Гидрогеология, геоэкология, инженерная геология, геоморфология, карстоведение

Hydrogeology, geoecology, engineering geology, geomorphology, karstology

Научная статья
УДК 556.3:628.1+553.7 (470.57)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ КУСЕЛЯРОВСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Р.Ф. Абдрахманов[1], А.О. Полева[1], Е.Р. Абдрахманова[2], В.Н. Дурнаева[1]

1 — Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия, hydro@ufaras.ru

2 — ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия, elenara@inbox.ru

Рассматриваются Куселяровские минеральные источники, относящиеся к Янгантауской группе минеральных вод. Это самоизливающиеся скважины глубиной 33–85.5 м с дебитом 4–10 л/с. Кроме рассматриваемых источников имеется пластовый выход субтермальных (8.5–18 °С) малодебитных (0.1–2.0 л/с) родников. Воды имеют глубинное происхождение, их состав гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниево-натриево-кальциевый безкислородный (O_2 <1 мг/дм^3) с минерализацией 1 г/дм^3, pH 6.9–7.5, повышенное содержание сероводорода — до 9.0 мг/дм^3, фтора — до 0.92 мг/дм^3, радона — до 2.4 нКи/дм^3. В районе источников имеются значительные ресурсы лечебных грязей, позволяющих применять их для наружных бальнеологических процедур. Веществ, обладающих токсическим действием для человека, в составе вод не выявлено. Куселяровские минеральные источники по составу являются близким аналогом минеральной воды «Ессентуки №1» Кавказских минеральных вод.

В последние годы происходит ухудшение бальнеологических факторов санатория Янгантау, расположенном в непосредственной близости к Куселяровским источникам, снижается температура газов горы Янгантау, изменяются геохимические условия. Куселяровские источники вместе со слаборадоновыми водами, лечебными грязями и сероводородными водами представляют важный комплекс лечебных факторов для санатория Янган-Тау, и могут помочь сохранению лечебных факторов и увеличению бальнеологических ресурсов курорта. Использование Куселяровских источников с повышенным содержанием фтора будет способствовать профилактике заболеваний кариесом, особенно у детей.

Ключевые слова: минеральные источники, лечебные грязи, сероводород, фтор, радон, Южное Предуралье

Благодарности: Работы выполнены по теме FMRS 2025–0016 ИГ УФИЦ РАН.

Для цитирования: *Абдрахманов Р.Ф., Полева А.О., Абдрахманова Е.Р., Дурнаева В.Н.* Геохимические особенности и формирование Куселяровских минеральных вод Южного Предуралья // Геологический вестник. 2025. №2. С. 123–131. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-2-8

For citation: Abdrakhmanov R.F., Poleva A.O., Abdrakhmanova E.R., Durnaeva V.N. (2025) Geochemical features and formation of Kuselyarovskie mineral springs of the Southern Cis-Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2025. No. 2. P. 123–131. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-2-8

Original article
UDC 556.3:628.1+553.7 (470.57)

GEOCHEMICAL FEATURES AND FORMATION OF KUSELYAROVSKIE MINERAL SPRINGS OF THE SOUTHERN CIS-URALS

1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, hydro@ufaras.ru

2 — Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia, elenara@inbox.ru

The Kuselyarovskiye mineral springs, which belong to the Yangantau group of mineral waters, are considered. These are self-flowing borehalls with a depth of 33–85.5 m and a flow rate of 4–10 l/s. In addition to the considered springs, there is a formation outlet of subthermal (8.5–18 °C) low-flow (0.1–2.0 l/s) springs. The waters are of deep origin, their composition is hydrocarbonate-sulphate-chloride magnesium-sodium-calcium, oxygen-free (O_2 <1 mg/dm^3) with mineralization of 1 g/dm^3, pH 6.9–7.5, increased content of hydrogen sulphide — up to 9.0 mg/dm^3, fluorine — up to 0.92 mg/dm^3, radon — up to 2.4 nCi/dm^3. In the area of the springs there are significant resources of therapeutic mud, allowing their use for external balneological procedures. Substances with a toxic effect on humans in the waters were not found. Kuselyarovskiye mineral springs are a close analogue of the mineral water "Essentuki no. 1" of the Caucasian mineral waters. In recent years, there has been a deterioration in the balneological factors of the Yangantau sanatorium, located in close proximity to the Kuselyarovskiye springs, the temperature of the gases of Yangantau Mount is decreasing, the geochemical conditions are changing. Kuselyarovskiye springs together with low-radon waters, therapeutic mud and hydrogen sulphide waters can represent an important complex of therapeutic factors for the Yangantau sanatorium and can help preserve the therapeutic factors and increase the balneological resources of the resort. The use of Kuselyarovskie springs with increased fluoride content can help prevent caries, especially in children.

Keywords: mineral springs, therapeutic mud, hydrogen sulfide, fluorine, radon, Southern Urals

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state order program IG UFITS RAS № FMRS-2025–0016.

Введение

Куселяровские источники относятся к Янгантауской группе минеральных вод. Расположены источники в районе с. Куселярово Салаватского района Республики Башкортостан на левобережной первой надпойменной террасе р. Юрюзань, примыкающей к горе Куткантау на абсолютных отметках 235–236 м (в межень урез воды р. Юрюзань 233 м). В тектоническом отношении они приурочены к зоне сочленения Каратауского надвига с Юрюзано-Сылвенской депрессией. Гора Куткантау представляет собой пологую антиклинальную складку северо-восточного направления, сложенную трещиноватыми тонко- и среднеслоистыми известняками, битуминозными мергелями глинистыми сланцами янгантауской свиты артинского яруса [Вахрушев, 1961; Пучков, Абдрахманов, 2003]. Все породы разбиты системой трещин двух направлений (СЗ 310–325° и СВ 50–60°), почти вертикальных (80–85°) к плоскости напластования. Частота трещин 0.02–0.7 м, обычно 0.2–0.3 м, раскрытость от 0.2 до 3–4 см.

Материалы и методы исследований

Мониторинговые исследования за источниками проводятся с 1980 г. В 2024 г. по просьбе Центра стратегических разработок Республики Башкортостан (ЦСР РБ) выполнены дополнительные гидрохимические исследования. Отбор проб воды произведен В. Н. Дурнаевой (ИГ УФИЦ РАН) и Т. Красильниковым (ЦСР РБ), аналитические работы финансировались ЦСР РБ. Анализ воды производился в испытательном лабораторном центре ФГУБЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», г. Уфа. Непосредственно на водоисточниках изучались H_2S и O_2 (колориметрированием). В стационарных условиях исследовался общий химический анализ (17 проб) и микрокомпонентный состав вод (15 элементов). Использовались анализатор ртути Юлия-5К (Hg), системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» и «Капель-205» (Ba, Sr, F^-), анализатор жидкости люминисцентно-фотометрический «Флюорат-02-4М» (B), спектрофо-

тометры «Spectr AA-240FS», «Spectr AA-280Z» и «ПЭ-5400ВИ» (Cd, Sb, Cr, Mn, Cu, As, Ni, Pb, Se). Определение концентрации гелия выполнено на магниторазрядном индикаторе «ИНГЕМ».

К минеральным питьевым водам, согласно ГОСТ Р 54316–2020 «Воды минеральные природные питьевые», относятся воды с минерализацией более 1 г/дм^3 или, при меньшей минерализации, содержащие биологически активные микрокомпоненты, массовая концентрация которых не ниже бальнеологических норм, принятых для питьевых минеральных вод [Иванов, Невраев, 1964].

Формирование Куселяровских минеральных источников

По данным В. М Головкова (1959 г.), источники представляют собой самоизливающиеся скважины разведочного бурения. Глубины скважин колеблются от 33 до 85.5 м. Источники восходящего типа в виде мощных грифонов из воронок диаметром от 2 до 22 м (рис. 1, 2). Дебит скважин изменяется от 4 до 10 л/с, суммарный дебит их составляет 30–32 л/с. Водоносными являются известняки и мергели с прослоями битуминозных сланцев артинского яруса нижней перми. Источники формируются в результате разгрузки напорных вод Юрюзано-Айского артезианского бассейна на стыке с Каратауским надвигом. На левом берегу р. Юрюзань, в 25 м от русла в основании горы Куткантау, кроме рассматриваемых источников представлен пластовый выход субтермальных (8.5–18 °С) малодебитных (0.1–2.0 л/с) родников (см. рис. 1). Превышение выходов над меженным уровнем р. Юрюзань составляет 0.8 м. Один из серии этих источников (источник «Кислый»), разгружающийся на левом берегу р. Юрюзань ниже описываемых выходов, характеризуется самой высотой температурой в Южном Предуралье (20–21 °С). Он представляет мощный грифон из воронки диаметром 4.5 м, глубиной более 1 м в аллювиальных отложениях. Дебит 10–12 л/с. Вокруг источника на площади 30 × 40 м отмечается скопление минеральных грязей черного цвета с запахом сероводорода мощностью более 1 м. Из воды интенсивно выделяются пузырьки газа, состоящего на 98.8% из азота [Абдрахманов, 2018]. Аналогичное грязепроявление на площади размером 40 × 50 м и глубиной около 1.5 м наблюдается и вокруг скважины 15 (рис. 3).

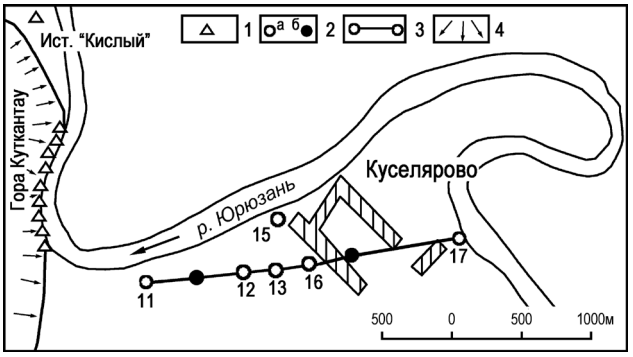

Рис. 1. Расположение Куселяровских источников [Абдрахманов, 2018]

Условные обозначения: 1 — естественный выход (родник); 2 — скважина: а — самоизливающаяся, б — ликвидированная; 3 — линия гидрогеологического разреза; 4 — крутой склон горы Куткантау.

Fig. 1. Location of Kuselyarovskie springs [Abdrakhmanov, 2018]

Legends: 1 — natural outlet (spring); 2 — borehole: a — self-flowing, б — liquidated; 3 — line of hydrogeological section; 4 — steep slope of Kutkantau Mount.

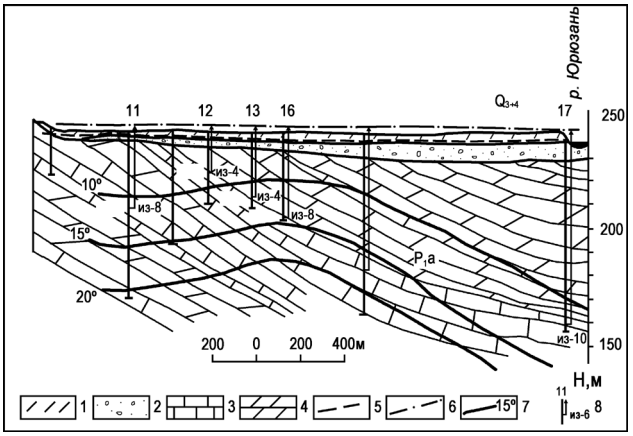

Рис. 2 Гидрогеологический разрез долины р. Юрюзань района Куселяровских источников, по В. М. Головкову

Условные обозначения: 1 — суглинки; 2 — песчано-гравийно-галечниковые отложения; 3 — известняки; 4 — мергели; 5 — уровень грунтовых вод; 6 — уровень напорных вод (стрелка соответствует напору); 7 — изотермы, °С; 8 — скважина (см. по рис. 1): вверху — номер источника; справа — дебит воды при самоизливе, л/с.

Fig. 2. Hydrogeological section of the Yuryuzan River valley in the Kuselyarovskie springs area according to V. M. Golovkov

Legends: 1 — loam; 2 — sand-gravel-pebble deposits; 3 — limestones; 4 — marls; 5 — level of groundwater; 6 — level of pressure water (the arrow corresponds to the head); 7 — isotherms, °C; 8 — borehole (according to Fig. 1): at the top — source number; on the right — water discharge at self-depletion (l/s).

Химический состав воды Куселяровских источников

Формирование состава воды источников происходит в результате смешения сульфатно-хлоридных натриевых (кальциево-натриевых) сульфидных соленых вод с минерализацией 5–36 г/дм^3, разгружающихся из нижнепермских отложений с глубин 400–450 м в южной части Юрюзано-Айской депрессии и пресных гидрокарбонатных кальциевых вод (0.2–0.4 г/дм^3) аллювиальных отложений долины р. Юрюзань.

Химизм источников характеризуется стабильным за все годы (1980–2024 гг.) наблюдений — гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридным магниево-натриево-кальциевым безкислородным (O_2 <1 мг/дм^3) составом типа, по [Алекин, 1970; Посохов, 1975], IIIа ($CSCl^{MgNaCa}_{IIIa}$) с минерализацией 1 г/дм^3, pH 6.9–7.5, содержание H_2S — 8.0–9.0 мг/дм^3, F — 0.68–0.92 мг/дм^3 (табл. 1). В целом в южной части Юрюзано-Айского прогиба $CSCl^{MgNaCa}$ воды являются азональными и тяготеют к зонам дизъюнктивных нарушений [Абдрахманов, 2014]. Как видно из рис. 2, изотермы имеют куполовидный характер с увеличением температуры вглубь 0.5–1.0 °С на 1 м.

О глубинном характере формирования Куселяровских минеральных источников свидетельствуют следующие факты (табл. 1):

— химический состав вод, характеризующийся гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридным магниево-натриево-кальциевым безкислородным составом типа IIIа;

— повышенный термический режим вод в зоне активного водообмена (до 20 °С и более) нехарактерный для зоны активного водообмена;

— повышенное содержание в воде сероводорода до 9 мг/дм^3;

— повышенная радиоактивность — содержание радона в воде до 2.4 нКи/дм^3;

— высокое содержание гелия в воде от 284 до 432 × 10^{-5} мл/дм^3, характерное для зон затрудненного и верхней части застойного гидрохимического режима (более 400 м), превышает на 2–3 порядка концентрации гелия в пресных гидрокарбонатных водах в зонах активного водообмена (5 × 10^{-5} мл/дм^3). Гелиевые исследования являются актуальным методом в гидрогеологии. Вследствие глубинного, главным образом радиогенного происхождения, высоких миграционных способностей и градиентов в гидролитосфере гелий — универсальный геохимический индикатор, использование

Рис. 3. Грязепроявление на северо-западной окраине с. Куселярово (фото А. О. Полевой)

Fig. 3. Mud manifestation on the northwestern outskirts of the village of Kuselyarovo (Photo by A. O. Poleva)

которого позволяет решить флюидный режим литосферы, выявить факторы формирования и генезиса подземных вод [Абдрахманов, Попов, 2015].

Фтор в Куселяровских минеральных источниках

Как видно из таблицы 1 Куселяровские источники характеризуются довольно высоким содержанием фтора (0.68–0.92 мг/дм^3). Согласно СанПиН 1.2.3685–21, нормативные показатели и предельно допустимые концентрации (ПДК) фторид-иона в питьевых водах составляют 0.7–1.5 (для территории РБ — 0.7–1.2) мг/дм^3. Фтор, как известно, является одним из биологически активных микроэлементов, играющих исключительно важное значение в процессах жизнедеятельности, поступающий в организм человека главным образом с питьевой водой.

При дефиците фтора в источнике водоснабжения усугубляется течение различных заболеваний, в первую очередь наблюдается снижение минеральной плотности костей и наличие кариеса зубов. Выполненными нами исследованиями [Попов, Абдрахманов, 1979; Абдрахманов, 2014] установлено, что территория Южного Урала и Предуралья (Республика Башкортостан) относится к остро фтородефицитным регионам. Содержание фтора в горных районах республики составляет всего 0.06–0.1 мг/дм^3. Концентрация фтора в маломинерализованных (0.3–0.4 г/дм^3) гидрокарбонатных кальциевых водах Кумертауского водозабора (Ировский и Ялчинский участки) колеблется от 0.05 до 0.2 мг/дм^3 (в среднем 0.1 мг/дм^3), а в р. Белой — 0.16–0.2 мг/дм^3. Примерно такое же содержание фтора (менее 0.15 мг/дм^3) установлено и в воде хозяйственно-питьевого водозабора для г. Салавата. Участок Максимовского водозабора г. Уфы также не является благоприятным в отношении фторносности, в водах отвечающих требованиям СанПин 2.1.4.1074–01 по общему солевому составу, величи-

Таблица 1. Химический состав Куселяровских минеральных источников
Table 1. Chemical composition of Kuselyarovskie mineral springs

№ п/п	Место отбора	Дата отбора	t, °C	M, г/дм^3	pH	Ингредиенты, мг/дм^3, ммоль/дм^3,%							H_2S, мг/дм^3	F, мг/дм^3	He×10^{-5}, мл/дм^3
						HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+			
1	Скв. 11	4.04.1980	13	1.0	6.9	241.0 3.95 28.3	230.4 4.8 34.4	185.4 5.22 37.3	114.2 5.7 40.8	42.6 3.5 25.1	109.7 4.77 34.1	—	8.0	—	—
2	Скв. 12	22.04.2024	—	1.0	7.0	287.0 4.7 29.77	252.0 5.25 33.25	207.0 5.84 36.99	100.9 5.03 42.76	40.7 3.35 26.53	84.1 3.66 29.96	3.8 0.10 0.76	—	0.83	—
3	Скв. 12	4.06.1980	9.5	1.0	7.0	268.4 4.4 32.1	240.7 5.02 36.6	152.3 4.29 31.3	110.2 5.5 40.1	45.0 3.7 27.0	108.7 4.51 32.9	—	8.0	—	—
4	Скв. 13	2.06.1979	10.5	1.0	7.5	256.2 4.2 28.0	243.6 5.08 38.9	202.4 5.7 38.1	120.2 6.0 40.1	46.2 3.8 25.4	119.1 5.18 34.5	—	9.0	—	372
5	Скв. 15	1.06.1980	13.6	1.0	7.0	231.8 3.8 25.1	249.8 5.2 35.6	198.6 5.6 38.3	122.2 6.1 41.7	43.6 3.6 24.6	113.2 4.92 33.7	—	—	0.92	284
6	Скв. 16	22.04.2024	—	1.0	7.0	246.0 4.03 24.02	290.0 6.04 36.0	238.0 6.71 39.99	112.0 5.59 39.0	42.2 3.47 23.2	90.1 3.92 37.0	3.9 0.10 1.1	—	0.68	—
7	Скв. 16	4.06.1980	16.1	1.0	7.1	231.8 3.8 26.1	249.8 5.2 35.6	196.6 5.6 38.3	122.2 6.1 41.7	43.8 3.6 24.6	113.2 4.92 39.7	—	—	—	432
8	Скв. 17	5.06.80	17.8	1.0	7.0	258.4 4.4 30.4	231.3 4.82 33.3	156.5 5.29 36.3	112.2 5.6 38.6	48.6 4.0 27.6	112.9 4.91 33.6	—	9.0	—	—

Примечание. « — » — показатели не определялись.
Note. « — » — indicators were not determined.

не минерализации и жесткости, содержание фтора здесь составляет 0.1–0.5 мг/дм^3.

В целом формирование фтора в инфильтрогенных подземных водах связано с процессами выщелачивания фторсодержащих соединений из терригенных (флюорит, апатит, биотит и др.) и галогенных (преимущественно флюорит) пород [Абдрахманов, 2014].

Радон в Куселяровских минеральных водах

Значительную ценность в составе источников представляет радон. Количество радона в источниках составляет до 2.4 нКи/дм^3.

При решении вопроса практического использования радоновых вод необходимо учитывать не только концентрацию радона, но и эксплуатационные ресурсы этих вод. С этой целью введены понятия «радоновая ценность» (M_{Rn}) и «радиоактивная мощность» (M_{Ra}) источника [Посохов, 1975]:

$$MRn = C \times Q,\ MRa = Q \times C / 7500,$$

где C — концентрация радона, нКи/дм^3;
Q — дебит источника, л/с.

Учитывая значительный дебит 30–32 л/с «радоновая ценность» (M_{Ra}) Куселяровских минеральных источников может оцениваться величиной до 100 нКи/дм^3 [Абдрахманов, 2018].

Сероводородные воды Куселяровских минеральных источников

Содержание H_2S в источниках составляет 8–9 мг/дм^3, практически близкое к бальнеологическим показателям. Предельно допустимая концентрация H_2S для минеральных питьевых вод ГОСТами не установлена, бальнеологическое содержание $H_2S_{общ}$ составляет 10 мг/дм^3.

Генетически сероводород связан с биохимическими процессами (при температуре выше 20 °C) деятельности сульфатредуцирующих бактерий, использующих в качестве энергии различные органические соединения. Сероводородные воды формируются, как правило, в нефтегазоносных провинциях, обычно в гипсоносных породах [Крайнов и др., 2012]. Процесс восстановления сульфатов углеводородами при участии бактерий, протекает согласно реакции:

$$C_6H_{12}O_6 + 3CaSO_4 \rightarrow 3CO_2 + 3CaCO_3\downarrow + 3H_2S + \\ + 3H_2O + Q \text{ кал.}$$

Основными факторами, контролирующими этот процесс, являются: 1) наличие гипсово-ангидритовых пород и связанных с ними сульфатсодержащих вод, являющихся питательной средой для некоторых видов микроорганизмов; 2) подвижность подземных вод; 3) обогащенность карбонатных коллекторов ОВ (битумы, нефть); 4) слабое развитие глинистых пород, обогащенных закисным железом (H_2S в них расходуется на образование сульфидов железа); 5) параметры среды обитания микроорганизмов (T <80 °C, P <40 МПа, Eh от –10 до –430 мВ, pH 5–8).

Сероводородные источники, которые возникли на месте скважин, вскрывших самоизливающиеся воды, приурочены к известнякам и мергелям нижнепермского возраста, содержащих 15–20% органического вещества [Пучков, Абдрахманов, 2003].

Анализ микроэлементных данных по содержанию веществ (табл. 2), обладающих в определенных

Таблица 2. Микроэлементный состав Куселяровских минеральных источников
Table 2. Microelement composition of Kuselyarovskiye mineral springs

№ п/п	Микроэлементы, мг/дм^3	Скв. 16	Скв. 12	№ п/п	Микроэлементы, мг/дм^3	Скв. 16	Скв. 12
1	Ртуть	<0.0001	<0.0001	10	Никель	<0.0002	<0.0002
2	Барий	0.02	0.02	11	Цианиды	<0.01	<0.01
3	Бор	<0.05	<0.05	12	Нитраты	0.2	0.32
4	Кадмий	0.00003	0.00002	13	Нитриты	<0.003	<0.003
5	Сурьма	<0.0005	<0.0005	14	Свинец	0.0002	0.0002
6	Хром	<0.0002	<0.0002	15	Селен	0.0003	0.0003
7	Марганец	<0.01	<0.01	16	Стронций	0.66	0.88
8	Медь	<0.01	<0.01	17	Перманганатная окисляемость	0.96	5.28
9	Мышьяк	<0.0005	<0.0005				

концентрациях токсическим действием или оказывающих неблагоприятное влияние на органолептические свойства воды, показал, что такие компоненты как ртуть, барий, бор, кадмий, сурьма, хром, марганец, медь, мышьяк, никель, цианиды, нитраты, нитриты, свинец, селен, стронций, органические вещества (перманганатная, бихроматная окисляемость) находятся в воде в допустимых для минеральных питьевых вод концентрациях.

Бальнеологическое значение Куселяровских сероводородных минеральных вод

Куселяровские минеральные источники по составу являются близким аналогом минеральной воды «Ессентуки № 1 Буровая» Кавказских минеральных вод. Прием минеральной воды «Ессентуки № 1 Буровая» осуществляется строго по назначению врача для питьевого лечения при некоторых заболеваниях желудочно-кишечного тракта, связанных с нарушением моторики (особенно толстого кишечника) и ряде заболеваний печени, болезни органов пищеварения, болезни обмена веществ: ожирение различной этиологии, сахарный диабет, болезни почек и мочевыводящих путей, болезни органов дыхания, хронические риниты, хронические фарингиты, хронические ларинготрахеиты, хронические тонзиллиты [Минеральная вода «Ессентуки № 1 Буровая». URL: https://essentuki.ru/mineralnaya-voda-essentuki/mineralnaya-voda-essentuki-1-burovaya. php].

Для бальнеологического лечения заболеваний сердечнососудистой системы и желудочно-кишечного тракта (хронических болезнях желудка, печени, желчного пузыря и кишечника), при нарушении выделительной функции почек; мочекаменной болезни, нарушениях минерального обмена (уратурия, оксалурия, фосфатурия) и болезнях щитовидной железы. Бальнеологическое лечение данных заболеваний показано в стадии ремиссии и под контролем врача.

Минеральная вода «Ессентуки № 1 Буровая» применяется также в виде полосканий ротовой полости и глотки по назначению врача при стоматитах, гингивитах, а так же при катаральных, субатрофических и атрофических фарингитах. Полоскание проводится минеральной водой в количестве 150–200 мл, 3 раза в день, в течение 1 минуты, 15–20 дней. При возникновении сухости, неприятных ощущений, болей (бальнеологическая реакция) в глотке и ротовой полости необходимо обратиться к лечащему врачу. Полоскать полость рта пресной водой после полоскания минеральной не рекомендуется. Приём пищи после полоскания через 25–30 мин.

Заключение

В последние годы происходит ухудшение бальнеологических факторов в санатории Янгантау, расположенном в непосредственной близости к Куселяровским источникам, снижается температура газов горы Янгантау, изменяются геохимические условия. Выполненными нами многолетними исследованиями [Абдрахманов и др., 1978; Пучков, Абдрахманов, 2003 и др.] было установлено, что первоначальная температура очага горения в горе Янгантау была очень большой, а сам очаг располагался вблизи поверхности земли. Начиная с 30-х годов XX в. [Дзенс-Литовский, 1935; Пилипенко, 1966] температура стала падать, очаг ушел вглубь горы [Пучков, Абдрахманов, 2003]. В связи с этим лечебные факторы курорта Янган-Тау в последние годы значительно уменьшаются, средняя температура газов горы Янган-Тау понижается. В период с 1980-х гг. в устьях скважин каптированных трещин происходило снижение температуры со средней скоростью 0.5 градуса в год. Это в 5 раз больше, чем расчетная скорость [Нигматуллин и др., 1998], полученная без учета конвективного воздушного теплопереноса по трещинам.

Куселяровские источники вместе со слаборадоновыми водами, лечебными грязями и сероводородными водами могут представлять важный комплекс лечебных факторов для санатория Янган-Тау. Местное население эти источники вместе с имеющимся проявлением иловых грязей используют в хозяйственно-питьевых и лечебных целях. Использование Куселяровских минеральных источников при ухудшении бальнеологических условий санатория Янгантау, вызванных снижением температуры и других геохимических условий будет способствовать сохранению лечебных факторов и увеличению бальнеологических ресурсов курорта.

Территория Республики Башкортостан, как уже отмечалось, относится к фтордефицитным (содержание фтора в воде региона от 0.06 до 0.1–0.3 мг/дм^3). Использование Куселяровских источников может способствовать профилактике заболеваний кариесом, особенно у детей.

Список литературы

Абдрахманов Р. Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа: Гилем, 2014. 416 с.

Абдрахманов Р. Ф. Минеральные источники района курорта «Янган-Тау» // Геологический вестник. 2018. №1. С. 59–65. DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-5

Абдрахманов Р. Ф., Попов В. Г. Гелиевый критерий формирования гидроминеральных месторождений Южного Урала // Литосфера. 2015. №3. С. 114–134.

Абдрахманов Р. Ф., Попов В. Г., Юсупов Б. М. Рекомендации по улучшению водоснабжения курорта Янган-Тау Башкирской АССР. Уфа: БФАН СССР, 1978. 15 с.

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 442 с.

Вахрушев Г. В. Минеральные воды и грязи Башкирии. Уфа: Башкнигоиздат, 1961. 156 с.

Дзенс-Литовский А. И. Гора Янгантау // Известия Государственного Географического Общества. т. LXVII, вып. 3, 1935. С. 332–351.

Иванов В. В., Невраев Г. А. Классификация подземных минеральных вод. М.: Недра, 1964. 167 с.

Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец В. М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. 672 с.

Минеральная вода «Ессентуки №1 Буровая» // Ессентуки [офиц. сайт] URL: https://essentuki.ru/mineralnaya-voda-essentuki/mineralnaya-voda-essentuki-1-burovaya. php (дата обращения 07.04.2025).

Нигматулин Р. И., Казанцева Т. Т., Камалетдинов Р. И., Казанцев Ю. В., Бобохов А. С. Геология и генезис тепловых аномалий Янгантау. Уфа: АН РБ, Отделение наук о Земле и экологии, 1998. 71 с.

Пилипенко Г. Ф. Геотермический режим и ресурсы термальных газов горы Янгантау в Башкирии // Геотермические исследования и использование тепла земли. М.: Наука. 1966. С. 304–310.

Попов В. Г., Абдрахманов Р. Ф. Закономерности распределения и накопления фтора в природных водах Башкирского Предуралья (в связи с проблемой водоснабжения). Уфа: БФАН СССР, 1979. 48 с.

Посохов Е. В. Общая гидрогеохимия. Л.: Недра, 1975. 208 с.

Пучков В. Н., Абдрахманов Р. Ф. Особенности газогидро-геотермальных явлений горы Янгантау и прилегающих территорий // Литосфера. 2003. №4. С. 65–77.

References

Abdrakhmanov R. F. (2014) Fresh Groundwater and Mineral Medicinal Water Reserves of Bashkortostan. Ufa: Gilem, Bashkir Encyclopedia Press. 416 p. (In Russian).

Abdrahmanov R. F. (2018) Mineral springs of the resort area “Yangan-Tau”. Geologicheskii vestnik (jelektronnoe izdanie). (1), 59–65. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2018-1-5

Abdrahmanov R. F., Popov V. G. (2015) Helium criterion for the formation of hydromineral deposits in the Southern Urals. Litosfera. (3), 114–134. (In Russian).

Abdrahmanov R. F., Popov V. G., Jusupov B. M. (1978) Recommendations for improvement of water supply in Yangan-Tau resort of Bashkir ASSR. Ufa: BFAN USSR, 15 p. (In Russian).

Alekin O. A. (1970) Principles of Hydrochemistry. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 442 p. (In Russian).

Vahrushev G. V. (1961) Mineral water and mud of Bashkortostan. Ufa, Bashknigoizdat Publ., 156 p. (In Russian).

Dzens-Litovskij A. I. (1935) Yangantau Mountain. Izvestiya gosudarstvennogo geograficheskogo obshchestva. LXVII (3), 332–351. (In Russian).

Ivanov V. V., Nevraev G. A. Classification of underground mineral waters. Moscow: Nedra (Publ.), 167 p. (In Russian).

Kraynov S. R., Ryzhenko B. N., Shvets V. M. (2012) Geochemistry of groundwater. Theoretical, applied and ecological aspects. Moscow: TsentrLitNefteGaz (Publ.), 672 p. (In Russian).

Mineral water “Essentuki 1 Drilling”. Essentuki [official website] URL: https://essentuki.ru/mineralnaya-voda-essentuki/mineralnaya-voda-essentuki-1-burovaya. php (date of access 07.04.2025).

Nigmatulin R. I., Kazanceva T. T., Kamaletdinov R. I., Kazancev Ju. V., Bobohov A. S. (1998) Geology and genesis of thermal anomalies Yangantau. Ufa: AN RB, Otdelenie nauk o Zemle i jekologii, 71 p. (In Russian).

Pilipenko G. F. (1966) Geothermal regime and thermal gas resources of the Yangantau mountains in Bashkiria. Geotermicheskie issledovanija i ispol’zovanie tepla zemli. M.; Nauka. 304–310. (In Russian).

Popov V. G., Abdrahmanov R. F. (1979) Regularity of distribution and accumulation of fluorine in natural waters of the Bashkir Cis-Urals (in connection with the problem of water supply). Ufa: BFAN USSR, 48 p. (In Russian).

Posokhov E. V. (1975) General hydrogeochemistry. Leningrad: Nedra (Publ), 208 p. (In Russian).

Puchkov V. N., Abdrahmanov R. F. (2003) Features of gas-hydrothermal geothermal phenomena of Yangantau mountain and surrounding territories. Litosfera. 4, 65–77. (In Russian).

Сведения об авторах:

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. hydro@ufaras.ru

Полева Александра Олеговна, кандидат биологических наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. hydro@ufaras.ru

Абдрахманова Елена Рафиловна, кандидат медицинских наук, Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа. elenara@inbox.ru

Дурнаева Вера Николаевна, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. hydro@ufaras.ru

About the authors:

Abdrakhmanov Rafil Fazilovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: hydro@ufaras.ru

Poleva Aleksandra Olegovna, Candidate of Biological Sciences, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. hydro@ufaras.ru

Abdrakhmanova Elena Rafilovna, Candidate of Medical Sciences, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology. elenara@inbox.ru

Durnaeva Vera Nikolaevna, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. hydro@ufaras.ru

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.03.2025; одобрена после рецензирования 22.04.2025; принята к публикации 01.07.2025.

The article was submitted 24.03.2025; approved after reviewing 22.04.2025; accepted for publication 01.07.2025.