

Оригинальная статья / Original article
УДК 504:43; 550.4; 614:79
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-92-101

Оценка качества подземных вод, используемых в хозяйственно-питьевых целях в Республике Дагестан

Тамила О. Абдулмуталимова^{1,2}, Омари М. Рамазанов¹, Алибек Б. Алхасов¹, Иса М. Газалиев²

¹Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиал Объединённого института высоких температур Российской академии наук, Махачкала, Россия

²Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Тамила О. Абдулмуталимова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория энергетики, Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики - филиал Объединённого института высоких температур Российской академии наук; 367030 Россия, г. Махачкала, просп. И. Шамиля, 39а.
Тел. +79034244344
Email tamila4@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4743-6154>

Формат цитирования

Абдулмуталимова Т.О., Рамазанов О.М., Алхасов А.Б., Газалиев И.М. Оценка качества подземных вод, используемых в хозяйственно-питьевых целях в Республике Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 2. С. 92-101.
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-92-101

Получена 26 октября 2022 г.
Прошла рецензирование 2 февраля 2023 г.
Принята 6 февраля 2023 г.

Резюме

Цель. Особенности геологического строения региона обуславливают разнообразие химического состава подземных вод, представленных родниками в горной части республики до артезианских вод в равнинной части. Содержание некоторых контаминантов в питьевых водах может сказываться на здоровье населения и иметь негативные последствия. Целью работы является проведение сравнительного анализа региональных особенностей подземных вод и обоснование соответствия их гигиеническим нормативам, предъявляемым к качеству питьевых вод.

Материалы и методы. Более 500 проб питьевой воды отобраны на территории республики и проанализированы в аналитических лабораториях Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиала Объединённого института высоких температур Российской академии наук и Института геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Оценки канцерогенных рисков для здоровья населения проведена согласно Руководству 2.1.10.1920-04.

Результаты. В некоторых горных населенных пунктах выявлены повышенные значения жесткости (до 14), а также практически повсеместно дефицит йодидов. В подземных водах равнинных населенных пунктов выявлено повышенное содержание фенолов, кадмия и мышьяка.

Заключение. Использование населением подземных вод для питьевых целей в горных районах возможно с предварительным проведением соответствующих мероприятий по смягчению воды и профилактических мероприятий среди населения, связанных с восполнением дефицита йода. Подземные воды равнинных районов не соответствуют гигиеническим требованиям по содержанию мышьяка, кадмия и фенолов, а канцерогенные риски для населения находятся на уровне, недопустимом для населения.

Ключевые слова

Подземные воды, питьевое водоснабжение, геогенные химические элементы, гигиенический норматив, канцерогенные риски здоровью населения, Республика Дагестан.

The assessment of quality of groundwater used for drinking by the population of the Republic of Dagestan, Russia

Tamila O. Abdulmutalimova^{1,2}, Omari M. Ramazanov¹, Alibek B. Alhasov¹ and Isa M. Gazaliev²

¹Institute of Geothermal Problems and Renewable Energy, Branch of Joint Institute of High Temperatures, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Institute of Geology, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Tamila O. Abdulmutalimova, PhD in Biology, Senior Researcher, Laboratory of Geoenergetics, Institute of Geothermal Problems and Renewable Energy, Branch of Joint Institute of High Temperatures, Russian Academy of Sciences; 39a Prospect I. Shamilya, Makhachkala, Russia, 367030. Tel. +79034244344
Email tamila4@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4743-6154>

How to cite this article

Abdulmutalimova T.O., Ramazanov O.M., Alhasov A.B., Gazaliev I.M. The assessment of quality of groundwater used for drinking by the population of the Republic of Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 2, pp. 92-101. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-92-101

Received 26 October 2022

Revised 2 February 2023

Accepted 6 February 2023

Abstract

Aim. Features of the geological structure of the region determine the diversity of the chemical composition of groundwater, represented by springs in the mountainous part of the Republic of Dagestan and artesian waters in the plains. The content of some contaminants in drinking water can affect public health and have negative consequences. The purpose of the work is to conduct a comparative analysis of the regional characteristics of groundwater and substantiate their compliance with hygienic standards for the quality of drinking water.

Materials and methods. More than 500 samples of drinking water were taken on the territory of the republic and analysed in the analytical laboratories of the Institute for Problems of Geothermy and Renewable Energy, a branch of the Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Geology of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Assessment of carcinogenic risks to public health was carried out in accordance with Guideline 2.1.10.1920-04.

Results. In some mountainous settlements increased values of hardness (up to 14) were revealed, as well as iodide deficiency almost everywhere. In the underground waters of lowland settlements, an increased content of phenols, cadmium and arsenic was revealed.

Conclusion. The use of groundwater by the population for drinking purposes in mountainous areas is possible with the preliminary implementation of appropriate water softening measures and preventive measures among the population related to the replenishment of iodine deficiency. The underground waters of the lowland areas do not meet the hygienic requirements for content of arsenic, cadmium and phenols and the carcinogenic risks for the population are at a level unacceptable for the population.

Key Words

Groundwater, drinking water supply, natural chemical elements, permissible level, human health, Republic of Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные воды, характеризуясь особыми условиями миграции и разнообразными условиями формирования химического состава, являются составной частью единой гидросферы Земли. В настоящее время пресные подземные воды играют значительную роль в хозяйственно-питьевом водоснабжении населения многих стран. При этом отмечается тенденция к увеличению использования подземных вод для водоснабжения. Это объясняется тем, что подземные воды, как источник водоснабжения, имеют ряд преимуществ по сравнению с поверхностными водами. Подземные воды, как правило, обладают лучшим качеством, более надежно защищены от загрязнения и заражения, меньше подвержены сезонным и многолетним колебаниям и в большинстве случаев их использование не требует дорогостоящих мероприятий по водоочистке.

На формирование качественного состава подземных вод влияют геолого-структурные особенности района, его металлогения, литогеохимическая специализация горных пород, литолого-минералогические особенности, а также физико-химические условия миграции элементов и их комплексных соединений.

В мировом масштабе использование подземных вод покрывает примерно 50% потребности в питьевой воде и 43% потребности орошения, а экономический вклад подземных вод в сельское хозяйство оценивается в 230 млрд долл. США в год. С развитием мировой экономики спрос на пресную воду растет, а загрязненные пресные поверхностные источники не удовлетворяют всех потребностей мирового хозяйства. Как показали документы Всемирного саммита в Йоханнесбурге (2002), Третьего Всемирного водного форума (2003–2022 гг.), а также предложенная Европейским Союзом, так называемая, Водная инициатива, внимание мировой общественности все больше привлекают проблемы качества и рационального использования водных ресурсов. Растущая техногенная нагрузка на окружающую среду, стремительное уменьшение запасов питьевой воды на планете, ухудшение ее качества сказываются на здоровье людей, разнообразии животного и растительного мира. Известно, что основными загрязняющими подземные воды веществами являются фенолы, нефтепродукты, соединения меди, цинка, нитратный азот, мышьяк, ртуть, марганец и т.д. [1–4], которые образуются в результате деятельности различных предприятий и функционирования населенных пунктов [5; 6]. Рост городов и стремительное развитие промышленности уже в XX веке привели Россию к довольно сложной ситуации в отношении качества питьевых вод. Поэтому антропогенное воздействие является главной причиной снижения биосферных функций, изменения физического и химического состояния подземных вод [7].

Во многих европейских странах: Австрия, Бельгия, Германия, Венгрия, Дания, Румыния, Швейцария использование подземных вод превышает 70% от общего водопотребления. Россия обладает огромным водно-ресурсным потенциалом, масштабы и основные характеристики которого во многом уникальны. 20% мировых ресурсов пресной воды (без учета ледников и подземных вод) приходится на Россию [8; 9]. Подземные воды составляют значительную часть водных

ресурсов страны и обеспечивают около 20% всех потребностей страны в хозяйственно-питьевой воде. Прогнозные эксплуатационные ресурсы питьевых (пресных и солоноватых) подземных вод, оцененных по бассейнам рек, составляют 317,2 км³ в год. Из подземных гидрогеологических резервуаров ежедневно добывается по 40 млн м³ воды (14,6 млрд м³ в год) и этой водой обеспечиваются потребности 60% городского и 85% сельского населения. Наиболее удобны для этих целей воды артезианских бассейнов, из которых они подаются с напором при помощи скважин [10].

Дагестан, как один из самых водообеспеченных регионов страны, обладает достаточными прогнозными ресурсами пресных подземных вод хозяйственно-питьевого и производственно-технического назначения. Подземные воды играют существенную роль в водоснабжении сельских населенных пунктов республики (62%) и, частично, городов Дербент, Кизляр, Хасавюрт, Буйнакс, Южно-Сухокумск (12–50%). Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения в 2021г. составила более 27% [11].

По состоянию на 01.01.2022г. по предварительным данным государственного баланса запасов разведаны и оценены 56 месторождений (участков) подземных вод с суммарными утвержденными запасами в количестве 324,13 тыс. м³/сут, в том числе около половины запасов (134 тыс. м³/сут) – для водоснабжения таких городов, как Кизляр, Дербент, Буйнакс и Хасавюрт. Согласно данным статистической отчетности (форма № 4-ЛС и 2-ТП «Водхоз»), на территории республики суммарная добыча подземных вод составила 234,14 тыс. м³/сут, в том числе на месторождениях 57,21 тыс. м³/сут (в эксплуатации находилось 40 месторождений (участков), на участках с неутвержденными запасами – 176,93 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов составила 17,7% [12; 13].

В структуре подземных вод Дагестана следует выделить южную горную часть и северную равнинную, в которых сосредоточена основная их масса. Подземные воды горной части оцениваются модулем родникового стока. Подземные воды равнинных территорий представлены высоконапорными артезианскими водами, входящими в состав крупнейшего резервуара пресных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна [14].

Благополучная в целом по республике ситуация с количественной обеспеченностью водопотребности ресурсами пресных подземных вод омрачается фактами загрязнения подземной гидросферы некоторыми вредными компонентами, нерациональным водопользованием и большой вероятностью проникновения в водоносные пласты высокоминерализованных вод глубоких горизонтов с содержанием токсичных элементов [15]. Зачастую концентрации загрязнителей оказываются выше установленных гигиенических нормативов (ГН), предъявляемых к качеству питьевой воды.

Общая откартированная площадь загрязнения подземных вод в пределах Республики Дагестан составляет 3,8 тыс. км² [12].

В ходе проведенных исследований было выявлено повышенное содержание некоторых токсичных компонентов, дифференцированных по классу опасности:

I – чрезвычайно опасные – мышьяк;

II – высокоопасные – кадмий, бром, кремний, бор, барий;

III – опасные – марганец, железо, аммоний;

IV – умеренно опасные – фенолы, сульфаты, общая жесткость воды.

Согласно ВОЗ, 80% заболеваний вызвано потреблением некачественной питьевой воды. И, очевидно, что изучение качества питьевой воды, проведение мероприятий по его улучшению обуславливает санитарно-эпидемиологическое благополучие населения.

Целью настоящего исследования является оценка качества подземных вод Дагестана, используемых населением в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в аспекте влияния на здоровье населения.

Задачами исследования явились:

- оценка качества подземных вод, используемых населением Дагестана для питьевых нужд;
- выявление наиболее опасных загрязнителей;
- оценка канцерогенных рисков здоровью населения при использовании подземных вод для питьевых нужд.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования заключаются в проведении полевых и лабораторных работ. В ходе полевых работ были отобраны образцы питьевой подземной воды в населённых пунктах Республики Дагестан, а также проанализированы литературные источники Института геологии [12; 15] и аналитического центра коллективного пользования ДФИЦ РАН [16; 17] по качеству подземных водоисточников, что позволило сопоставить данные и получить полную картину качественного состава питьевых подземных вод республики. Сравнение полученных результатов с нормативными требованиями, предъявляемых к качеству питьевой воды [18–20], позволило выявить несоответствие по некоторым компонентам.

В ходе данного исследования образцы воды, используемой населением для питьевых целей, отбирались непосредственно из скважин и впоследствии доставлялись в аналитическую лабораторию Института проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиала Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ИПГВЭ ОИВТ РАН) для проведения соответствующих анализов. На протяжении 5 лет (2015–2019 гг.) в разные сезоны года были отобраны более 500 проб питьевой воды с целью оценки динамики изменения концентраций некоторых загрязнителей и влияния сезонных изменений на качественный состав подземных вод.

При проведении оценки канцерогенных рисков для здоровья населения согласно Руководству 2.1.10.1920-04 [21] использовались данные, полученные в результате химического анализа и анкетирования населения (100 человек), в ходе которого выявлены региональные факторы водопотребления.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ образцов питьевой воды в горной части Дагестана и сопоставление с результатами анализов, полученных другими исследователями, выявил незначительные повышенные значения жесткости, сульфатов, а также дефицит содержания йодидов, калия, магния, кальция, фторидов. По всем остальным показателям подземные воды отвечают гигиеническим требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Следует отметить, что дефицит йода наблюдается

практически во всех проанализированных образцах, что подтверждает эндемичность региона по такому заболеванию, как диффузный, или узловый зоб. Проблему дефицита йода можно решить употреблением в пищу йод содержащих продуктов, в частности йодированной соли, а уменьшение жесткости возможно благодаря использованию смягчающих фильтров. Таким образом, использование подземных вод в горной части республики допустимо, однако в некоторых районах необходимо проведение мероприятий среди населения по восполнению дефицита йода, а также информирование населения о необходимости использования фильтров для смягчения воды перед её употреблением.

Анализ данных по качеству питьевой воды, образцы которой были отобраны в артезианских скважинах равнинного Дагестана, выявил повышенные концентрации мышьяка, кадмия и фенолов (рис. 1–3). Обнаруженные концентрации не вызывают острого токсического воздействия на организм человека, однако при длительном воздействии даже малых доз возможно возникновение патологических изменений. Так, например, при длительном пероральном поступлении кадмия возможно нарушение функции почек. Токсическое воздействие фенолов сказывается на желудочно-кишечном тракте, центральной нервной системе и способно вызывать нарушения в развитии детей. Наибольшую обеспокоенность вызывает мышьяк, обнаруженный практически во всех исследованных образцах питьевой воды, что свидетельствует о повсеместном загрязнении подземных вод. Мышьяк относится к 1 группе канцерогенов и при хроническом пероральном воздействии вызывает ряд системных нарушений в организме человека, вплоть до развития злокачественных новообразований [22]. Таким образом, население Северного Дагестана общей численностью более 700 тыс. человек вынуждено на протяжении длительного времени использовать эти воды для питьевых целей и подвергается риску развития ряда заболеваний.

Следует отметить, что все обнаруженные токсичные элементы имеют природное происхождение [23–25]. Точное объяснение причин их нахождения в подземных водах на сегодняшний день неизвестно, но, предположительно, фенолы, обнаруженные в Ногайском районе, могут быть связаны с месторождениями термальных вод и глубинными тектоническими разломами в этой области, которая характеризуется сейсмичностью. А возникновение кадмия и мышьяка, вероятно, связано с минералами, в состав которых они входят. Следует также отметить, что распространение фенола и кадмия имеет более локальный характер, в то время как мышьяк был обнаружен в 97% образцов.

Учитывая, что мышьяк относится к I группе опасности и является доказанным канцерогеном, было проведено исследование его содержания в питьевых подземных водах. С помощью геоинформационных систем была составлена карта пространственного распространения мышьяка с ранжированием по уровню его содержания (рис. 4). Среднее содержание мышьяка превышает допустимый норматив в 19 раз, максимальное содержание – в 50 раз. Пространственный анализ распространения мышьяка позволяет выявить высокую контрастность его гидрохимических аномалий [25].

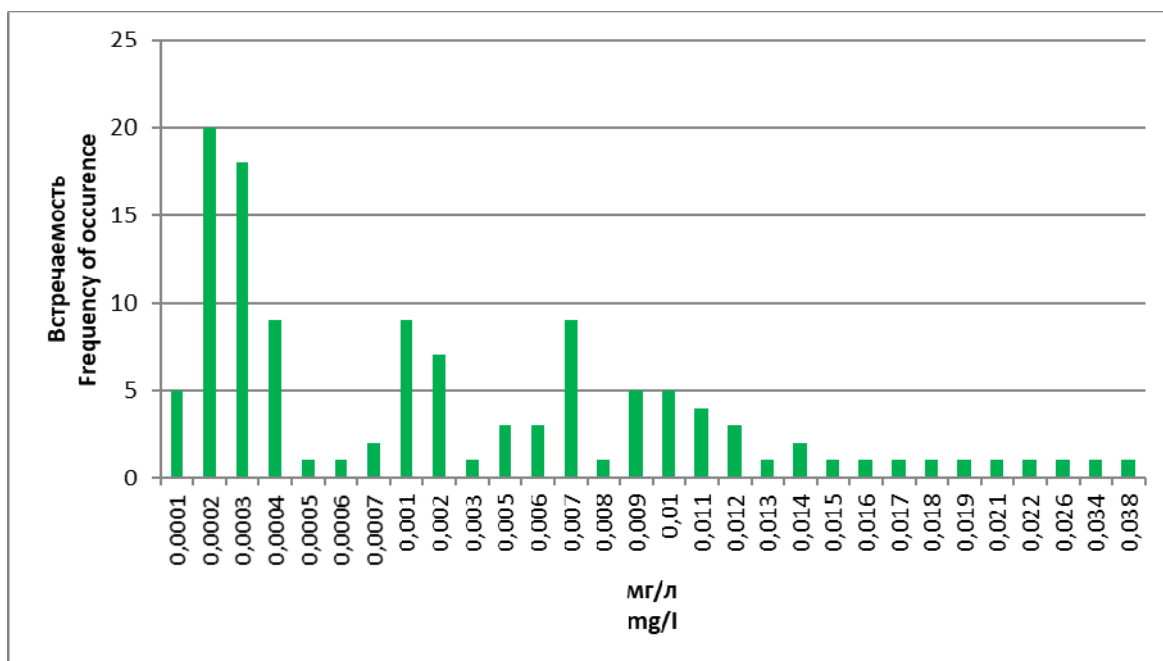


Рисунок 1. Содержание кадмия в образцах питьевой воды в населенных пунктах Северного Дагестана (ГН – 0,001 мг/л)

Figure 1. Cadmium concentration in drinking water samples from Northern Dagestan districts (hygienic standard – 0.001 mg/L)

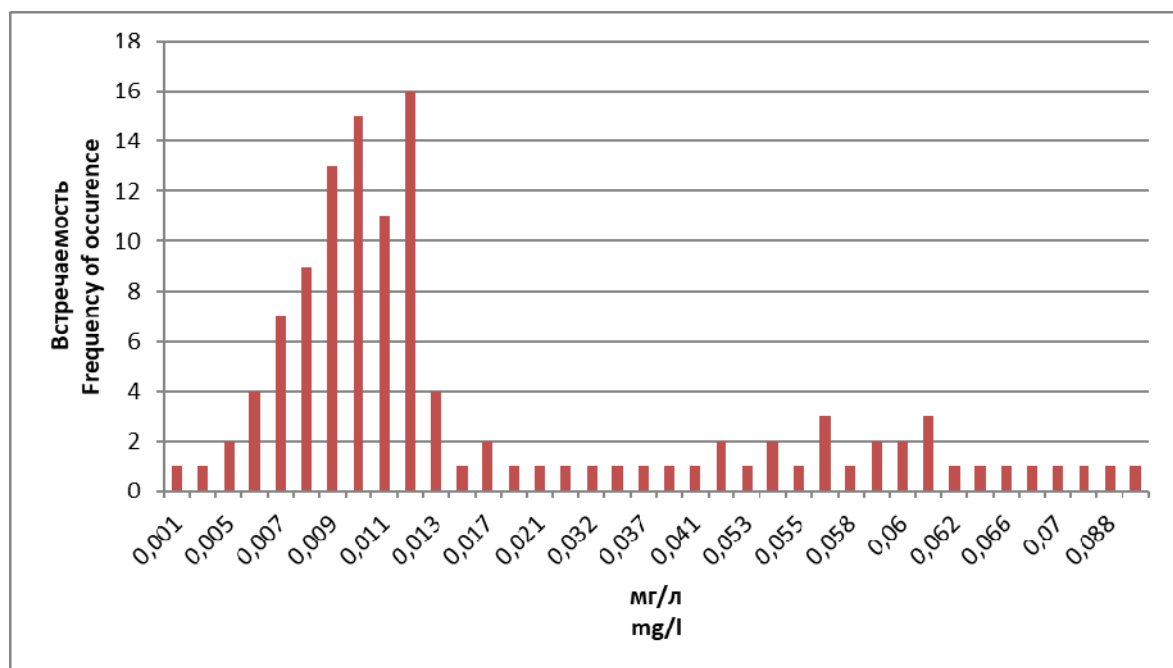


Рисунок 2. Содержание фенолов в образцах питьевой воды в населенных пунктах Северного Дагестана (ГН – 0,001 мг/л)

Figure 2. Phenol concentration in drinking water samples from Northern Dagestan districts (hygienic standard – 0.001 mg/L)

Экспонированная часть населения была также дифференцирована по уровню содержания мышьяка в питьевой воде. Большая часть населения потребляет питьевую воду с содержанием мышьяка с превышением ГН до 5 раз и около 3% населения используют для питья воду с содержанием мышьяка в 40–50 раз выше допустимого норматива (табл. 1).

Превышение гигиенического норматива в 20 и более раз выявлено в 12 населенных пунктах с общей численностью населения 15,8 тыс. человек.

Канцерогенная опасность мышьяка рассчитана на основе индивидуальных канцерогенных рисков с учётом его среднесуточного поступления. Результаты индивидуальных канцерогенных рисков приведены в таблице 2. Предварительно был проведен опрос среди экспонированного населения с целью выявления региональных факторов водопотребления, которые использовались в расчётах.

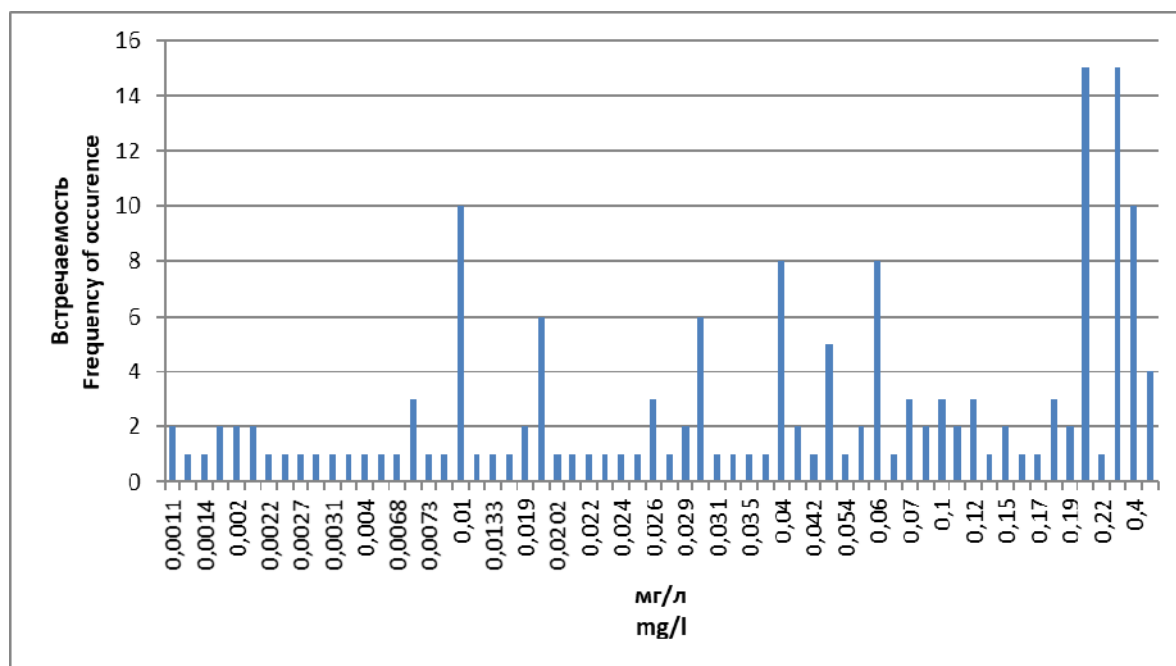


Рисунок 3. Содержание мышьяка в образцах питьевой воды в населенных пунктах Северного Дагестана (ГН – 0,01 мг/л)

Figure 3. Arsenic concentration in drinking water samples from Northern Dagestan districts (hygienic standard – 0.01 mg/L)

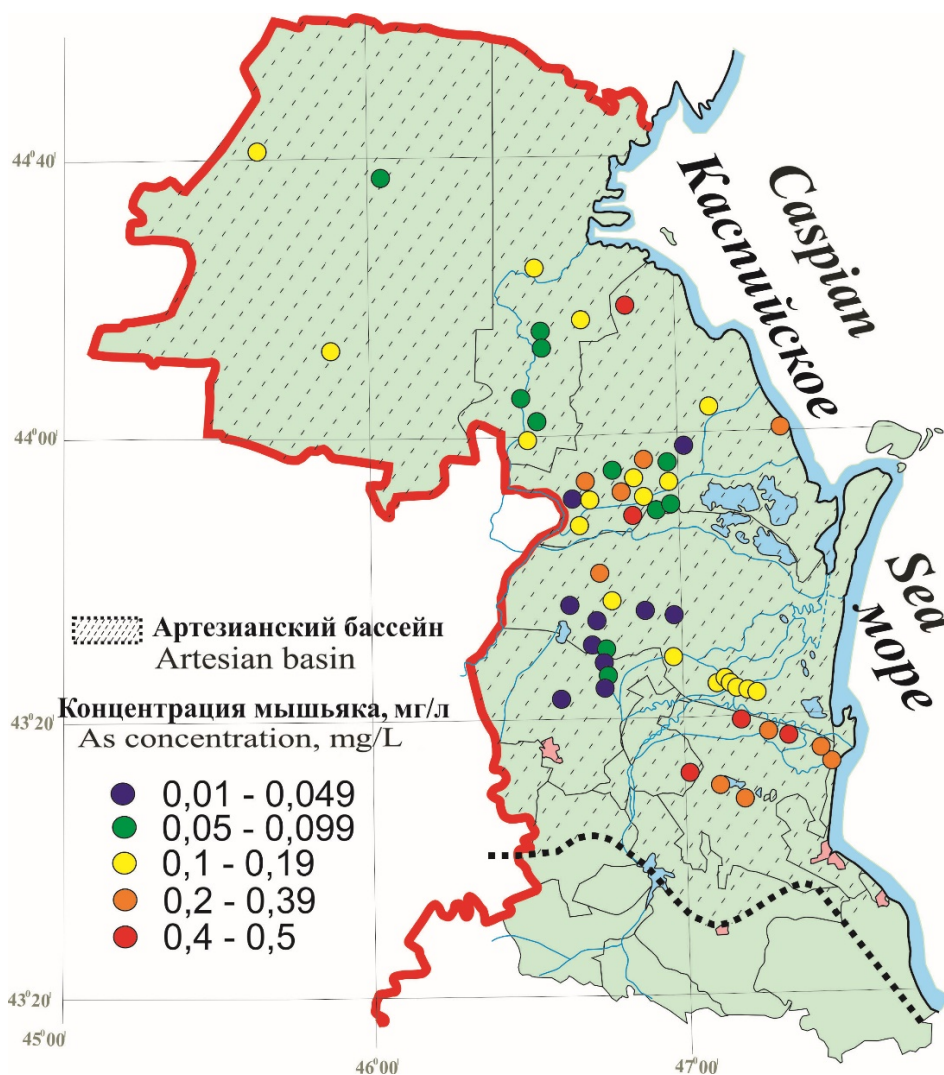


Рисунок 4. Пространственное распространение мышьяка на территории Северного Дагестана

Figure 4. Arsenic distribution in the Northern Dagestan area

Таблица 1. Содержание мышьяка в питьевой воде из подземных источников водоснабжения и численность экспонированного населения**Table 1.** Arsenic contamination in groundwater used for drinking and the exposed population

№	Содержание мышьяка в питьевой воде, мг/л (ГН 0,01мг/л) Arsenic contamination in drinking water, mg/L (Hygienic standard 0,01 mg/L)	Частота распределения концентраций мышьяка, % Frequency of arsenic occurrence in water samples, %	Численность экспонированного населения, тыс. чел. Exposed population, thousand people	Доля от общей численности населения исследованных районов Северного Дагестана (309,7 тыс. чел.), % Percentage of total exposed population (309.7 thousand people) in North Dagestan
1	0,01–0,04	15,8	167134	53,9
2	0,05–0,09	24,7	16985	5,5
3	0,1–0,19	36,8	108147	34,9
4	0,2–0,3	17,9	9023	2,9
5	0,4–0,5	4,8	8444	2,8
	0,01–0,5	100	309733	100

Таблица 2. Индивидуальные канцерогенные риски**Table 2.** Individual cancer risks

№	Концентрация As (C), мг/л As concentration (C), mg/L			Индивидуальные канцерогенные риски, ICR Individual cancer risks, ICR		
	C min	C max	C сред. C, medium	ICR min	ICR max	ICR, среднее значение ICR, medium
1	0,01	0,04	0,025	4,29E-04	1,71E-03	1,07E-03
2	0,05	0,09	0,07	2,14E-03	3,86E-03	3,00E-03
3	0,1	0,19	0,14	4,29E-03	8,14E-03	6,00E-03
4	0,2	0,3	0,25	8,57E-03	1,29E-02	1,07E-02
5	0,4	0,5	0,4	1,71E-02	2,14E-02	1,71E-02

Примечание: ICR min – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при указанной минимальной концентрации мышьяка в питьевой воде; ICR max – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при указанной максимальной концентрации мышьяка в питьевой воде; ICR сред. – индивидуальный дополнительный канцерогенный риск при среднем значении содержания мышьяка в питьевой воде

Note: ICR min – individual cancer risk (As content – 0.01 mg/L); ICR max – individual cancer risk (As content – 0.5 mg/L); ICR medium – individual cancer risk (As content – 0.09 mg/L)

При содержании мышьяка в питьевой воде до 0,2 мг/л, что в 20 раз превышает допустимый гигиенический норматив, индивидуальный канцерогенный риск находится на уровне 10^{-3} , свыше 0,2 мг/л – на уровне 10^{-2} . Согласно классификации уровней рисков, величины индивидуальных рисков находятся на уровне, недопустимом для населения.

Кроме того, учитывая численность проживающего на исследуемой территории населения, были рассчитаны популяционные канцерогенные риски для выделенных субпопуляций в виде ожидаемого числа дополнительных случаев онкологических заболеваний в год. Полученные результаты расчёта популяционных канцерогенных рисков позволяют выявить субпопуляции с высоким и низким уровнями рисков. Для субпопуляции численностью 108 тысяч человек, проживающей на территории с содержанием мышьяка в питьевой воде в 10–19 раз выше допустимого уровня, характерен наибольший популяционный канцерогенный риск, который составляет от 7 до 13 дополнительных случаев рака в год в данной популяции. Низкие показатели популяционных канцерогенных рисков (примерно 1 случай рака в год) характерны для субпопуляции, численностью около 17 тыс. человек и потребляющей воду с содержанием мышьяка выше допустимого уровня в 5–9 раз.

Следует также отметить, что при сохраняющихся условиях экспозиции (содержание мышьяка в питьевой

воде 0,01–0,5 мг/л) популяционные канцерогенные риски для населения численностью 309,7 тыс. человек при наиболее низких и высоких концентрациях составят от 2 до 95 дополнительных случаев рака в год. Общий популяционный канцерогенный риск для населения исследуемых районов при средней концентрации мышьяка (0,19 мг/л) в питьевой воде составит 36 дополнительных случаев заболеваний в год. Фактически численность населения Северного Дагестана, потребляющего питьевую воду с высоким содержанием мышьяка, значительно выше, и при экстраполяции данных на всё население популяционные риски также будут на порядок выше.

Таким образом, расчет канцерогенных рисков показал, что исследованные питьевые воды в гидрогеохимической провинции на территории Северного Дагестана, при условии их постоянного длительного использования формируют высокие уровни канцерогенного риска [26; 27] для здоровья населения.

Проведенные исследования питьевых подземных вод позволили разработать ряд практических рекомендаций о проведении следующих мероприятий:

1) организационных и санитарно-технических:

- мониторинг качества питьевых вод;
- проведение углубленных эпидемиологических исследований в районах гидрогеохимической аномалии;

- инвентаризация существующих артезианских скважин и организация их зон санитарной охраны;
- обеспечение кранового режима эксплуатации самоизливающихся артезианских скважин;
- разработка технологий очистки питьевых вод от токсичных компонентов, оптимальных для региональных особенностей территории, эффективных, экономически выгодных и удобных в эксплуатации для больших групп населения;

2) медико-биологических:

- повышение квалификации медицинских работников по клинике и ранней диагностике заболеваний, вызванных избытком и дефицитом, поступающих с питьевой водой компонентов;
- оказание консультативной помощи населению;
- проведение профилактических медосмотров населения (в первую очередь, групп повышенного риска) с применением лабораторного обследования и метода биомониторинга для подтверждения заболеваний, вызванных воздействием токсичных компонентов;
- изучение и применение медицинских препаратов с использованием хелатирующей и/или антиоксидантной терапии, повышающих адаптационные возможности организма.

3) по работе с населением через информирование о возможных рисках для здоровья:

- распространение информации среди экспонируемого населения об источниках поступления токсичных компонентов и возможных последствиях его воздействия;
- организация мероприятий по пропаганде здорового образа жизни, усилению мотивации населения к сохранению собственного здоровья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным результатам, можно сделать следующие выводы:

- подземные воды горных районов Республики Дагестан в основном соответствуют гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды. В некоторых населенных пунктах выявлены повышенные значения жесткости (до 14). В 90% образцах питьевой воды выявлен дефицит йодидов. Использование населением подземных вод для питьевых целей в горных районах возможно с предварительным проведением соответствующих мероприятий по смягчению воды и профилактических мероприятий среди населения, связанных с восполнением дефицита йода.
- подземные воды равнинных районов не соответствуют гигиеническим требованиям по содержанию мышьяка, кадмия и фенолов. Канцерогенные риски для населения, вызванные длительным потреблением этих вод в питьевых целях, находятся на уровне, недопустимом для населения, следовательно, необходимо проведение целевых мероприятий по очистке от мышьяка и других загрязняющих компонентов, либо поиска альтернативных источников водоснабжения.

Полученные в ходе данного исследования результаты и разработанные рекомендации подтверждают актуальность проблемы изучения качества питьевых подземных вод на территории республики и свидетельствуют о перспективности более детальных

исследований оценки воздействия некоторых токсичных компонентов на здоровье населения [28; 29].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schreiber M.E. Chapter 20 – Arsenic in groundwater in the United States: research highlights since 2000, current concerns and next steps // Global Groundwater. 2021. P. 275–299. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00020-7>
2. Arshad I., Umar R. Chapter 19 – Urban Groundwater Pollution: Causes, impacts and mitigation // Current Directions in Water Scarcity Research. 2022. V. 5. P. 379–397. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85378-1.00019-2>
3. Mukherjee A., Scanlon Bridget R., Aureli A. Et al. Global Groundwater, Elsevier. 2021. P. v-xvii, p. 627, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00048-7>
4. Димакова Н.А., Шарапов Р.В. Проблема загрязнения подземных вод // Современные наукоемкие технологии. 2013. N 2. С. 79–82.
5. Григорюк Е.Н. Влияние сточных вод химической промышленности на водные ресурсы округа Муром Владимирской области // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012. N 2. С. 20–22.
6. Ошкин М.И., Полозова И.А., Голубева Ю.С., Желтобрюхов В.Ф. Геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические исследования на участке расчистки русла реки Медведицы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2011. N 2. С. 22–25.
7. Шарапов Р.В. Глобальные экологические катастрофы: миф или реальность? // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2011. N 1. С. 14–16.
8. Шойгу С.К. и др. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. М.: Издательство «Феория», 2011 г. Карта воды России. URL: <http://watermap.zdorovieinfo.ru/karta-zagraznenii-pdk?zoom=4&page=1&CenterX=47.726749&CenterY=58.759918#20>. (дата обращения: 14.01. 2023)
9. Качество подземных вод России и их загрязнение. URL: <http://www.protown.ru/information/hide/2832.html> (дата обращения: 14.01. 2023)
10. Информационный бюллетень «О состоянии недр на территории Российской Федерации в 2021 г.». М.: 2022. Вып.45. 415с. URL: <https://geomonitoring.ru/download/IB/2021.pdf> (дата обращения: 10.02. 2023)
11. Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Курбанисмаилова А.С., Гусейнова А.Ш. Прогнозно-эксплуатационные ресурсы подземных вод в Предгорном Дагестане // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. N 2(91). С. 94–101.
12. Эколого-геохимические особенности подземных вод Северо-Восточного Кавказа (Дагестан). Природные и антропогенные факторы загрязнения: отчет о НИР (итоговый) /ин-т геологии ДФИЦ РАН; рук. Газалиев И.М.; исполн.: Абдулмуталимова Т.О. [и др.]. Махачкала, 2022. 138 с.
13. Алхасов А.Б., Алхасова Д.А., Алишаев М.Г., Рамазанов А.Ш., Рамазанов М.М. Освоение геотермальной энергии. Под ред. Академика РАН В.Е. Фортова. М.: Физматлит, 2022. 318 с.
14. Алхасов А. Б., Алхасова Д. А. Комплексное использование низкопотенциальных термальных вод юга России для тепло-, водоснабжения и решения экологических проблем // Теплоэнергетика. 2019. N 5. С. 82–88.
15. Газалиев И.М., Самедов Ш.Г. Качественные показатели подземных вод горного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2021. N 3(86). С. 33–49. DOI: 10.33580/2541-9684-2021-86-3-33-49
16. Магдиев А.М., Абдуллаев М.Ш., Гафуров М.М., Амиров А.М., Кубатаев З.Ю. Химический анализ питьевых вод Дагестана (горные районы). Махачкала: АЛЕФ, 2019. 154 с.

17. Абдуллаев М.Ш., Магдиев А.М., Гафуров М.М., Кубатаев З.Ю., Ахмедов А.М. Физико-химический анализ питьевых вод в некоторых горных районах Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. N 1. С. 5–9.
18. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения. Санитарные правила. СП 2.1.5.1059-01. М.: МЗ РФ. 2001. 14 с.
19. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.4.1274-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества (пер. N 3011). М.: Госкомсанэпиднадзор России. 2001. 62 с.
20. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (пер. N 62296). М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2021. 1025 с.
21. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный Центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004. 143 с.
22. Toxicological profile for arsenic. U.S. department of health and human services public health service agency for toxic substances and disease registry. Atlanta, Georgia. 2007. 559 p.
23. Абдулмуталимова Т.О., Рамазанов О.М., Кунжуева К.Г. Результаты мониторинга качества питьевых подземных вод в Республике Дагестан // В сборнике: Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы VI Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и XII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпиляйна. Махачкала, 2020. С. 489–493.
24. Абдулмуталимова Т.О., Курбанова Л.М., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С. Особенности питьевого водоснабжения в аридной зоне Республики Дагестан // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. N 1 (70). С. 93–97.
25. Курбанова Л.М., Самедов Ш.Г., Газалиев И.М., Абдулмуталимова Т.О. Мышьяк в подземных водах Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Геохимия. 2013. N 3. С. 262. DOI: 10.7868/S0016752513030047
26. Абдулмуталимова Т.О. Оценка канцерогенного риска здоровью населения при использовании подземных вод с высоким содержанием мышьяка в качестве источников питьевого водоснабжения на примере Республики Дагестан // Токсикологический вестник. 2019. N 6 (159). С. 39–44.
27. Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А., Газалиев И.М. Мышьяк в питьевых артезианских водах Северного Дагестана и риски здоровью населения // Разведка и охрана недр. 2018. N 1. С. 37–40.
28. Рамазанов А.Ш., Каспарова М.А., Сараева И.В., Алхасов А.Б., Рамазанов О.М., Ахмедов М.И. Решение экологических проблем при комплексном использовании геотермальных минерализованных вод Северного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. N 4. С. 129–138. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2016-4-129-138>
29. Алхасов А.Б., Бадавов Г.Б., Белан С.И., Нинаналов С.А. Использование возобновляемых источников энергии в Республике Дагестан // Региональные проблемы преобразования экономики. 2015. N 9 (59). С. 36–42.
30. Arshad I., Umar R. Urban Groundwater Pollution: Causes, impacts and mitigation. *Current Directions in Water Scarcity Research*, 2022, vol. 5, pp. 379–397. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85378-1.00019-2>
31. Mukherjee A., Scanlon Bridget R., Aureli A. *Global Groundwater: source, scarcity, sustainability, security, and solutions*. 2020, P. v-xvii, 676 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00048-7>
32. Dimakova N.A., Sharapov R.V. The problems of groundwaters pollution. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern sciences technology]. 2013, no. 2, pp. 79–82. (In Russian)
33. Grigoryuk E.N. The impact of wastewater of chemical industry on water resources of Murom district of Vladimir region. *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Engineering and life safety]. 2012, no. 2, pp. 20–22. (In Russian)
34. Oshkin M.I., Polozova I.A., Golubeva Ju.S., Zheltobryuhov V.F. Geological, hydrogeological and geoengineering researches on the riverbed area Medvedicy. *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Engineering and life safety]. 2011, no. 2, pp. 22–25. (In Russian)
35. Sharapov R.V. Global ecological disasters: mif or reality? *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Engineering and life safety]. 2011, no. 1, pp. 14–16. (In Russian)
36. Shojgu S.K. et al. *Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostei i riskov chrezvychaynykh situatsii v Rossiiskoi Federatsii* [The map of nature and technogenic disasters and risks of emergencies in Russian Federation]. Available at: <http://watermap.zdorovieinfo.ru/karta-zagraznenii-pdk?zoom=4&page=1&CenterX=47.726749&CenterY=58.759918#20> (accessed 14.01.2023)
37. *Kachestvo podzemnykh vod Rossii i ikh zagryaznenie* [The quality of groundwater in Russia and its pollution]. Available at: <http://www.protown.ru/information/hide/2832.html> (accessed 14.01.2023)
38. *Informatsionnyi byulleten' «O sostoyanii nedr na territorii Rossiiskoi Federatsii v 2021 g.»* [Bulletin of information «About subsoil situation in Russian Federation in 2021»]. 2022, iss. 45, 415 p. Available at: <https://geomonitoring.ru/download/IB/2021.pdf> (accessed 10.02.2023)
39. Kondakov V.M., Gazaliev I.M., Kurbanova L.M., Kurbanismailova A.S., Guseynova A.Sh. Prognosis and using resources of groundwater in foothill area of Daghestan. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2022, vol. 28, no. 2(91), pp. 94–101. (In Russian)
40. Gazaliev I.M. *Ekologo-geokhimicheskie osobennosti podzemnykh vod Severo-Vostochnogo Kavkaza (Dagestan). Prirodnye i antropogennye faktory zagryazneniya: otchet o NIR (itogovyi)* [Ecological and geochemical particularities of groundwater in North-East Caucasus (Daghestan). Nature and technogenic factors of pollution: final report]. Makhachkala, 2022, 138 p. (In Russian)
41. Alkhasov A.B., Alkhasova D.A., Alishaev M.G., Ramazanov A.Sh., Ramazanov M.M. *Razvitie geotermal'noy energii* [The geothermal energy development]. 2022, 318 p. (In Russian)
42. Alkhasov A.B., Alkhasova D.A. Comprehensive using of low-potential thermal water in South of Russia for ecological problems solving. *Teploenergetika* [Heat engineering]. 2019, no. 5, pp. 82–88. (In Russian)
43. Gazaliev I.M., Samedov Sh.G. The quality indicators of groundwater of Mountain Daghestan. *Proceedings of the Institute of geology of Daghestan state scientific center of Russian Academy of Sciences*, 2021, no. 3(86), pp. 33–49. (In Russian) DOI: 10.33580/2541-9684-2021-86-3-33-49
44. Magdiev A.M., Abdullaev M.Sh., Gafurov M.M., Amirov A.M., Kubataev Z.Ju. *Khimicheskii analiz pit'evykh vod Dagestana (gornye raiony)* [Chemical analyze of drinking water in Daghestan (mountain districts)]. Makhachkala, ALEF Publ., 2019, 154 p. (In Russian)
45. Abdullaev M.Sh., Magdiev A.M., Gafurov M.M., Kubataev Z.Yu., Akhmedov A.M. Physical and chemical analyses of drinking

REFERENCES

1. Schreiber M.E. Arsenic in groundwater in the United States: research highlights since 2000, current concerns and next steps. *Global Groundwater*, 2021, pp. 275–299. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818172-0.00020-7>

water in some mountain districts in Daghestan. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [News of Daghestan state pedagogical university. Nature and exact sciences]. 2018, vol. 12, no. 1, pp. 5–9. (In Russian)

18. *Gigienicheskie trebovaniya k okhrane podzemnykh vod ot zagryazneniya. Sanitarnye pravila SP 2.1.5.1059-01* [Hygienic requirements for the protection of groundwater from pollution. Sanitary rules. SP 2.1.5.1059-01]. Moscow, Ministry of health of Russian Federation Publ., 2001, 14 p. (In Russian)

19. *Sanitarnye pravila i normy. SanPiN 2.1.4.1274-01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva*. [SanPiN 2.1.4.1274-01. Sanitary rules and standards. Drinking water. Hygienic requirements to drinking water supply quality. Quality control]. Moscow, State Committee of Sanitary and Epidemiological Supervision Publ., 2001, 62 p. (In Russian)

20. *Sanitarnye pravila i normy SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya"*. [SanPiN 1.2.3685-21. Sanitary rules and standards. Hygienic standards and requirements to human safety from environmental factors]. Moscow, State Committee of Sanitary and Epidemiological Supervision Publ., 2021, 1025 p. (In Russian)

21. *Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu. P 2.1.10.1920-04* [Human health risk assessment from environmental chemicals. P 2.1.10.1920-04]. Moscow, Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2004, 143 p. (In Russian)

22. Toxicological profile for arsenic. U.S. department of health and human services public health service agency for toxic substances and disease registry. Atlanta, Georgia, 2007, 559 p.

23. Abdulmutalimova T.O., Ramazanov O.M., Kunzhueva K.G. Rezul'taty monitoringa kachestva pit'evykh podzemnykh vod v

Respublike Dagestan [The results of drinking groundwaters quality monitoring]. *Materialy VI Mezhdunarodnoi konferentsii «Vozobnovlyаемая энергетика: проблемы и перспективы» i XII shkoly molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемых energoresursov» imeni E.E. Shpil'rainy. Makhachkala, 2020* [Materials of VI International conference «Renewable energy: problems and perspectives». Mahachkala, 2020]. Mahachkala, 2020, pp. 489–493. (In Russian)

24. Abdulmutalimova T.O., Kurbanova L.M., Gusejnova A.Sh., Kurbanismailova A.S. Features of drinking water supply in arid zone of Daghestan. Aridnye ekosistemy [Arid ecosystems]. 2017, vol. 23, no. 1 (70), pp. 93–97. (In Russian)

25. Kurbanova L.M., Samedov Sh.G., Gazaliev I.M., Abdulmutalimova T.O. Arsenic I groundwater of North Daghestan artesian basin. *Geochemistry*, 2013, no. 3, pp. 262. (In Russian) DOI: 10.7868/S0016752513030047

26. Abdulmutalimova T.O. Cancer risks assessment of using for drinking groundwater with high arsenic content in Daghestan. Toksikologicheskii vestnik [Toxicological bulletin]. 2019, no. 6 (159), pp. 39–44. (In Russian)

27. Abdulmutalimova T.O., Revich B.A., Gazaliev I.M. Arsenic in artesian water used for drinking by population in North Daghestan and human health risks. Razvedka i okhrana nedr [Exploration and subsoil guard]. 2018, no. 1, pp. 37–40. (In Russian)

28. Ramazanov A.Sh., Kasparova M.A., Saraeva I.V., Alhasov A.B., Ramazanov O.M., Ahmedov M.I. Ecological problems solving with complex using of geothermal mineralized water of North Daghestan. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 4, pp. 129–138. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2016-4-129-138>

29. Alhasov A.B., Badavov G.B., Belan S.I., Ninalalov S.A. Renewable energy sources using in Dagestan republic. Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki [Regional problems of economy improvement]. 2015, no. 9 (59), pp. 36–42. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Омари М. Рамазанов, Иса М. Газалиев разрабатывали план статьи, маршрут полевых исследований, проводили отбор образцов питьевой воды. Алибек Б. Алхасов проанализировал полученные данные и разработал рекомендации; Тамила О. Абдулмуталимова рассчитала канцерогенные риски, разработала анкету для опроса населения с последующим проведением анкетирования и написала рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Omari M. Ramazanov and Isa M. Gazaliev developed the plan, road map of the study and collected water samples. Alibek B. Alhasov analysed data and gave final recommendations. Tamila O. Abdulmutalimova calculated cancer risks, developed the population exposure questionnaire, conducted interviews and wrote the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Тамила О. Абдулмуталимова / Tamila O. Abdulmutalimova <https://orcid.org/0000-0003-4743-6154>

Омари М. Рамазанов / Omari M. Ramazanov <https://orcid.org/0009-0008-6228-7795>

Алибек Б. Алхасов / Alibek B. Alhasov <https://orcid.org/0000-0001-5493-689X>

Иса М. Газалиев / Isa M. Gazaliev <https://orcid.org/0009-0006-6590-634X>