

УДК 628.19
DOI: 10.7868/S25000640230206

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГОРОДОВИКОВСКОГО И ЯШАЛТИНСКОГО РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

© 2023 г. Н.В. Джимбеев¹, А.А. Булуктаев¹, А.Б. Адьянова¹,
Р.А. Мукабенова¹, В.Т. Саянов¹, С.С. Манджиева¹, Э.У. Гадлукова²

Аннотация. Одной из наиболее острых проблем современности является нехватка питьевой воды. Особенно актуальна эта проблема в аридных регионах, таких как Республика Калмыкия, расположенная на юге европейской части России. Целью исследования является изучение химического состава питьевой воды Городовиковского и Яшалтинского районов Республики Калмыкия. В отобранных образцах питьевой воды изучен катионный и анионный состав, а также содержание тяжелых металлов. Установлено, что в составе катионов преобладают ионы натрия (содержание в пробах до 811,58 мг/дм³) и ионы кальция (содержание в пробах до 160,32 мг/дм³). Из анионов преобладают сульфаты (содержание в пробах до 1497,17 мг/дм³) и гидрокарбонаты (содержание в пробах до 463,6 мг/дм³). Содержание металлов в воде в большинстве случаев не превышает предельно допустимых концентраций, исключением являются ионы железа, превышение концентрации которых зафиксировано в двух населенных пунктах. Рассчитан геохимический класс вод и их минерализация. По минерализации большая часть вод относится к солоноватым водам. В результате проведенного исследования установлено, что часть образцов питьевой воды, отобранной в районах исследования, не соответствует требованиям, которые предъявляются к качеству питьевой воды. В этих образцах зафиксированы превышения ПДК ионов натрия, магния, сульфатов, хлоридов, фторидов, лития и железа.

Ключевые слова: качество воды, химический состав, тяжелые металлы, катионы, анионы.

ASSESSMENT OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF DRINKING WATER IN THE GORODOVIKOVSK AND YASHALTA DISTRICTS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

N.V. Dzhimbeev¹, A.A. Buluktaev¹, A.B. Adianova¹,
R.A. Mukabenova¹, V.T. Sayanov¹, S.S. Mandzhieva¹, E.U. Gadlukova²

Abstract. One of the most acute problems of our time is the lack of drinking water. This problem is especially relevant in arid regions, such as the Republic of Kalmykia, located in the south of the European part of Russia. The purpose of this manuscript is to study the chemical composition of drinking water of the Gorodovikovsk and Yashalta districts of the Republic of Kalmykia. In the collected samples, the cationic and anionic composition, as well as the content of heavy metals, were studied. It has been established that sodium ions (content in samples up to 811.58 mg/dm³) and calcium ions (content in samples up to 160.32 mg/dm³) predominate in the composition of cations. As of the anions, sulfates (content in samples up to 1497.17 mg/dm³) and bicarbonates (content in samples up to 464.6 mg/dm³) predominate. The content of metals in water in most cases does not exceed the maximum permissible concentrations, except for iron ions, the excess of which was recorded in two settlements. The geochemical class of waters and their mineralization are calculated. By mineralization, most of the waters belong to brackish waters. As a result of the study, it was

¹ Калмыцкий научный центр Российской академии наук (Kalmyk Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Elista, Russian Federation), Российская Федерация, 358000, г. Элиста, ул. им. И.К. Илишкина, 8, e-mail: nikshady98@mail.ru

² Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Калмыкия (Centre for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Kalmykia, Elista, Russian Federation), Российская Федерация, 358000, г. Элиста, ул. Балакаева, 8

found that some of the drinking water samples in the study areas do not meet the requirements for the quality of drinking water. In these samples, excesses of the maximum permissible concentrations of sodium, magnesium, sulfate, chloride, fluoride, lithium and iron ions were recorded.

Keywords: water quality, chemical compositions, heavy metals, cations, anions.

ВВЕДЕНИЕ

Нехватка питьевых ресурсов и некачественная вода из централизованных источников являются одними из главных проблем в Республике Калмыкия. В Калмыкии питьевая вода не отвечает санитарно-эпидемиологическим нормам по ряду химических показателей, что оказывает существенное влияние на здоровье населения и обуславливает увеличение количества заболеваний хронического характера [1]. Некачественная вода, используемая населением, часто характеризуется повышенной жесткостью, цветностью, неприятным запахом и вкусом, в ней встречаются механические примеси [1]. По данным санитарно-эпидемиологических служб республики, в связи с потреблением некачественной воды в Калмыкии увеличилось количество людей, страдающих заболеваниями мочеполовой и эндокринной систем, крови и кроветворных органов, паразитарными и инфекционными заболеваниями, в том числе вирусным гепатитом и бактериальной дизентерией [2]. Питьевая вода может использоваться населением в том случае, если она безопасна в эпидемиологическом плане, безвредна по химическому составу и имеет благоприятные органолептические свойства [3]. Все вышперечисленное в совокупности и обуславливает актуальность мониторинга химического состава питьевой воды.

По данным Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Калмыкия, к основным причинам низкого качества питьевой воды на территории республики можно отнести [4]:

- природное загрязнение воды источников питьевого водоснабжения;
- отсутствие у источников водоснабжения зон санитарной охраны, обустроенных в соответствии с действующими требованиями;
- недостаточную эффективность технологий обработки воды в связи с отсутствием современного комплекса водоподготовки и обеззараживания;
- высокую степень износа систем водоподготовки и водопроводных сетей, что приводит к большому количеству порывов и аварий, в том числе аварий с полным прекращением подачи воды;

– ненадлежащее содержание колодцев и каптажей, слабую защищенность подземных водоносных горизонтов от загрязнения с поверхности территорий.

Во многих районах Республики Калмыкия основным источником хозяйственно-бытового водоснабжения населения являются подземные воды [5]. Это обусловлено малым количеством поверхностных вод на территории республики и их сильной минерализацией. В Калмыкии разведано 28 месторождений подземных вод, но эксплуатируется всего лишь половина из них [6].

Исследование в прошлом подземных вод республики связано с именами таких ученых, как С.Г. Гмелин, П.С. Паллас, Н.П. Барбот де Марни, И.В. Мушкетов, В.М. Каменский, К.И. Лисицин, Б.А. Можаровский, В.С. Савельев, В.И. Калюгина [5]. Современные исследования подземных вод Республики Калмыкия проводились М.М. Сангаджиевым, В.А. Онкаевым, Ц.Н. Бадмаевой, С.С. Хочаевой, А.К. Василенко и др. В работах этих авторов изучается современное состояние подземных вод, их физико-химические свойства, а также влияние на здоровье людей и сельскохозяйственных животных. Например, установлено, что большинство подземных вод на территории Калмыкии характеризуется повышенной минерализацией (1,6–10 г/дм³), общей жесткостью (12,5–22 мг-экв./дм³), высоким содержанием хлоридов, сульфатов, натрия и магния [7].

На территории Калмыкии выделяют четыре гидрогеологических района: Ергенинский, Прикаспийский, Прикумский и Манычский [8]. Городовиковский и Яшалтинский административные районы расположены на территории Манычского гидрогеологического района. Основные водоносные горизонты – понтический и сарматский. Сарматский горизонт имеет минерализацию до 3 г/дм³. Воды преимущественно гидрокарбонатно-хлоридные натриевые или сульфатно-хлоридные натриевые. Глубина залегания понтического водоносного горизонта изменяется от 40 до 140 м; его воды преимущественно хлоридно-натриевые или гидрокарбонатно-натриевые, минерализация 1,5–10 г/дм³ [9].

Республика Калмыкия является самым засушливым регионом европейской части России. Климат в данном регионе резко континентальный, лето здесь жаркое и сухое, зима – малоснежная, иногда с сильными морозами [11]. Годовое количество осадков составляет 210–340 мм.

Городовиковский и Яшалтинский районы находятся в западной части Калмыкии. Климат в этой части наиболее мягкий [11]. Городовиковский район расположен на северо-западе Ставропольской возвышенности, Яшалтинский район – в Кумо-Манычской впадине. На территории Городовиковского района размещаются 1 городское муниципальное образование и 6 сельских муниципальных образований (Городовиковское, Виноградненское, Друженское, Лазаревское, Пушкинское, Розентальское и Южненское), включающие 19 населенных пунктов. На территории Яшалтинского района расположено 11 сельских муниципальных образований: Багатугтунское, Березовское, Весёловское, Красномихайловское, Краснопартизанское, Манычское, Октябрьское, Соленовское, Ульяновское, Эсто-Алтайское и Яшалтинское. Они включают 24 населенных пункта. Численность населения Городовиковского и Яшалтинского районов составляет 15361 и 15128 человек соответственно.

Значительную часть территории исследованных районов занимают сельскохозяйственные угодья и пашни, что означает использование различных ядохимикатов и удобрений для улучшения плодородия почв и подкормки растений. При использовании избыточного количества удобрений может происходить эвтрофикация водоемов и ухудшение качества грунтовых вод [10].

Объект исследования – питьевая вода из централизованных источников Городовиковского и Яшалтинского районов. Цель исследования – изучить химический состав питьевой воды из централизованных источников в Городовиковском и Яшалтинском районах Республики Калмыкия и оценить пригодность их использования для питьевых нужд.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы питьевой воды отобраны в 2021 г. В Городовиковском районе отбирали в следующих населенных пунктах: г. Городовиковск (ул. Ленина, ул. Советская), пос. Бага-Бурул, пос. Передовой, пос. Бембишево, пос. Лазаревский, с. Чапаевское, с. Виноградное, пос. Розенталь, пос. Амур-Санан, пос. Шин-Бял, пос. Большой Гок. Пробы питьевой

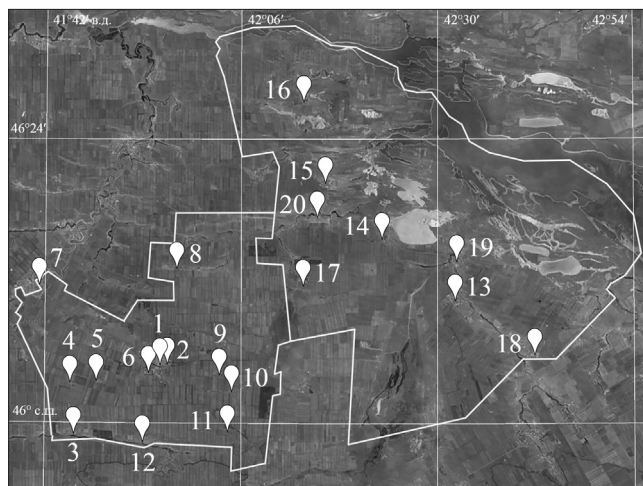


Рис. 1. Места отбора водных образцов на территории Городовиковского и Яшалтинского районов. 1–12 – Городовиковский район: 1 – г. Городовиковск, ул. Ленина, 2 – г. Городовиковск, ул. Советская, 3 – пос. Бага-Бурул, 4 – пос. Передовой, 5 – пос. Бембишево, 6 – пос. Лазаревский, 7 – с. Чапаевское, 8 – с. Виноградное, 9 – пос. Розенталь, 10 – пос. Амур-Санан, 11 – пос. Шин-Бял, 12 – пос. Большой Гок; 13–20 – Яшалтинский район: 13 – с. Красномихайловское, 14 – с. Березовское, ул. Ленина, колонка, 15 – с. Яшалта, 16 – с. Бага-Тугтун, 17 – с. Эсто-Алтай, 18 – с. Красный Партизан, 19 – с. Соленое, 20 – с. Ульяновское.

Fig. 1. Water sampling sites on the territory of Gorodovikovskiy and Yashalta districts. 1–12 – Gorodovikovskiy District: 1 – Gorodovikovsk town, Lenin street, 2 – Gorodovikovsk town, Sovetskaya street, 3 – Baga-Burul village, 4 – Peredovoy village, 5 – Bembishevo village, 6 – Lazarevskiy village, 7 – Chapaevskoe village, 8 – Vinogradnoe village, 9 – Rozental' village, 10 – Amur-Sanan village, 11 – Shin-Byadl village, 12 – Bol'shoi Gok village; 13–20 – Yashalta District: 13 – Krasnomikhaylovskoe village, 14 – Berezovskoe village, Lenin street, standpipe, 15 – Yashalta village, 16 – Baga-Tugtun village, 17 – Esto-Altay village, 18 – Krasnyy Partizan village, 19 – Solenoe village, 20 – Ul'yanovskoe village.

воды в Яшалтинском районе отобраны в с. Красномихайловском, с. Березовском (ул. Ленина, колонка), с. Яшалта, с. Бага-Тугтун, с. Красный Партизан, с. Соленом, с. Ульяновском (рис. 1).

Отбор проб производили по ГОСТ 31861-2012 [12]. Перед отбором воду пропускали сильным напором в течение 3–5 минут. Воду в емкость набирали с максимальной осторожностью, давая струе медленно стекать по одной из стенок – это снижает риски насыщения пробы кислородом и не позволяет воде поменять свой состав за счет постоянного взаимодействия веществ между собой [12].

Для оценки химического состава питьевой воды были исследованы тяжелые металлы и микроэлементы, катионы и анионы, всего 24 наименования соединений различного класса опасности. Содержание тяжелых металлов (Be, Co, Mo, Al, Cr, Mn, Fe, Se, Cd, Zn, Cu, Pb, Ni) в образцах воды изучено

методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-1000» с селективными лампами. Катионы и анионы (NH_4^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Li^-) определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105М». Оценку состава питьевой воды проводили путем сравнения с нормами содержания тяжелых металлов, катионов и анионов в питьевой воде в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [13]. Для наглядного отображения состава изученных вод была использована формула Курлова. Классификация вод проведена по О.А. Алекину [14].

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Территория Республики Калмыкия является эндемичной по низкому содержанию микроэлементов как в почвенном покрове, так и в водных объектах [7]. В результате исследования установлено, что содержание тяжелых металлов и микроэлементов, за исключением железа, во всех пробах воды не превышает ПДК (табл. 1, 2).

Железо – элемент третьего класса опасности, ПДК в питьевой воде составляет 0,30 мг/дм³. При употреблении воды с избыточным содержанием железа лишнее железо не выводится из организма и накапливается в органах и тканях [15]. Концентрация железа, превышающая ПДК, наблюдается в с. Виноградном Городовиковского района – 0,52 мг/дм³ (в 1,7 раза), в с. Красномихайловском

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в питьевой воде Городовиковского района, мг/дм³
Table 1. The content of heavy metals and microelements in the drinking water of Gorodovikovsk District, mg/dm³

Be	Co	Mo	Ni	Al	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Se	Cd	Pb
г. Городовиковск, ул. Ленина / Gorodovikovsk town, Lenin street												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,26	0,003	0,004	0,002	0,0001	0,002
г. Городовиковск, ул. Советская / Gorodovikovsk town, Sovetskaya street												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,1	0,001	0,009	0,002	0,0001	0,002
пос. Бага-Бурул / Baga-Burul village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,02	0,12	0,004	0,012	0,002	0,0001	0,002
пос. Передовой / Peredovoy village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,00	0,13	0,003	0,005	0,002	0,0001	0,002
пос. Бембишево / Bembishevo village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,17	0,002	0,006	0,002	0,0001	0,002
пос. Лазаревский / Lazarevskiy village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,2	0,005	0,012	0,002	0,0001	0,002
с. Чапаевское / Chapaevskoe village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,1	0,001	0,005	0,002	0,0001	0,002
с. Виноградное / Vinogradnoe village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,52	0,099	0,033	0,002	0,0001	0,002
пос. Розенталь / Rozental' village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,02	0,1	0,001	0,033	0,002	0,0001	0,002
пос. Амур-Санан / Amur-Sanan village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,00	0,15	0,008	0,029	0,002	0,0001	0,002
пос. Шин-Бядл / Shin-Byadl village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,002	0,002	0,12	0,006	0,019	0,002	0,0001	0,002
пос. Большой Гок / Bol'shoi Gok village												
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,004	0,01	0,1	0,002	0,018	0,002	0,0001	0,002
Предельно допустимые концентрации / Threshold limit value												
0,0002	0,1	0,07	0,02	0,2	0,05	0,1	0,3	1	1	0,01	0,001	0,01

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в питьевой воде Яшалтинского района, мг/дм³
Table 2. The content of heavy metals and microelements in the drinking water of the Yashalta District, mg/dm³

Be	Co	Mo	Ni	Al	Mn	Fe
с. Красномихайловское / Krasnomikhaylovskoe village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,001	0,38
с. Березовское, ул. Ленина, колонка / Berezovskoe village, Lenin street, standpipe						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,002	0,10
с. Яшалта / Yashalta village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,001	0,10
с. Бага-Тугтун / Baga-Tugtun village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,003	0,13
с. Эсто-Алтай / Esto-Altay village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,007	0,17
с. Красный Партизан / Krasnyy Partizan village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,002	0,10
с. Соленое / Solenoe village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,02	0,10
с. Ульяновское / Ul'yanovskoe village						
0,0001	0,002	0,001	0,005	0,01	0,001	0,001
Предельно допустимые концентрации / Threshold limit value						
0,0002	0,1	0,07	0,02	0,2	0,1	0,3

Яшалтинского района – 0,38 мг/дм³ (в 1,3 раза). Минимальное значение обнаружено в с. Ульяновском Яшалтинского района – 0,001 мг/дм³.

В пробах питьевой воды исследованных районов зафиксировано превышение ПДК по СанПиН 1.2.3685-21 [13] ионов натрия (часто), магния, лития, сульфатов, хлоридов, фторидов (редко) (табл. 3, 4). Высокое содержание этих элементов делает воду жесткой, соленой на вкус. Употребление такой воды отрицательно влияет на органы пищеварения, сердечно-сосудистую систему, слизистые оболочки глаз, кожу, дыхательные пути [15].

Ионы натрия – соединения второго класса опасности, ПДК в питьевой воде – 200 мг/дм³. Избыточное содержание ионов натрия в питьевой воде может привести к повышению давления крови, способствовать накоплению жидкости в организме и вызывать отеки [15]. Содержание ионов натрия в питьевой воде превышает ПДК во всех исследованных населенных пунктах Городовиковского района в 1,3–4,1 раза. В двух населенных пунктах Яшалтинского района превышение ПДК от 1,1 до 3,7 раза (табл. 4). Максимальное значение зафиксировано в пос. Розенталь – 811,58 мг/дм³. Минимальное значение обнаружено в с. Красный Партизан – 28,32 мг/дм³.

Ионы магния – соединения третьего класса опасности, ПДК в питьевой воде – 50 мг/дм³. Ионы

магния, а также ионы кальция обуславливают повышенную жесткость воды. Жесткая вода имеет горьковатый вкус, а ее употребление оказывает отрицательное действие на органы пищеварения, сердечно-сосудистую систему [15]. Содержание ионов магния находится в пределах от 4,4 до 107,73 мг/дм³ (табл. 3, 4). Максимальное значение зафиксировано в пос. Розенталь, минимальное – в с. Красномихайловском. Превышение ПДК наблюдается в пос. Розенталь Городовиковского района (в 2,2 раза) и в с. Бага-Тугтун Яшалтинского района (в 1,6 раза).

Ионы лития – соединения четвертого класса опасности, ПДК в питьевой воде – 0,03 мг/дм³. Употребление воды с повышенным содержанием лития может приводить к мышечной слабости, снижению артериального давления, аритмии, почечной недостаточности и даже к летальному исходу [15]. Содержание ионов лития превышает ПДК в пос. Розенталь в 1,7 раза и составляет 0,05 мг/дм³ (табл. 3). В остальных населенных пунктах не наблюдается превышения ПДК.

Сульфаты – соединения четвертого класса опасности, ПДК в питьевой воде – 500 мг/дм³. Сульфаты не токсичны для организма, но употребление воды с повышенными их концентрациями приводит к расстройству желудочно-кишечного тракта, их присутствие ухудшает вкус воды, придает ей солоноватый привкус [15]. Содержание сульфатов в питье-

Таблица 3. Катионный и анионный состав питьевой воды Городовиковского района, мг/дм³
Table 3. Cationic and anionic composition of drinking water in the Gorodovikovsk District, mg/dm³

NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Ba ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁻	Sr ²⁺
г. Городовиковск, ул. Ленина / Gorodovikovsk town, Lenin street												
0,5 ±0,02	4,99 ±0,15	0,2 ±0,01	396,5 ±5,03	463,42 ±30,1	218,08 ±19,6	0,17 ±0,02	0,05 ±0,003	501,25 ±20,6	40,08 ±2,05	17,15 ±2,6	0,02 ±0,003	0,72 ±0,04
г. Городовиковск, ул. Советская / Gorodovikovsk town, Sovetskaya street												
0,5 ±0,02	4,38 ±0,25	0,2 ±0,01	244 ±7,21	461,33 ±21,2	396,5 ±18,9	3,32 ±0,09	0,05 ±0,003	447,17 ±16,1	160,32 ±8,02	42,19 ±6,2	0,02 ±0,003	2,09 ±0,06
пос. Бага-Бурул / Baga-Burul village												
0,5 ±0,04	4,44 ±0,2	0,2 ±0,01	378,2 ±9,87	523,75 ±12,7	173,5 ±25,1	0,16 ±0,2	0,05 ±0,002	531,17 ±15,9	28,06 ±1,40	13,96 ±1,5	0,03 ±0,001	0,5 ±0,03
пос. Передовой / Peredovoy village												
0,5 ±0,02	7,32 ±0,32	0,2 ±0,02	427 ±14,01	431,58 ±21	186,42 ±22	0,32 ±0,03	0,05 ±0,003	478,25 ±40,1	32,06 ±1,60	9,4 ±1,7	0,02 ±0,001	0,5 ±0,02
пос. Бембишево / Bembishevo village												
0,5 ±0,05	5,63 ±0,31	1,18 ±0,03	244 ±5,04	415,67 ±26,3	165,17 ±12,9	0,17 ±0,01	0,05 ±0,002	461 ±27,2	144,29 ±5,21	12,26 ±2,6	0,02 ±0,002	0,5 ±0,02
пос. Лазаревский / Lazarevskiy village												
0,5 ±0,03	5,64 ±0,2	0,3 ±0,01	207,4 ±3,61	541,58 ±20,5	173,17 ±17,8	0,66 ±0,04	0,05 ±0,002	510,5 ±10,3	52,10 ±2,61	12,68 ±1,5	0,02 ±0,001	0,51 ±0,3
с. Чапаевское / Chapaevskoe village												
0,5 ±0,03	5,54 ±0,27	0,2 ±0,01	347,7 ±6,24	298,58 ±27,2	135,83 ±17,5	0,44 ±0,04	0,05 ±0,003	267,58 ±20,9	20,04 ±1,00	25,09 ±2,6	0,02 ±0,001	0,98 ±0,3
с. Виноградное / Vinogradnoe village												
0,5 ±0,04	6,61 ±0,11	0,2 ±0,01	335,5 ±7,64	281,75 ±25,2	311,75 ±30,7	0,23 ±0,02	0,05 ±0,004	548,33 ±18,1	80,16 ±4,12	6,21 ±0,6	0,02 ±0,003	0,5 ±0,01
п. Розенталь / Rozental' village												
0,5 ±0,05	1,71 ±0,2	0,5 ±0,02	268,4 ±4,04	1497,17 ±23,3	683,25 ±20	0,17 ±0,01	0,05 ±0,002	811,58 ±31,4	52,10 ±2,60	107,73 ±7,4	0,05 ±0,003	3,78 ±0,05
пос. Амур-Санан / Amur-Sanan village												
0,53 ±0,05	6,48 ±0,2	0,2 ±0,01	463,6 ±3,06	485,17 ±13,2	193,83 ±6,6	0,31 ±0,01	0,05 ±0,003	510,5 ±16,6	40,08 ±3,04	15,18 ±2,1	0,02 ±0,002	0,53 ±0,02
пос. Шин-Бял / Shin-Byadl village												
0,5 ±0,02	4,18 ±0,2	0,2 ±0,01	244 ±4,36	348,08 ±24,3	91,28 ±5,7	0,28 ±0,02	0,05 ±0,002	253,58 ±27,6	60,12 ±2,15	29,17 ±3,2	0,02 ±0,001	0,75 ±0,03
пос. Большой Гок / Bol'shoi Gok village												
0,5 ±0,02	5,95 ±0,45	1,69 ±0,03	414,8 ±6,81	479,08 ±41,2	220 ±18,9	0,28 ±0,01	0,05 ±0,002	433,5 ±17,1	28,06 ±1,77	20,39 ±1,5	0,02 ±0,003	0,64 ±0,03
Предельно допустимые концентрации / Threshold limit value												
1,5	45	3,3	–	500	350	0,7	0,7	200	–	50	0,3	7

Примечание. В верхних строках указаны значения концентрации элементов, в нижних – ошибка среднего арифметического.
Note. The top lines show the values of element concentrations, the bottom lines show the error of the arithmetic mean.

вой воде исследованных районов зафиксировано в широких пределах – от 89,26 до 1497,17 мг/дм³ (табл. 3, 4). Максимальное значение зарегистрировано в пос. Розенталь, минимальное – в с. Красный Партизан. Превышение ПДК зафиксировано в трех населенных пунктах Городовиковского района: Бага-Бурул (в 1,05 раза), Лазаревский (в 1,1 раза) и Розенталь (в 3 раза).

Хлориды – соединения четвертого класса опасности, ПДК в питьевой воде – 350 мг/дм³. При употреблении воды с избыточным количеством хлоридов у человека раздражаются слизистые оболочки глаз, кожные покровы, дыхательные пути, нарушается водно-солевой баланс [15]. Содержание хлоридов в питьевой воде исследованных районов варьирует от 14,02 до 683,25 мг/дм³ (табл. 3, 4).

Таблица 4. Катионный и анионный состав питьевой воды Яшалтинского района, мг/дм³
Table 4. Cationic and anionic composition of drinking water in the Yashalta District, mg/dm³

NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Ba ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
с. Красномихайловское / Krasnomikhaylovskoe village										
0,81 ±0,04	0,56 ±0,03	2,42 ±0,08	122 ±6,10	352,08 ±26,1	414 ±7	0,33 ±0,01	0,05 ±0,002	744,58 ±22	57 ±2,85	4,39 ±0,6
с. Березовское, ул. Ленина, колонка / Berezovskoe village, Lenin street, standpipe										
0,5 ±0,02	1,10 ±0,06	0,21 ±0,01	134,2 ±6,71	167,42 ±19,9	26,4 ±2,1	0,18 ±0,01	0,05 ±0,003	46,56 ±3,2	72 ±3,60	17,33 ±1,5
с. Яшалта / Yashalta village										
0,5 ±0,01	0,67 ±0,05	0,2 ±0,01	109,8 ±5,49	402,75 ±18,4	79,48 ±5,1	0,20 ±0,02	0,05 ±0,002	96,87 ±4,7	80 ±2,98	31,05 ±3
с. Бага-Тугтун / Baga-Tugtun village										
0,5 ±0,02	26,44 ±2,6	0,2 ±0,02	103,7 ±5,18	424,58 ±11,2	159,09 ±9,3	0,72 ±0,04	0,05 ±0,002	227,8 ±8,5	41 ±2,05	80,64 ±5,3
с. Эсто-Алтай / Esto-Altay village										
0,5 ±0,03	0,64 ±0,05	0,2 ±0,01	451,4 ±7,57	115,88 ±7,8	16,58 ±2,9	0,17 ±0,01	0,05 ±0,001	33,86 ±1,7	64 ±2,14	12,82 ±1,2
с. Красный Партизан / Krasnyy Partizan village										
0,5 ±0,01	0,70 ±0,04	0,2 ±0,01	109,8 ±4,38	89,26 ±4,7	14,02 ±1,5	0,23 ±0,02	0,05 ±0,003	28,32 ±4	61 ±1,63	11,04 ±1,3
с. Соленое / Solenoe village										
0,50 ±0,02	0,55 ±0,02	0,2 ±0,02	122 ±5,11	138,39 ±19	28,03 ±3,6	0,22 ±0,01	0,05 ±0,002	42,4 ±3,2	95 ±2,74	16,61 ±0,6
с. Ульяновское / Ul'yanovskoe village										
0,5 ±0,02	0,74 ±0,04	0,2 ±0,03	115,9 ±5,76	373,5 ±18,3	83,19 ±6,6	0,21 ±0,02	0,05 ±0,002	94,93 ±7,2	109 ±3,12	29,37 ±2,5
Предельно допустимые концентрации / Threshold limit value										
1,5	45	3,3	–	500	350	0,7	0,7	200	–	50

Примечание. В верхних строках указаны значения концентрации элементов, в нижних – ошибка среднего арифметического.
Note. The top lines show the values of element concentrations, the bottom lines show the error of the arithmetic mean.

Максимальное значение содержания хлоридов в питьевой воде обнаружено в пос. Розенталь, а минимальное – в с. Красный Партизан. Превышение ПДК хлоридов зафиксировано в двух населенных пунктах Городовиковского района: Городовиковск, ул. Советская (в 1,1 раза) и Розенталь (в 2 раза), – а также в с. Красномихайловском Яшалтинского района (в 1,2 раза).

Фториды – соединения второго класса опасности, ПДК для климатического района IV – 0,7 мг/дм³. Безвредно для организма лишь нормативное содержание фтора в воде. Избыток фторидов в организме гораздо более опасен, чем недостаток. Все растворимые в воде фториды токсичны [15]. Превышение ПДК фторидов зафиксировано в г. Городовиковске, ул. Советская и составляет 3,32 мг/дм³ (в 4,7 раза) (табл. 3).

Для общей характеристики химического состава воды была использована формула Курлова, кото-

рая дает наглядное представление о преобладающих ионах, минерализации, а также о содержании специфических веществ (микроэлементов, растворенных газов и т.п.). Также была использована классификация природных вод О.А. Алекина [14], которая сочетает принцип деления по преобладающим анионам и катионам с делением по соотношениям между ионами.

Классификация питьевых вод Городовиковского района представлена в таблице 5, Яшалтинского – в таблице 6.

Питьевая вода из централизованных источников Городовиковского района отличается большей минерализацией в сравнении с таковой Яшалтинского района. Все пробы воды Городовиковского района имеют минерализацию >1 г/дм³, что относит их солоноватым водам. В Яшалтинском районе питьевые воды из с. Красномихайловского и с. Бага-Тугтун имеют минерализацию >1 г/дм³ и относятся к

Таблица 5. Классификация питьевых вод Городовиковского района
Table 5. Classification of drinking waters of Gorodovikovsk District

Место отбора Sampling place	Формула воды Water formula	Геохимический класс воды Geochemical class of water
Городовиковск, ул. Ленина / Gorodovikovsk town, Lenin street	$M1,65 \frac{SO_4^{2-} 43 HCO_3^- 29 Cl^- 28}{Na^+ 86 Ca^{2+} 8 Mg^{2+} 6}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one
Городовиковск, ул. Советская / Gorodovikovsk town, Sovetskaya street	$M1,76 \frac{Cl^- 45 SO_4^{2-} 39 HCO_3^- 16}{Na^+ 63 Ca^{2+} 26 Mg^{2+} 11}$	класс хлоридных вод, натриевая группа, тип второй class of chloride waters, sodium group, type two
Поселок Бага-Бурул Baga-Burul village	$M1,66 \frac{SO_4^{2-} 50 HCO_3^- 28 Cl^- 22}{Na^+ 90 Ca^{2+} 6 Mg^{2+} 4}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one
Поселок Передовой Peredovoy village	$M1,57 \frac{SO_4^{2-} 42 HCO_3^- 33 Cl^- 25}{Na^+ 90 Ca^{2+} 7 Mg^{2+} 3}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one
Поселок Бембишево Bembishevo village	$M1,45 \frac{SO_4^{2-} 50 Cl^- 27 HCO_3^- 23}{Na^+ 71 Ca^{2+} 25 Mg^{2+} 4}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Поселок Лазаревский Lazarevskiy village	$M1,5 \frac{SO_4^{2-} 58 Cl^- 25 HCO_3^- 17}{Na^+ 86 Ca^{2+} 10 Mg^{2+} 4}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Село Чапаевское Chapaevskoe village	$M1,1 \frac{SO_4^{2-} 39 HCO_3^- 36 Cl^- 25}{Na^+ 79 Mg^{2+} 14 Ca^{2+} 7}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one
Село Виноградное Vinogradnoe village	$M1,58 \frac{Cl^- 44 SO_4^{2-} 29 HCO_3^- 27}{Na^+ 84 Ca^{2+} 14 Mg^{2+} 2}$	класс хлоридных вод, натриевая группа, тип первый class of chloride waters, sodium group, type one
Поселок Розенталь Rozental' village	$M3,43 \frac{SO_4^{2-} 57 Cl^- 35 HCO_3^- 8}{Na^+ 75 Mg^{2+} 19 Ca^{2+} 6}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Поселок Амур-Санан Amur-Sanan village	$M1,62 \frac{SO_4^{2-} 44 HCO_3^- 33 Cl^- 23}{Na^+ 87 Ca^{2+} 8 Mg^{2+} 5}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one
Поселок Шин-Бядл Shin-Byadl village	$M1,03 \frac{SO_4^{2-} 52 HCO_3^- 29 Cl^- 19}{Na^+ 67 Ca^{2+} 18 Mg^{2+} 15}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Поселок Большой Гок Bol'shoi Gok village	$M1,60 \frac{SO_4^{2-} 43 HCO_3^- 30 Cl^- 27}{Na^+ 86 Mg^{2+} 8 Ca^{2+} 6}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый sulfate water class, sodium group, type one

солончатым водам, воды остальных населенных пунктов являются пресными.

В соответствии с классификацией О.А. Алекина [14] изученные воды из централизованных источников можно отнести к следующим геохимическим классам:

1) класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый (6 населенных пунктов);

2) класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй (6 населенных пунктов);

3) класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй (4 населенных пункта);

4) класс хлоридных вод, натриевая группа, тип первый (1 населенный пункт);

5) класс хлоридных вод, натриевая группа, тип второй (2 населенных пункта);

6) класс гидрокарбонатных вод, кальциевая группа, тип первый (1 населенный пункт).

В Городовиковском районе преобладает класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый и тип второй. В Яшалтинском районе преобладает класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй.

Таблица 6. Классификация питьевых вод Яшалтинского района
Table 6. Classification of drinking waters of Yashalta District

Место отбора Sampling place	Формула воды Water formula	Геохимический класс воды Geochemical class of water
Село Красномихайловское Krasnomikhaylovskoe village	$M1,70 \frac{Cl^- 56 SO_4^{2-} 35 HCO_3^- 9}{Na^+ 91 Ca^{2+} 8 Mg^{2+} 1}$	класс хлоридных вод, натриевая группа, тип второй class of chloride waters, sodium group, type two
Село Березовское, ул. Ленина, колонка Berezovskoe village, Lenin street, standpipe	$M0,47 \frac{SO_4^{2-} 54 HCO_3^- 34 Cl^- 12}{Ca^{2+} 51 Na^+ 29 Mg^{2+} 20}$	класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй sulfate water class, calcium group, type two
Село Яшалта Yashalta village	$M0,80 \frac{SO_4^{2-} 68 Cl^- 18 HCO_3^- 14}{Na^+ 39 Ca^{2+} 37 Mg^{2+} 24}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Село Бага-Тугтун Baga-Tugtun village	$M1,06 \frac{SO_4^{2-} 59 Cl^- 30 HCO_3^- 11}{Na^+ 53 Mg^{2+} 36 Ca^{2+} 11}$	класс сульфатных вод, натриевая группа, тип второй sulfate water class, sodium group, type two
Село Эсто-Алтай Esto-Altay village	$M0,70 \frac{HCO_3^- 72 SO_4^{2-} 23 Cl^- 5}{Ca^{2+} 56 Na^+ 26 Mg^{2+} 18}$	класс гидрокарбонатных вод, кальциевая группа, тип первый / hydrocarbonate water class, calcium group, type one
Село Красный Партизан Krasnyy Partizan village	$M0,31 \frac{SO_4^{2-} 46 HCO_3^- 44 Cl^- 10}{Ca^{2+} 59 Na^+ 24 Mg^{2+} 17}$	класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй sulfate water class, calcium group, type two
Село Соленое Solenoje village	$M0,45 \frac{SO_4^{2-} 51 HCO_3^- 35 Cl^- 14}{Ca^{2+} 60 Na^+ 23 Mg^{2+} 17}$	класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй sulfate water class, calcium group, type two
Село Ульяновское Ul'yanovskoe village	$M0,81 \frac{SO_4^{2-} 65 Cl^- 20 HCO_3^- 15}{Ca^{2+} 45 Na^+ 34 Mg^{2+} 21}$	класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй sulfate water class, calcium group, type two

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вода из централизованных источников исследованных районов Республики Калмыкия имеет пестрый элементный состав, что может быть обусловлено деятельностью человека и природными факторами. В результате проведенного исследования установлено, что часть образцов не соответствует нормам, определяющим качество питьевой воды: превышены предельно допустимые концентрации по железу (с. Виноградное и с. Красномихайловское), сульфатам (пос. Розенталь, пос. Лазаревский, пос. Бага-Бурул), хлоридам (пос. Розенталь, г. Городовиковск, с. Красномихайловское), фторидам (г. Городовиковск), ионам натрия (все населенные пункты Городовиковского района, с. Красномихайловское и с. Бага-Тугтун Яшалтинского района), магния (пос. Розенталь, с. Бага-Тугтун) и лития (пос. Розенталь). Такая питьевая вода характеризуется горьковатым привкусом, повышенной жесткостью, наличием механических примесей, ее не рекомендуется использовать для питья, приготовления пищи и бытовых нужд.

Установлена минерализация питьевой воды исследованных районов. Воды Городовиковского района относятся к солоноватым водам (минерализация >1 г/дм³). В то же время воды Яшалтинского района в большинстве случаев относятся к пресным водам (минерализация <1 г/дм³).

На основании классификации О.А. Алекина выявлено, что в Городовиковском районе преобладает класс сульфатных вод, натриевая группа, тип первый и второй. В Яшалтинском районе преобладает класс сульфатных вод, кальциевая группа, тип второй.

На основании полученных результатов установлена неблагоприятная экологическая ситуация с питьевой водой в Городовиковском и Яшалтинском районах.

Исследование проведено в рамках государственной субсидии – проект «Асимметрично развивающиеся территории перед традиционными и новыми вызовами: исследование динамики социально-экономических процессов и изменчивости экологической ситуации» (номер госрегистрации 122022700133-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадмаева Ц.Н., Сангаджиев М.М. 2013. Влияние водных ресурсов Калмыкии на здоровье человека. *Вестник Прикаспия*. 1(1): 25–30.
2. Настина Г.Э., Сангаджиев М.М. 2014. Состояние водных ресурсов Республики Калмыкия как важнейший фактор здоровья населения. *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки*. 4(10): 33–39. doi: 10.15688/jvolsu11.2014.4.4
3. Алферов И.Н., Яковенко Н.В. 2016. Характеристика качества питьевой воды для населения вододефицитного региона (на примере Оренбургской области). *Экология человека*. 7: 3–10. doi: 10.33396/1728-0869-2016-7-3-10
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Калмыкия за 2020 год». 2021. Элиста. 140 с.
5. Хочаева С.С. 2018. Качество подземных вод, являющихся источниками водоснабжения Республики Калмыкия. *Геология, география и глобальная энергия*. 2(69): 17–26.
6. Габунщина Э.Б. 2011. Проблемы водоснабжения Северо-Западного Прикаспия. *Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН*. 4(1): 197–199.
7. Онкаев В.А., Сангаджиев М.М. 2013. Подземные воды Республики Калмыкия и ее геолого-экологические особенности. *Вестник Калмыцкого университета*. 4(20): 48–55.
8. Бакинова Т.И., Воробьева Н.П., Зеленская Е.А. 1999. *Почвы Республики Калмыкия*. Элиста, изд-во СКНЦ ВШ: 115 с.
9. Сангаджиев М.М., Онкаев В.А., Муджиков Н.Л. 2013. Экология и современное состояние вод западной части Калмыкии (на примере Яшалтинского района). В кн.: *Экология России: на пути к инновациям: межвузовский сборник научных трудов, выпуск 7*. Астрахань, Нижневолжский экоцентр: 166–171.
10. Мусин Р.Х., Нуриев И.С. 2009. Влияние сельскохозяйственных удобрений на качество грунтовых вод. *Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки*. 151(3): 136–141.
11. Лачко О.А., Сусякова Г.О. 2005. *Природопользование аридных территорий. Экология растений: Учебное пособие*. Элиста, изд-во Калмыцкого ун-та: 168 с.
12. *ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб*. 2019. М., Стандартинформ: 32 с.
13. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. N 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» (с изменениями и дополнениями от 30 декабря 2022 г.). *Гарант*. URL: <https://base.garant.ru/400274954/>
14. Алекин О.А. 1953. *Основы гидрохимии*. Л., Гидрометеорологическое издательство: 296 с.
15. Игнат'ева Л.П., Потапова М.А. 2015. *Гигиена питьевого водоснабжения*. Иркутск, ИГМУ: 99 с.
2. Nastinova G.E., Sangadzhiev M.M. 2014. [The condition of water resources of the Republic of Kalmykia as an important factor of the population health]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki*. 4(10): 33–39. (In Russian). doi: 10.15688/jvolsu11.2014.4.4
3. Alferov I.N., Yakovenko N.V. 2016. [Drinking water quality for the population of water-stressed region (on the example of the Orenburg Region)]. *Human Ecology*. 7: 3–10. (In Russian). doi: 10.33396/1728-0869-2016-7-3-10
4. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Respublike Kalmykiya za 2020 god"*. [State report "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Republic of Kalmykia for 2020"]. 2021. Elista. 140 p. (In Russian).
5. Khochaeva S.S. 2018. [Quality of groundwater as sources of water supply of the Republic of Kalmykia]. *Geology, geography and global energy*. 2(69): 17–26. (In Russian).
6. Gabunshchina E.B. 2011. [Problems of water supply in the North-Western Caspian region]. *Vestnik Kalmytskogo instituta gumanitarnykh issledovaniy RAN*. 4(1): 197–199. (In Russian).
7. Onkayev V.A., Sangadzhiev M.M. 2013. [Ground water of Kalmyk Republic and its geological and ecological peculiarities]. *Vestnik Kalmytskogo universiteta*. 4(20): 48–55. (In Russian).
8. Bakinova T.I., Vorob'eva N.P., Zelenskaya E.A. 1999. *Pochvy Respubliki Kalmykiya*. [Soils of the Republic of Kalmykia]. Elista, North Caucasian Scientific Center of Higher Education: 115 p. (In Russian).
9. Sangadgiev M.M., Onkaev V.A., Mudgikov N.L. 2013. [Ecology and current state of waters of the western part of Kalmykia (on an example of Jashaltinsky area)]. In: *Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov, vypusk 7*. [Ecology of Russia: on the way to innovation: interuniversity collection of scientific papers, issue 7]. Astrakhan, Lower Volga Ecoenter: 166–171. (In Russian).
10. Musin R.Kh., Nuriev I.S. 2009. [The influence of agricultural fertilizers on the quality of ground water]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*. 151(3): 136–141. (In Russian).
11. Lachko O.A., Suslyakova G.O. 2005. *Prirodopol'zovanie aridnykh territoriy. Ekologiya rasteniy: Uchebnoe posobie*. [Nature management of arid territories. Plant Ecology: Textbook]. Elista, Kalmyk University: 168 p. (In Russian).
12. *GOST 31861-2012. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob*. [GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling]. 2019. Moscow, Standartinform: 32 p. (In Russian).
13. [Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of January 28, 2021 N 2 "On Approval of Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness to Humans of Environmental Factors" (as amended on December 30, 2022)]. *Garant*. Available at: <https://base.garant.ru/400274954/>. (In Russian).
14. Alekin O.A. 1953. *Osnovy gidrokhimii*. [Basics of hydrochemistry]. Leningrad, Hydrometeorological Publishing House: 296 p. (In Russian).
15. Ignat'eva L.P., Potapova M.A. 2015. *Gigiena pit'evogo vodosnabzheniya*. [Hygiene of drinking water supply]. Irkutsk, Irkutsk State Medical University: 99 p. (In Russian).

REFERENCES

1. Badmaeva Ts.N., Sangadzhiev M.M. 2013. [Influence of water resources of Kalmykia on human health]. *Vestnik Prikaspiya*. 1(1): 25–30. (In Russian).

Поступила 16.11.2022