Пробы для исследования химического состава воды подземного источника отбирали в соответствии с установленными нормами [2] в чистые ёмкости из полимерного материала объемом 1000 см<sup>3</sup>. Емкости полностью заполняли водой и закрывали навинчивающейся крышкой так, чтобы внутри не оставалось воздуха. Пробы не консервировали и анализировали как можно скорее после отбора, но не позднее чем через 24 ч после отбора. Если анализ пробы воды проводили позднее чем через 6 ч после отбора, то пробу хранили в холодильнике при температуре от 4 до 8 °С. Место отбора проб воды из подземного источника (43.737230930; 44.057866070) показано на карте (рис. 1).



Рис. 1. Карта участка реки Малки. Маркером указано месторасположение подземного источника



Измерение температуры, прозрачности и определение запаха воды проводили в соответствии с руководящим документом [3]. Для измерения температуры воды и воздуха использовали термометр ТМ 10-3 с диапазоном измерения от  $-5$  до  $+40$  °С с погрешностью измерений  $\pm 0,2$  °С. Для измерения прозрачности воды использовали цилиндр Снеллена, градуированный в сантиметрах, высотой 35 см и ценой деления 0,1 см. Для измерения рН применяли лабораторный рН-метр «Анион 4100».

Количественный химический анализ отобранных проб воды проводился в лаборатории фармацевтической химии Кабардино-Балкарского государственного университета при личном участии автора. Определение содержания растворённых веществ (сухой остаток) проводили по методике [4]. Жёсткость определяли комплексометрическим методом (метод А) по методике [5]. Перманганатную окисляемость определяли титриметрическим методом по методике [6]. Определение массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов проводили визуальным методом (метод А.2) по методике [7]. Определение содержания хлоридов проводили аргентометрическим методом по методике [8]. Определение содержания сульфат-ионов проводили с использованием титриметрии с трилоном Б (метод 1) по методике [9]. Определение массовой концентрации нитритного азота проводили фотометрическим методом с реактивом Грисса по методике [10]. Содержание нитратов определяли фотометрическим методом с использованием салициловокислого натрия (метод Д) по методике [11]. Определение массовой концентрации общего железа проводили с сульфосалициловой кислотой по методике [12].

Исследование качественного микроэлементного состава проб воды проводили в лаборатории центра коллективного пользования КБГУ «Рент-

геновая диагностика материалов» с применением рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан МАКС-GV».

Определение содержания общего числа микроорганизмов, колиформных бактерий, *Esherichia coli*, энтерококков, сальмонелл проводили в ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кабардино-Балкарской Республике» по методикам [13–15].

### Результаты и их обсуждение

Отсутствие прямого контакта с атмосферой и земной поверхностью, а также глубина залегания оказывают влияние на химический состав подземных вод. При этом атмосферные осадки и речные воды могут поступать в подземные воды, фильтруясь через слой почвы и грунта. Одним из основных факторов взаимного влияния подземных и поверхностных вод будет положение относительно базиса эрозии – самого низкого уровня вреза крупной реки, которая дренирует гидрогеологический район [16].

Известно также, что состав подземной воды определяется теми породами в толще земной коры, между которыми она залегает. Геологические пласты и время формирования бассейна влияют на то, какие микроэлементы растворены в подземной воде [1].

Для исследования химического состава ежемесячно в течение 2023 г. отбирали пробы воды подземного источника, расположенного на пойменном участке реки Малки в нижнем ее течении. В момент взятия пробы измеряли температуру воды и воздуха (табл. 1).

Установлено, что температура воды подземного источника остаётся практически постоянной в течение года и составляет в среднем  $14,75$  °С. Водоносные слои, расположенные глубоко под землей, мало подвержены сезонным изменениям температуры. На незначительное колебание

Таблица 1

Температура воздуха, температура и расход воды подземного источника, 2023 г.

Месяц	Температура воздуха, °С	Температура воды, °С	Расход, $\text{дм}^3/\text{с}$
I	+5,7	+14,5	4,47
II	+11,5	+14,7	4,55
III	+20,0	+14,8	4,67
IV	+20,1	+14,8	4,76
V	+26,9	+14,9	4,81
VI	+25,3	+14,8	4,95
VII	+29,1	+14,9	4,83
VIII	+34,8	+14,8	4,45
IX	+25,9	+14,8	4,77
X	+25,3	+14,8	4,85
XI	+14,6	+14,7	4,44
XII	+6,6	+14,5	4,41



температуры воды подземного источника могут влиять тектонические процессы. На достаточно большой глубине, превышающей 100 м, температура горных пород может повышаться, подогревая контактирующие с ними подземные воды.

Для изучения закономерностей водного режима подземного источника нами определен расход воды (см. табл. 1). В течение года расход претерпевал незначительные изменения, достигая максимальных значений в июне (4,95 дм<sup>3</sup>/с) и минимальных в декабре (4,41 дм<sup>3</sup>/с). Среднегодовой расход источника составил 4,66 дм<sup>3</sup>/с. Очевидно, водный режим подземного источника в некоторой степени зависит от водного режима реки Малка, который характеризуется осенне-зимней меженью и весенне-летним половодьем [17].

Прозрачность всех взятых проб превышала 35 см – максимальное значение на используемом приборе. Количественная оценка интенсивности запаха всех взятых проб воды, нагретых до 20 и 60 °С, соответствовала 0 баллов, ощутимый запах отсутствовал.

Измерение рН проводили в лабораторных условиях, термостатируя исследуемые образцы при 20 °С. Максимальное значение водородного показателя составило 6,86, минимальное – 6,14 (табл. 2). Среднегодовое значение рН – 6,55, что соответствует допустимому интервалу значений рН, определяемому от 6 до 9 [18]. Вода подземного источника по величине рН относится к нейтральным. Внутригодовая динамика значений водородного показателя воды подземного источника представлена на рис. 2, а (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Значение рН природных вод, представляющих собой многокомпонентные растворы, определяется не степенью диссоциации воды, а соотношением ионов, образуемых угольной кислотой и ее солями – карбонатами и гидрокарбонатами.

Поэтому в водах, насыщенных углекислым газом, содержащих большое количество угольной кислоты, величина рН будет меньше, и наоборот, чем меньше растворено СО<sub>2</sub>, тем водородный показатель будет выше [16]. Значение рН большинства проб исследованной нами воды подземного источника обратно пропорционально содержанию гидрокарбонатов (табл. 3).

Минерализация подземных вод в большей степени зависит от скорости движения воды в породе, наличия трещин, глубины залегания вод от поверхности, возможного подтока воды из расположенных выше горизонтов, фильтрации речных вод и других условий [16]. В течение года минерализация исследуемой воды подземного источника подвергается небольшим сезонным изменениям (см. табл. 2). Максимальное количество растворённых в воде подземного источника веществ зафиксировано в декабре (333 мг/дм<sup>3</sup>), когда расход был наименьшим (4,41 дм<sup>3</sup>/с), минимальное – в июне (287 мг/дм<sup>3</sup>), соответствующее наибольшему расходу 4,95 дм<sup>3</sup>/с. Среднегодовая минерализация подземного источника составила 307 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует «пресным водам». Внутригодовая динамика растворенных веществ в воде подземного источника (по сухому остатку) показана на рис. 2, б (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Общая жёсткость исследуемой воды достигала максимума в июне (4,39 °Ж) и минимума в марте (3,07 °Ж) (см. табл. 2). Среднегодовое значение жёсткости составило 3,92 °Ж, что соответствует требованиям санитарных правил и нормам для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения [19]. В соответствии с межгосударственным стандартом [20] анализируемая вода относится к водам «средней жёсткости». Внутригодовая динамика жесткости воды подземного источника

Таблица 2

**Значение рН, минерализация, жесткость и перманганатная окисляемость воды подземного источника**

Месяц	рН	Минерализация (сухой остаток), мг/дм <sup>3</sup>	Жёсткость, °Ж	Перманганатная окисляемость, мг[О]/дм <sup>3</sup>
I	6,86	303	3,81	1,84
II	6,46	300	3,85	1,92
III	6,23	305	3,70	2,08
IV	6,46	307	3,80	2,16
V	6,14	303	4,07	1,92
VI	6,46	287	4,39	1,84
VII	6,86	296	4,04	1,92
VIII	6,86	313	3,84	1,76
IX	6,54	307	4,09	1,76
X	6,46	313	3,84	1,84
XI	6,46	313	3,84	1,84
XII	6,86	333	3,79	1,84

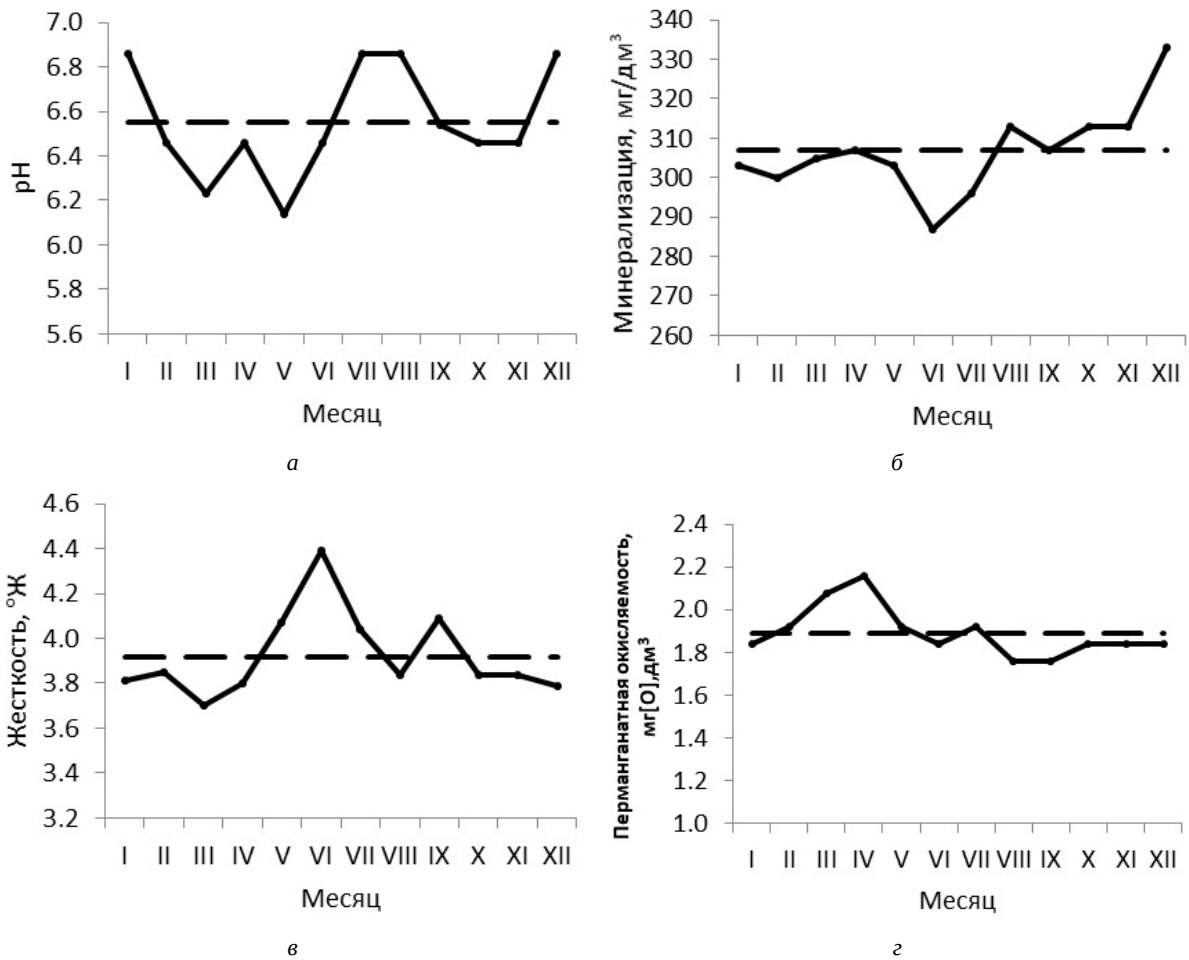


Рис. 2. Внутригодовая динамика значений pH (а), минерализации (б), жесткости (в) и перманганатной окисляемости (г) воды подземного источника

Таблица 3

**Химический состав воды подземного источника**

Месяц	Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>	Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>	Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>
I	139	10,10	130	0,0013	1,81	0,095
II	140	10,80	122	0,0018	2,02	0,107
III	141	10,50	123	0,0023	2,07	0,147
IV	143	12,66	119	0,0017	1,52	0,170
V	146	13,36	113	0,0009	1,21	0,100
VI	140	7,15	119	0,0010	0,75	0,075
VII	138	9,84	123	0,0019	1,39	0,107
VIII	139	9,83	147	0,0016	1,42	0,026
IX	138	8,94	142	0,0009	1,58	0,026
X	136	8,44	150	0,0010	1,97	0,045
XI	140	8,94	160	0,0013	1,83	0,052
XII	138	11,62	173	0,0011	1,71	0,084



показана на рис. 2, в (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению жесткости).

Показателем, характеризующим интегральную загрязненность воды, обусловленную содержанием окисляющихся органических и неорганических примесей, является перманганатная окисляемость. Содержание органических загрязнителей характерно в основном для вод поверхностных источников. Вода подземных источников в качестве легкоокисляющихся загрязнителей может содержать неорганические ионы, в частности  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ . Минимальное значение перманганатной окисляемости воды подземного источника зафиксировано в августе и сентябре ( $1,76 \text{ мг[O]/дм}^3$ ), максимальное – в апреле ( $2,16 \text{ мг[O]/дм}^3$ ). В эти же месяцы в пробах воды зафиксировано минимальное и максимальное содержание общего железа (см. табл. 3). Среднегодовое значение перманганатной окисляемости воды подземного источника составило  $1,89 \text{ мг[O]/дм}^3$ . Согласно санитарным правилам и нормам [19], для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения перманганатная окисляемость не может превышать  $7,0 \text{ мг[O]/дм}^3$ . Внутригодовая динамика перманганатной окисляемости воды подземного источника показана на рис. 2, г (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Главными компонентами ионного состава природных вод являются карбонат- и гидрокарбонат-ионы. Их возникновение обусловлено процессами растворения солей угольной кислоты, в большей степени карбонатов кальция и магния. Ионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  находятся в природных водах в определённом соотношении, изменение концентрации одного из них приведёт к изменению концентрации остальных. Для расчета содержания карбонат- и гидрокарбонат-ионов было проведено определение значений свободной и общей щелочности исследуемой подземной воды визуальным методом (метод А.2) [7]. Было установлено, что свободная щелочность всех анализируемых проб воды равна нулю, что свидетельствует об отсутствии карбонатов в составе анализируемых проб воды или их количество меньше предела обнаружения используемой нами методики. На основании значений общей щелочности рассчитана ежемесячная массовая концентрация гидрокарбонатов в анализируемых пробах воды (см. табл. 3).

Концентрация гидрокарбонат-ионов в пробах анализируемой воды в течение года не претерпевает значительных изменений. Максимальная концентрация была зафиксирована в мае ( $146 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальная – в октябре ( $136 \text{ мг/дм}^3$ ). Среднегодовое значение массовой концентрации ионов  $\text{HCO}_3^-$  составило  $140 \text{ мг/дм}^3$ . Содержание карбонатов и гидрокарбонатов в воде нецентрализованного водоснабжения не нормируется. Внутригодовая динамика массовой концентрации гидрокарбонат-ионов в воде

подземного источника показана на рис. 3, а (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

К главным ионам химического состава природных вод относятся хлоридные ионы. Они широко распространены и обнаруживаются во всех природных водах, но иногда в очень малых количествах. Источниками хлоридов в подземных водах являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы и соленосные отложения. Установлено, что концентрация хлоридов в анализируемых пробах не высока ( $10,18 \text{ мг/дм}^3$ ) и подвержена сезонной изменчивости (см. табл. 3). Максимальные значения зафиксированы в мае ( $13,36 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальные – в июне ( $7,15 \text{ мг/дм}^3$ ). Содержание хлоридов в исследуемой воде значительно ниже порогового значения, установленного санитарными нормами и правилами для вод нецентрализованного водоснабжения –  $350 \text{ мг/дм}^3$  [18]. Резкое снижение концентрации хлоридов, возможно, стало результатом разбавления подземной воды поверхностными водными массами. В июне 2023 г. наблюдалось резкое увеличение расхода воды и уровня воды в реке Малке, в пойме которой расположен исследуемый подземный источник. Внутригодовая динамика массовой концентрации хлоридов в воде подземного источника показана на рис. 3, б (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Сульфатные ионы являются важнейшими анионами природной воды. Их содержание в умеренно минерализованных и особенно маломинерализованных водах достаточно велико. Появление сульфатов в подземных водах обусловлено контактом с гипсом, входящим в состав осадочных горных пород, процессами окисления самородной серы и сульфидов.

На содержание сульфатов в природных водах оказывают влияние процессы распада и окисления органических веществ растительного и животного происхождения, содержащих серу. Поэтому вблизи населенных пунктов присутствие сульфатов в воде часто является результатом загрязнения ее промышленными и бытовыми отходами.

Максимальная концентрация сульфатов в пробах исследуемой подземной воды была зафиксирована в декабре ( $173 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальная – в мае ( $113 \text{ мг/дм}^3$ ) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация сульфатов составила  $135 \text{ мг/дм}^3$ . Содержание сульфатов в исследуемой воде ниже порогового значения, установленного санитарными нормами и правилами для вод нецентрализованного водоснабжения, –  $500 \text{ мг/дм}^3$  [18]. Внутригодовая динамика массовой концентрации сульфатов в воде подземного источника показана на рис. 3, в (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

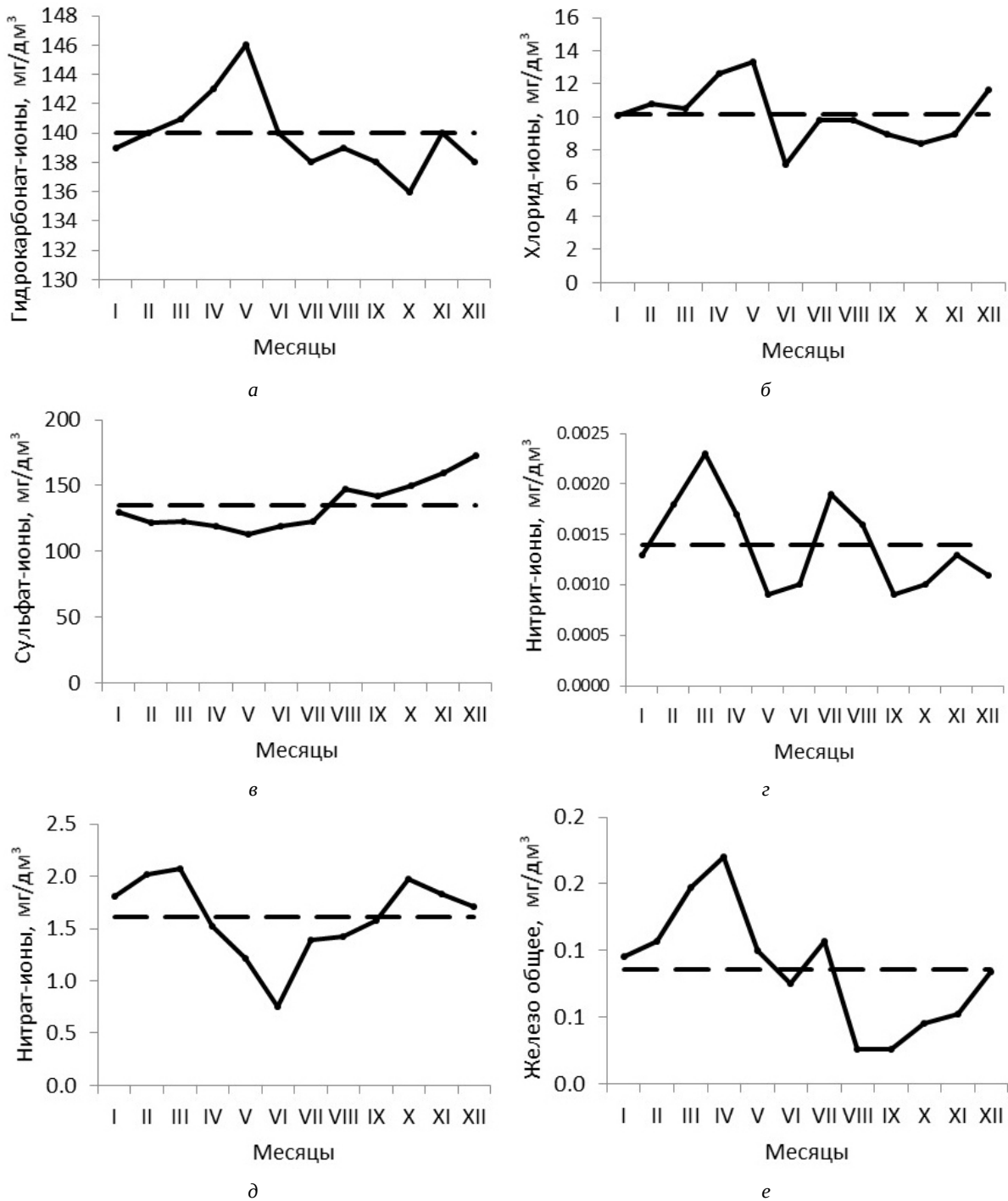


Рис. 3. Внутригодовая динамика массовой концентрации гидрокарбонатов (а), хлоридов (б), сульфатов (в), нитритов (г), нитратов (д) и общего железа (е) в воде подземного источника

Важными показателями качества и индикатором чистоты природных вод являются соединения азота. Нитриты и нитраты относятся к биогенным веществам. Основным источником их появления в природной воде считаются сложные органические вещества в основном белковой структуры животного и растительного происхождения. Вместе с тем нитраты и нитриты могут появлять-

ся в природных водах и неорганическим путем. Нитриты неустойчивы и в поверхностных водах под воздействием кислорода воздуха достаточно быстро окисляются до нитратов. В связи с этим концентрация нитритов в поверхностных водах достаточно низкая, в то время как в подземных водах, не контактирующих с атмосферой, концентрация нитритов обычно выше. Нами установ-



лено, что в исследуемых пробах воды подземного источника концентрация нитритов очень низкая. Наибольшая концентрация нитрит-ионов зафиксирована в марте ( $0,0023 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальная – в мае и сентябре ( $0,0009 \text{ мг/дм}^3$ ) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация нитрит-ионов в исследуемой воде составила  $0,0014 \text{ мг/дм}^3$ . Содержание нитритов в исследуемой воде не превышало  $3,0 \text{ мг/дм}^3$  – ПДК, установленной санитарными нормами и правилами [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации нитритов в воде подземного источника показана на рис. 3, 2 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Некоторая неравномерность распределения концентрации нитритов обусловлена влиянием различных природных, климатических и антропогенных факторов. Снижение концентрации в мае связано с паводковыми явлениями, повышение в летний период – с увеличением стоков с сельскохозяйственных угодий и из животноводческих комплексов, расположенных в пойме реки Малки.

Наибольшая концентрация нитратов зафиксирована в марте ( $2,07 \text{ мг/дм}^3$ ), минимальная – в июне ( $0,75 \text{ мг/дм}^3$ ) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация нитритов в исследуемой воде составила  $1,61 \text{ мг/дм}^3$ , что значительно ниже  $45,0 \text{ мг/дм}^3$  установленной ПДК [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации нитратов в воде подземного источника показана на рис. 3, 3 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

В составе поверхностных и подземных вод часто содержатся соединения железа, которое входит в состав многих горных пород. В составе подземных вод в связи с отсутствием контакта с кислородом воздуха преобладают ионы  $\text{Fe}^{2+}$ , находящиеся в растворённом состоянии в виде гидрокарбоната железа (II).

В исследуемых пробах подземной воды нами определена массовая концентрация общего железа. Наибольшее содержание общего железа зафиксировано в апреле ( $0,170 \text{ мг/дм}^3$ ), наименьшее – в августе и сентябре ( $0,026 \text{ мг/дм}^3$ ) (см. табл. 3). Среднегодовая концентрация общего железа в исследуемых пробах воды составила  $0,086 \text{ мг/дм}^3$ , что значительно ниже  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  установленной ПДК [19]. Внутригодовая динамика массовой концентрации общего железа в воде

подземного источника показана на рис. 3, 4 (пунктирная линия соответствует среднегодовому значению).

Исследование проб воды методом рентгенофлюоресцентного анализа показало наличие в их составе таких микроэлементов, как медь, рубидий, кобальт, цинк, европий, серебро, ванадий. Качественный микроэлементный состав в течение года не изменялся.

Санитарно-микробиологический анализ проб воды подземного источника, отобранных в декабре 2023 г., показал, что патогенная микрофлора в них не обнаружена (табл. 4).

## Выводы

Исследование термического режима подземного источника показало, что температура воды не зависит от температуры окружающей среды и в течение года остается практически постоянной –  $14,75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Это свидетельствует о достаточно глубоком залегании водоносного слоя. Расход воды в течении года меняется в узком интервале, и эти изменения обусловлены водным режимом реки Малки, в пойме которой расположен источник. Исследуемая подземная вода не имеет запаха и в течение года остаётся прозрачной.

Установлен химический состав воды подземного источника, расположенного в пойме реки Малки. Изучена внутригодовая динамика ионно-солевого состава анализируемой воды. Установлено, что ионный состав исследуемой подземной воды подчиняется общим закономерностям, свойственным природным водам. По значению водородного показателя исследуемая вода относится к нейтральным. Обнаружена корреляция между внутригодовой изменчивостью pH и массовой концентрацией гидрокарбонатов. По содержанию растворенных веществ исследуемая вода относится к пресным водам. Общая жесткость воды в течение года меняется незначительно, по среднегодовому значению соответствует водам средней жесткости. Перманганатная окисляемость исследуемой воды, обусловленная наличием легкоокисляющихся неорганических ионов  $\text{Fe}^{2+}$ , сохраняет стабильность в течение года и составляет в среднем  $2,16 \text{ мг[O]/дм}^3$ . Исследуемая вода не содержит карбонатов, массовая концентрация гидрокарбонат-ионов составляет в среднем  $140 \text{ мг/дм}^3$ . Концентрация хлоридов оставалась

Таблица 4

Результаты санитарно-микробиологического анализа воды подземного источника

Определяемый показатель	Единица измерения	Результаты испытания
Esherichia coli	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	0
Сальмонелла	КОЕ/дм <sup>3</sup>	Не обнаружено
Обобщённые колиформные бактерии	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	0
Общее микробное число	КОЕ/см <sup>3</sup>	0
Энтерококки	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	Не обнаружено





низкой и составила в среднем  $10,18 \text{ мг/дм}^3$ . Концентрация сульфатных ионов составила в среднем  $135 \text{ мг/дм}^3$ . Концентрация биогенных загрязнителей – нитритов и нитратов – в течение года оставалась низкой и составила в среднем  $0,0014 \text{ мг/дм}^3$  и  $1,61 \text{ мг/дм}^3$  соответственно. Выявлена невысокая ( $0,086 \text{ мг/дм}^3$ ) среднегодовая концентрация общего железа.

В анализируемых пробах воды по определяемым показателям, не выявлено ни одного случая превышения ПДК, установленных действующими санитарными нормами и правилами для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения. По результатам микробиологических испытаний патогенные микроорганизмы не обнаружены.

### Библиографический список

1. Зекцер И. С. Подземные воды // Большая российская энциклопедия. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5553818> (дата обращения: 26.12.2023).
2. ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб : национальный стандарт Российской Федерации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175475> (дата обращения: 01.01.2024).
3. РД 52.24.496-2018 Методика измерений температуры, прозрачности и определение запаха воды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/495884820> (дата обращения: 01.01.2024).
4. ПНДФ 14.1:2.110-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200056716> (дата обращения: 01.01.2024).
5. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097815> (дата обращения: 01.01.2024).
6. ПНДФ 14.1:2.4.154-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200056567> (дата обращения: 01.01.2024).
7. ГОСТ 31957-2012 Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096960> (дата обращения: 01.01.2024).
8. РД 52.24.407-2006 Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений аргентометрическим методом. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551494644> (дата обращения: 01.01.2024).
9. ГОСТ 31940-2012 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096957> (дата обращения: 01.01.2024).
10. РД 52.24.381-2017 Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550609473> (дата обращения: 01.01.2024).
11. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115428> (дата обращения: 01.01.2024).
12. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008210> (дата обращения: 01.01.2024).
13. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039680> (дата обращения: 01.01.2024).
14. МУ 4.2.2723-10 Лабораторная диагностика сальмонеллезов, обнаружение сальмонелл в пищевых продуктах и объектах окружающей среды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083950> (дата обращения: 01.01.2024).
15. МУК 4.2.1018-01 Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029648> (дата обращения: 01.01.2024).
16. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 437 с.
17. Шамарина М. А., Квашин В. А., Акаев А. Р. Изучение водного и урвненного режимов реки Малка в период 2018–2022 гг. // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием : в 2 т. Новочеркасск : Лик, 2023. Т. 2. С. 164–170.
18. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 01.01.2024).
19. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.01.2024).
20. ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости : межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096920> (дата обращения: 01.01.2024).

Поступила в редакцию 11.01.2024; одобрена после рецензирования 05.02.2024; принята к публикации 09.02.2024  
The article was submitted 11.01.2024; approved after reviewing 05.02.2024; accepted for publication 09.02.2024