

УДК 556.531

DOI: [10.46698/VNC.2021.20.60.014](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.20.60.014)

Оригинальная статья

Микроэлементный состав поверхностных вод бассейна реки Малка и геохимические особенности региона

Н. В. Реутова , Т. В. Реутова , Ф. Р. Дреева , А. М. Хутуев 

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» Центр географических исследований, Россия, 360000, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2, e-mail: reutova371@mail.ru

Статья поступила: 01.06.2021, доработана: 05.07.2021, принята к публикации: 12.07.2021

Резюме: Актуальность работы. Изучение химического состава поверхностных вод является весьма актуальной задачей, как с точки зрения исследования вопросов миграции элементов, так и возможного наличия токсичных микроэлементов. **Целью работы** было изучение возможного влияния геохимических аномалий, расположенных в бассейне реки Малка, на содержание ряда микроэлементов в растворимой форме в поверхностных водах этого района. **Методы работы.** Исследования микроэлементного состава поверхностных вод проводились с 2013 по 2019 гг. По руслу самой реки было расположено 6 створов. Также приводятся данные по 13 притокам и 7 родникам. В этих водных объектах нами было изучено содержание 12 микроэлементов (Ag, Al, As, Cd, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn). Пробы отбирали в период интенсивного таяния ледников. Содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Содержание ионов лития определяли методом капиллярного ионофореза. **Результаты работы.** Воды реки на исследуемом участке являются достаточно чистыми. Концентрации мышьяка, алюминия, меди, молибдена и кадмия были очень низкими. Концентрации мышьяка были очень низкими в пределах 1 мкг/дм³, что соответствует кларковому числу. В водах среднего течения реки Малка и ее притоков концентрации серебра повышались до 0,1-0,2 мкг/дм³, что хорошо согласуется с данными о наличии аномалий, связанных с месторождением благородных металлов в этом районе. Четко прослеживается связь между наличием повышенных концентраций свинца и цинка в поверхностных водах и участков с наличием геохимических аномалий для этих элементов. В районе расположения Малкинского месторождения железных руд, природно легированных хромом и никелем, наблюдается повышение концентраций этих элементов в поверхностных водах. Для марганца четко прослеживается тенденция закономерного снижения концентраций при транзите вод из высокогорной зоны на равнину. Высокие концентрации лития в водах верховий бассейна реки Малка связаны с Эльбрусским вулканическим центром.

Ключевые слова: геохимические аномалии, поверхностные воды, река Малка, Центральный Кавказ.

Для цитирования: Реутова Н. В., Реутова Т. В., Дреева Ф. Р., Хутуев А. М. Микроэлементный состав поверхностных вод бассейна реки Малка и геохимические особенности региона. *Геология и геофизика Юга России*. 2021. 11 (3): 172 – 184. DOI: [10.46698/VNC.2021.20.60.014](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.20.60.014).

DOI: [10.46698/VNC.2021.20.60.014](https://doi.org/10.46698/VNC.2021.20.60.014)

Original paper

Microelements in the surface waters of the Malka River basin and geochemical features of the region

N. V. Reutova , T. V. Reutova , F. R. Dreeva , A. M. Khutuev 

Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Center for Geographical Research, 2 Balkarova str., Nalchik360000, KBR, Russian Federation, e-mail: reutova371@mail.ru

Received: 01.06.2021, revised: 05.07.2021, accepted: 12.07.2021

Abstract: Relevance. The study of the chemical composition of surface waters is a very urgent task both from the point of view of studying the migration of elements in the environment, and the possible presence of toxic trace elements. **The aim** of this work was to study the possible influence of geochemical anomalies located in the Malka River basin on the content of trace elements in soluble form in the surface waters of this area. **Methods.** Studies of the trace element composition of surface waters were conducted from 2013 to 2019. There are 6 sampling points located along the riverbed itself. Data on 13 tributaries and 7 springs are also provided. In these water bodies, we studied the content of 12 trace elements (Ag, Al, As, Cd, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn). The samples were taken during the period of intensive melting of glaciers. The content of heavy metals was determined by atomic absorption spectrometry. The content of lithium ions was determined by capillary ionophoresis. **Results.** The waters of the river in the study area are quite clean. The concentrations of arsenic, aluminum, copper, molybdenum, and cadmium were very low. In the waters of the middle course of the Malka River and its tributaries, silver concentrations increased to 0.1–0.2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, which is in good agreement with the data on the presence of anomalies associated with the deposit of noble metals in this area. There is a clear link between the presence of elevated concentrations of lead and zinc in surface waters and sites with the presence of geochemical anomalies for these elements. In the area of the Malkinsky deposit of iron ores naturally alloyed with chromium and nickel there is an increase in the concentrations of these elements in surface waters. For manganese, there is a clear trend of a natural decrease in concentrations during the transit of water from the high-altitude zone to the plain. High concentrations of lithium in the waters of the upper reaches of the Malka River basin are associated with the Elbrus volcanic center.

Keywords: geochemical anomalies, surface waters, Malka river, Central Caucasus.

For citation: Reutova N. V., Reutova T. V., Dreeva F. R., Khutuev A. M. Microelements in the surface waters of the Malka River basin and geochemical features of the region. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2021. 11 (3): 172 – 184. DOI: 10.46698/VNC.2021.20.60.014.

Введение

Центральный Кавказ является зоной современного и древнего вулканизма, что накладывает свой отпечаток на природные объекты. На этой территории расположен целый ряд геохимических аномалий, которые не могли не отразиться на химическом составе компонентов окружающей среды. Природные воды являются той частью геосистем, которая осуществляет взаимосвязь сопредельных сред и соподчиненных ландшафтов, определяет перераспределение вещества в окружающей среде. Поэтому изучение химического состава поверхностных вод является весьма

актуальным, как с точки зрения исследования вопросов миграции элементов, так и возможного наличия токсичных микроэлементов.

Вопросу изучения особенностей химического состава поверхностных вод в зависимости от наличия геохимических аномалий [Binda et al., 2020; Möller et al., 2016; Su et al., 2011; Wanty et al., 2009] и их влиянию на здоровье населения [Тулакина и др., 1991; Ahmed, 2020; Muhammad et al., 2011; Wang et al., 2020] в настоящее время уделяется большое внимание.

Целью данной работы было изучение возможного влияния геохимических аномалий, расположенных в бассейне реки Малка, на содержание ряда микроэлементов в растворимой форме в поверхностных водах этого района.

Есть ряд работ, посвященных изучению химического состава вод реки [Иттиев и др., 2008а; 2008б; Панов и др., 2015; Чередник и др., 2019; Жинжакова и др., 2021]. Но все эти работы посвящены в основном изучению вод реки Малка в среднем течении и до устья, где достаточно сильно выражено антропогенное влияние. Геохимические особенности бассейна реки Малка изучены достаточно подробно [Государственная геологическая карта; Парада, 2018; Матишов и др., 2019], а микроэлементный состав поверхностных вод верховий реки остается практически неизученным. В данной работе приведены результаты исследования микроэлементного состава не только самой реки Малка, но и ее притоков ледникового и неледникового происхождения и родников и проведен сравнительный анализ результатов с геохимическими особенностями изучаемого региона.

Материалы и методы работы

Работы по изучению химического состава вод реки Малка были начаты в 2013 году. Пробы отбирали в июле, в период интенсивного таяния ледников. Отбор проб производили в соответствии с действующим ГОСТ Р 59024-2020. Поскольку мы определяли растворимую форму микроэлементов, все пробы фильтровали через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Консервацию проб для определения тяжелых металлов осуществляли азотной кислотой (ОСЧ) из расчета 0,5% в соответствии с ГОСТ Р 57162-2016. Транспортировку и хранение проб осуществляли при температуре 2°C – 5°C. Определение концентраций тяжелых металлов (ТМ) проводили с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Содержание ионов лития определяли методом капиллярного ионофореза.

На рисунке 1 приведена карта-схема пунктов отбора проб. Номера створов на карте и в таблицах совпадают.

Результаты работы и их обсуждение

Высокогорные реки обладают целым рядом особенностей. Это высокая скорость течения, низкие температуры, почти полное отсутствие донных отложений, крайняя бедность биоты и, как следствие, низкая способность к самоочищению. Это делает их удобным объектом для изучения миграции микроэлементов и взаимодействий вода-порода. В данной работе мы приводим результаты 7-летнего изучения микроэлементного состава поверхностных вод верховий бассейна реки Малка. По руслу самой реки расположено 6 створов. Также приводятся данные по 13 притокам, из которых четыре ледникового происхождения (№ 7-10). Кроме того, изучен состав 7 родников, в том числе: высокогорный нарзанский источник (№ 25) глубинного происхождения, расположенный рядом с поверхностным фильтратом пере-

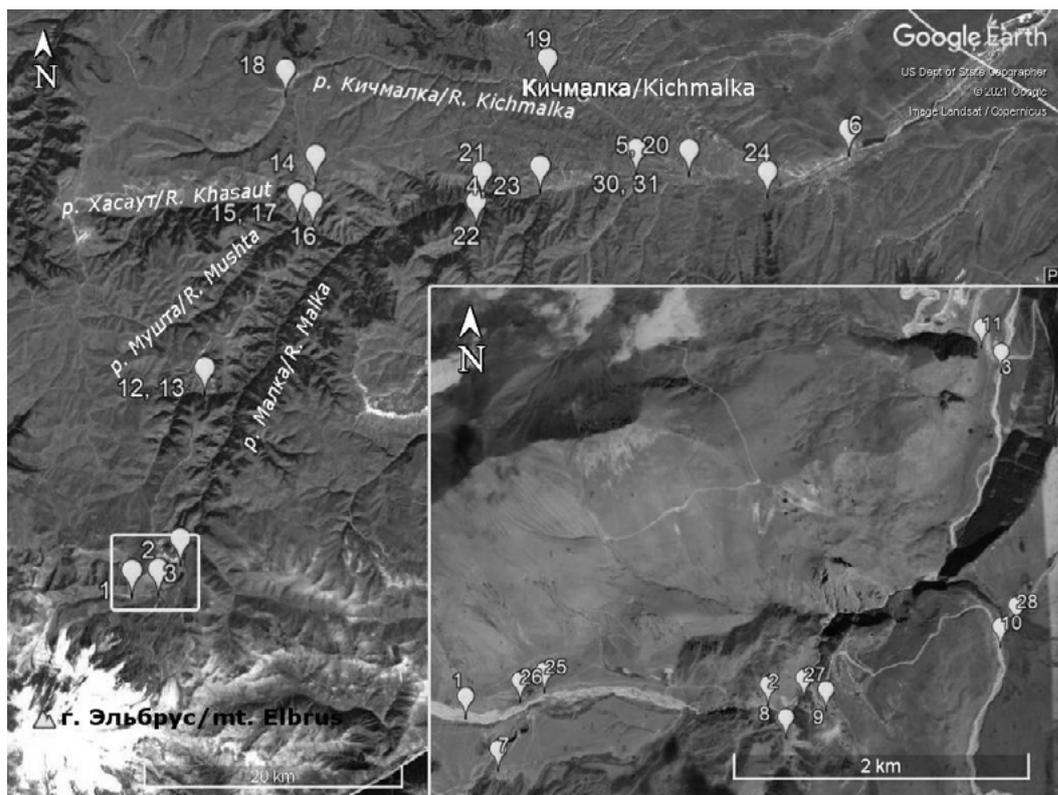


Рис. 1. Расположение пунктов отбора проб. /

Fig. 1. Location of sampling points

увлажненного луга (№26) и сероводородные источники, расположенные в пойме среднего течения реки Малка (№30, 31). Нами было изучено содержание 12 микроэлементов в этих водных объектах. Полученные данные приведены в таблице 1.

Серебро и кадмий. Эти элементы не приведены в таблице, поскольку их концентрации были крайне низкими. Содержание кадмия колебалось в пределах тысячных долей микрограмма на литр. Серебро встречалось в основном в сотых долях микрограмма на литр. Но, несмотря на столь низкое содержание этого элемента, в водах среднего течения реки Малка и ее притоков концентрации серебра повышались до 0,1-0,2 мкг/дм³, что хорошо согласуется с данными о наличии аномалий, связанных с месторождением благородных металлов в этом районе [Парада, 2018]. Именно здесь располагается единственное самостоятельное проявление аномалий серебра, представленное шлиховыми потоками в верховьях бассейна р. Кичмалка

Свинец. Оруденение свинца разных возрастов широко развито на площади работ. Наиболее крупным объектом промышленного значения в бассейне р. Малка является законсервированное Чочу-Кулакское месторождение, расположенное в правом борту р. Мушт и приуроченное к эндоконтактовой зоне малкинского гранитного массива. Минеральный состав руд: галенит, барит, сфалерит, пирит, халькопирит, кварц и кальцит [Объяснительная записка]. В районе расположения этого месторождения было изучено распределение свинца в альпийских ландшафтах бассейна среднего течения р. Малка [Матишов и др., 2019]. Авторы отмечают, что все выявленные геохимические аномалии имеют естественное происхождение и связаны с Чочу-Кулакским месторождением. Также свинцово-цинковое оруденение представлено многочисленными проявлениями и пунктами минерализации по р. р.

Малка, Хасаут, Мушт, Гитче-Лахран, большинство из которых входит в состав Малкинского рудного узла. Кроме того, довольно широко развиты шлиховые потоки галенита, связанные как с известными, так и предположительно установленными коренными источниками.

В нашем исследовании поверхностных вод этого района концентрации свинца как по самому руслу р. Малка, так и в ее притоках, оказались в основном очень низкими, ниже кларка для речных вод. Но, тем не менее, немного более повышенным содержание свинца было в воде самой реки (№ 2-3) и ее притоков (№ 6 и 8) в самых верховьях. Также повышенная концентрация свинца нами отмечена в реке Харбаз и ее притоке (№ 12 и 13), и в устье р. Гедмыш (№ 21), в бассейне которой также отмечается пункт минерализации с содержанием свинца более 1%. Несколько в меньшей степени, но все же повышенные концентрации свинца отмечены нами и в водах р. Хасаут и Мушт. Таким образом, хорошо прослеживается связь между содержанием свинца в поверхностных водах и наличием обогащенных свинцом пород.

Цинк. Объекты минерализации относятся к минерагенической свинец-цинковой зоне Скалистого хребта, Бечасынской полиметаллической зоне и Худесскому медноколчеданному с золотом рудному району [Геологическая карта]. Это многочисленные разновозрастные проявления и пункты минерализации медно-колчеданной и свинцово-цинковой формации, а также шлиховые потоки и ореолы сфалерита с содержанием цинка от 1-10 до 50 и более знаков [Объяснительная записка].

Концентрации цинка в поверхностных водах были заметно повышены только в районе истока реки (№ 1). Здесь же в родниках глубинного происхождения (№ 28) и фильтрате (№ 29) также отмечены относительно высокие концентрации цинка. Именно здесь расположены Кызылкольская и Восточная залежи, содержание цинка в которых достигает 5,62%. Еще одним участком с повышенным содержанием цинка в воде является река Харбаз (№ 12), но для этого района на карте не отмечены породы с повышенным содержанием цинка.

Молибден. Молибденовая минерализация в бассейне р. Малка представлена пунктами минерализации в Бечасынской зоне на р. р. Малка и Мушт с содержанием молибдена от следов до 1%. Кроме того, молибден, как попутный компонент, широко представлен в вольфрамовых проявлениях и в рудах полиметаллических месторождений Бечасынской зоны [Объяснительная записка]. В наших исследованиях концентрации молибдена были весьма низкими, практически на уровне кларковых значений. В отмеченных районах более высокого содержания молибдена в поверхностных водах мы не выявили.

Медь. Медное оруденение в Бассейне р. Малка представлено многочисленными проявлениями и пунктами минерализации. Практическое значение среди них имеют только рудная зона б. Колчеданной, Кызылкольская и Восточная залежи, которые относятся к Худесскому рудному району и располагаются в зоне формирования р. Малка (бассейне р. Кызылкол). Содержание меди здесь достигает 3-5%. Минеральный состав руд – пирит, халькопирит, сфалерит [Объяснительная записка]. Пункты минерализации, не представляющие практического интереса, известны также в бассейнах рек Каракая, Шаукол, Хасаут, Мушта и по р. Малка выше впадения р. Харбаз [Государственная геологическая карта]. Ореолы рассеяния меди наиболее широко развиты в пределах минерагенической зоны Передового хребта и увязываются с известными и потенциальными рудными полями. В наших исследо-

Таблица 1 / Table 1

Содержание микроэлементов мкг/дм³ в поверхностных водах бассейна реки Малка (коэффициент вариации) /
 The content of trace elements $\mu\text{g} / \text{dm}^3$ in the surface waters of the Malka River basin (coefficient of variation)

№	Расстояние от истока (км) / Distance from the source (km)	Al	As	Cr	Cu	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
1	10,6 (р. Кызылкол) / 10.6 (Kyzylkol river)	39,67 (0,27)	0,52 (1,73)	0,55 (0,51)	1,49 (0,99)	13,1 (0,53)	37,83 (0,47)	0,21 (0,99)	0,47 (0,92)	0,43 (0,75)	77,15 (1,58)
2	12,4	76,49 (0,41)	1,05 (0,93)	0,98 (0,45)	2,51 (0,57)	14,1 (0,25)	19,16 (0,46)	0,37 (0,90)	0,85 (0,44)	1,29 (0,86)	18,64 (0,58)
3	15,7	74,79 (0,05)	1,30 (0,59)	0,90 (0,73)	1,27 (0,43)	20,0 (0,25)	13,91 (0,58)	0,37 (0,76)	1,05 (0,60)	1,52 (1,01)	32,62 (0,63)
4	65,6	148,32 (0,30)	1,45 (0,51)	1,25 (0,43)	3,30 (0,20)	10,5 (0,17)	14,13 (0,79)	0,63 (1,09)	2,06 (1,05)	0,71 (0,54)	13,89 (0,10)
5	79,1	110,75 (0,30)	0,93 (0,66)	1,57 (0,47)	3,78 (0,36)	11,0 (0,32)	12,76 (0,89)	0,42 (0,60)	1,20 (0,59)	0,80 (0,70)	40,43 (0,57)
6	93,9	89,27 (0,43)	1,07 (0,74)	1,20 (0,15)	4,03 (0,33)	11,3 (0,33)	8,43 (0,77)	0,46 (0,57)	2,28 (0,67)	1,00 (0,43)	26,35 (0,37)
Притоки / Tributaries											
7	р. Уллукол (8,6) / R. Ulukol (8.6)	65,97 (0,02)	2,11 (1,02)	0,76 (0,46)	2,58 (0,86)	9,4 (0,47)	3,67 (0,49)	0,17 (0,91)	0,48 (0,94)	0,61 (0,44)	21,91 (0,34)
8	р. Бирджалы (6,3) / R. Birjaly (6.3)	42,27 (0,07)	0,61 (0,87)	0,61 (0,61)	1,58 (0,57)	10,0 (0,41)	9,23 (0,34)	0,31 (0,49)	0,55 (0,45)	1,50 (0,77)	26,46 (0,87)
9	р. Султангорасы (1,9) / R. Sultangorasu (1.9)	101,98 (0,39)	3,57 (0,24)	0,44 (0,72)	2,06 (0,96)	18,3 (0,07)	3,38 (0,78)	0,27 (0,67)	0,35 (0,77)	0,75 (0,42)	24,70 (0,72)
10	р. Каракаюсу (8,0) / R. Karakayasu (8.0)	103,09 (0,11)	1,24 (0,36)	1,20 (0,97)	2,28 (0,82)	13,5 (0,26)	22,83 (0,47)	0,33 (0,93)	1,73 (1,55)	1,05 (0,44)	17,78 (0,05)
11	р. Сирх (1,2) / R. Sirch (1.2)	51,49 (0,19)	0,69 (0,42)	1,33 (0,33)	2,07 (0,86)	2,0 (0,87)	4,91 (0,57)	0,09 (1,50)	2,38 (0,30)	0,73 (0,51)	34,71 (0,66)
12	р. Харбаз (13,8) / R. Kharbaz (13.8)	90,24 (0,42)	0,24 (1,73)	1,22 (0,43)	3,47 (0,81)	3,1 (0,48)	6,81 (0,72)	0,10 (1,45)	3,06 (1,00)	2,14 (1,40)	54,21 (1,04)
13	Ручей (1,6), прав. приток р. Харбаз / Stream (1.6), right tributary of the river. Kharbaz	70,80 (1,01)	0,63 (1,19)	0,55 (0,61)	1,63 (0,60)	1,1 (1,28)	3,57 (0,56)	0,06 (1,82)	0,80 (0,43)	1,63 (1,10)	22,19 (0,38)

14	р. Шагжагмаз (1,2) / R. Shatzhatmaz (1,2)	49,85 (0,48)	1,75 (0,40)	0,82 (0,88)	2,06 (0,63)	5,4 (0,69)	4,07 (0,89)	0,47 (0,38)	0,61 (0,31)	0,43 (0,67)	18,93 (0,20)
15	р. Хасаут (20,3) / R. Hasaut (20.3)	86,87 (0,62)	1,03 (0,32)	0,80 (0,46)	2,27 (0,93)	7,5 (0,38)	5,85 (0,44)	0,10 (1,61)	1,40 (0,49)	0,76 (0,60)	27,32 (0,45)
16	р. Хасаут (25,2) / R. Hasaut (25.2)	79,31 (1,00)	0,87 (0,21)	0,79 (0,24)	1,58 (0,95)	5,0 (0,27)	7,35 (0,48)	0,05 (2,24)	1,53 (0,62)	0,72 (0,37)	29,63 (0,74)
17	р. Мушта, устье (25,3) / R. Mushta, estuary (25.3)	33,74 (0,25)	0,31 (1,41)	1,00 (0,22)	2,97 (1,06)	2,8 (0,00)	5,78 (0,42)	<ПО	1,77 (0,07)	0,83 (0,24)	23,91 (0,88)
18	р. Кичмалка (21,9) / R. Kichmalka (21.9)	41,66 (0,75)	1,05 (0,26)	0,42 (0,68)	1,68 (0,73)	2,2 (1,73)	3,90 (0,37)	0,39 (0,97)	0,66 (0,56)	0,53 (1,33)	26,91 (0,75)
19	р. Кичмалка (45,6) / R. Kichmalka (45.6)	68,23 (0,99)	0,83 (0,72)	0,65 (0,59)	1,42 (0,43)	5,5 (1,02)	5,35 (0,87)	1,12 (0,51)	0,80 (0,48)	0,49 (0,76)	23,83 (0,41)
20	р. Кичмалка (61,6) / R. Kichmalka (61.6)	43,48 (0,74)	0,78 (0,89)	1,03 (0,34)	2,57 (0,81)	0,8 (1,41)	3,61 (0,40)	1,26 (0,23)	0,95 (0,30)	0,28 (1,28)	34,06 (0,43)
21	р. Гедмыш, устье (12,8) / R. Gedmysh, estuary (12.8)	11,07*	1,22*	2,86*	1,61*	<ПО	3,64*	0,83*	2,51*	3,59*	24,66*
22	р. Гедмыш (9,7) / R. Gedmysh, estuary (9.7)	27,74 (0,96)	0,40 (1,41)	1,64 (0,29)	2,71 (1,03)	<ПО	3,00 (0,18)	0,19 (1,41)	1,59 (0,51)	0,39 (0,09)	26,40 (0,65)
23	руч. Кызылкол (Хабазский) (6,6) / Kyzylkol stream (Khabaz) (6.6)	21,47 (0,77)	1,17 (0,53)	3,96 (0,40)	2,18 (0,23)	3,6 (0,82)	3,80 (0,29)	0,84 (0,26)	2,09 (0,59)	0,60 (0,31)	38,38 (0,24)
24	р. Экипшоко-НЛ (12,0) / R. Ekiptsoko-NL (12.0)	32,99 (0,49)	1,73 (0,56)	1,07 (0,32)	3,14 (0,63)	6,2 (0,35)	5,51 (0,44)	0,29 (0,53)	1,18 (0,95)	0,44 (0,40)	41,58 (0,03)
Родники / Springs											
25	Белый нарзан / White narzan	48,73 (0,69)	1,55 (0,32)	1,21 (0,39)	3,11 (1,03)	50,0 (0,06)	230,47 (0,03)	0,06 (1,73)	5,52 (1,01)	0,60 (0,34)	54,57 (0,65)
26	родник-фильтрат ч/з поляну Эммануэля (0,2) / spring filtrate through Emmanuel's glade (0.2)	23,97*	2,31*	0,86*	1,10*	37,9*	82,86*	0,36*	1,83*	0,50*	54,74*
27	питьевой родник Джилы-Су / Dzhyly-Su drinking spring	382,62 (0,93)	3,96 (0,35)	0,84 (0,50)	2,10 (1,03)	47,6 (0,06)	7,06 (0,48)	0,95 (0,25)	0,58 (0,35)	0,58 (0,44)	38,78 (0,17)

28	Родник Каракая (0,1) / Spring Karakaya (0.1)	48,85 (0,93)	0,67 (0,56)	0,81 (0,63)	1,49 (0,61)	66,1 (0,07)	9,89 (0,19)	0,25 (0,72)	1,55 (0,48)	0,55 (0,62)	17,82 (0,27)
29	Родник на дороге у Долины нарзанов / Spring on the road near Narzan Valley	74,72 (1,19)	1,21 (0,39)	1,17 (0,48)	5,51 (1,03)	<ПО	4,97 (0,52)	0,44 (0,76)	0,94 (0,98)	0,83 (0,48)	26,72 (0,39)
30	Кренополе Псынашхиль / Сrenopolis Psynashhibl	64,83 (0,84)	0,24 (1,41)	0,97 (0,28)	2,55 (1,06)	17,0 (0,15)	3,20 (0,03)	2,34 (0,04)	0,89 (0,41)	0,24 (1,41)	62,73 (0,17)
31	Ист. Тхабзашхопс / Тkhabzashhops spring	45,73 (0,45)	0,25 (1,41)	0,90 (0,31)	2,12 (0,55)	32,1 (0,16)	6,48 (0,18)	1,83 (0,18)	0,44 (0,08)	0,12 (1,41)	18,11 (1,41)
	ПДК _{питьев.} / Drinking water MPC	500	50	500	1000	3	100	250	100	30	50
	ПДК _{рыбхоз.} / MPC fisheries reservoir	40	50	70	1	80	10	1	10	6	10
	Кларки речных вод / Clark River Water	160	2	1	7	2,5	10	1	2,5	1	20

* – пробы отбирали однократно / samples were taken once
<ПО – ниже предела определения / below the detection limit

ваниях концентрации меди в поверхностных водах оказались очень низкими, ниже кларковых показателей. Повышения концентраций, которые могут быть объяснены наличием геохимических аномалий мы не выявили. Хотя следует отметить, что во всех пробах содержание меди превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Никель. В бассейне р. Малка промышленных месторождений никеля не выявлено, но он присутствует в промышленных концентрациях в некоторых эндогенных и экзогенных месторождениях. Известно 3 пункта минерализации никеля в бассейне р. Шаукол (правый приток р. Малка) в минерагенической зоне Передового хребта, представленных линзами и жилами кварц-карбонатных пород. По данным С. Г. Парада с соавторами [Парада и др. 2014] аномалии никеля и хрома в определенной степени связаны с расположением кварц-карбонатных пород. Мощность оруденелых пород не превышает 8 м, протяженность зон достигает 2 км, содержание никеля колеблется от 0,06 до 0,29%. При этом, среднее содержание никеля в природно легированных рудах Малкинского месторождения, расположенного в среднем течении р. Малка – 0,49%. Именно в этой части бассейна в поверхностных водах нами обнаружены более высокие концентрации никеля (табл. 1). В целом содержание данного элемента в основном ниже кларковых значений, поэтому говорить о заметном обогащении этих вод никелем нельзя.

Хром. Оруденение хрома представлено пунктом минерализации, который расположен в среднем течении р. Малка в правом борту (б. Дюрбеджи-Дорбук) и представлен жилообразными телами хромитов в серпентинитах малкинского массива. Кроме того, хром содержится в рудах Малкинского месторождения (среднее содержание хрома – 0,98%) [Объяснительная записка]. В нашем исследовании поверхностных вод несколько повышенные концентрации хрома наблюдаются начиная с 16-го и до 94-го километра течения реки и в ее притоках в этом же районе. Можно предположить, что это связано с наличием вышеупомянутых месторождений. В среднем, в данном районе превышение кларковых показателей составляет 1,2-1,5 раза, что свидетельствует об обогащении хромом этих поверхностных вод.

Мышьяк. Геохимические аномалии мышьяка в бассейне Малки связаны с пунктом минерализации Сирх (1,5% мышьяка), а также со шлиховыми потоками в верховьях Кичмалки. Помимо того, мышьяк является сопутствующим элементом многочисленных объектов полиметаллического и медного оруденения по всей площади бассейна водосбора [Объяснительная записка, Геологическая карта]. В поверхностных водах изучаемого района концентрации мышьяка были очень низкими и колебались в пределах одного микрограмма на литр, что соответствует кларковому числу. Только в воде питьевого родника (№27), расположенного в районе пункта минерализации Сирх, концентрация мышьяка составила почти 4 мкг/дм³.

Алюминий. Этот элемент давно привлекает особое внимание в связи с тем, что уже в концентрациях 0,2 мг/л в питьевой воде он может вызывать повышение частоты нейродегенеративных заболеваний [Flaten, 2001; Martyn et al., 1989]. В изучаемом районе проявления алюминия осадочного генезиса представлены линзами и пластами бокситов мощностью до 2 м., протяженностью до 1 км при ширине до 500 м, приуроченных к коре выветривания вулканитов шоанской свиты. Содержание глинозема 51-58%. В поверхностных водах бассейна р. Малка концентрации алюминия достаточно низкие, в 2-3 раза меньше кларковых значений. Только вода питьевого родника (№27) отличается высокой концентрацией алюминия.

Марганец. Марганец – единственный элемент, для которого четко прослежива-

ется тенденция закономерного снижения концентраций при транзите вод из высокогорной зоны на равнину (табл. 1). Это прослеживается как по руслу самой реки, так и на ее притоках. В воде притоков высокогорной зоны концентрации марганца выше, чем на равнине. Очень высокая концентрация марганца (даже превышающая в 2,3 раза ПДК для питьевой воды) характерна для источника «Белый Нарзан» (№25). Этот факт мы уже отмечали и для других нарзанных источников, расположенных в Баксанском ущелье [Реутова и др., 2017].

Литий – самый легкий микроэлемент с высокой биологической активностью. Его содержание в русле р. Малка на участке с 11-го по 16-й километр повышалось, а после выхода в среднегорную и затем равнинную зону сохранялось на постоянном, причем достаточно высоком уровне. Источниками поступления лития являются водотоки, сформированные на склонах Эльбруса, как ледниковые, содержащие 10-18 мкг/л Li, так и, в основном, родниковые, концентрации Li в которых 40-60 мкг/л. Притоки в среднегорной и предгорной зонах и даже высокогорная р. Сирх, водосбор которой отделен от Эльбруса долиной самой р. Малка, содержали литий в невысоких концентрациях, иногда ниже ПО (1 мкг/л). Таким образом, можно выделить Эльбрусский вулканический центр как геохимическую аномалию по литию. Еще один дополнительный источник этого элемента находится в правобережной части Малки между 66-ым и 79-ым километрами от истока реки и представляет собой выходы холодных сероводородных вод. Однако, его воздействие на полноводную на этом участке Малку не прослеживается.

Выводы

В результате проведенных исследований было выявлено, что в целом воды реки на исследуемом участке являются достаточно чистыми, превышения ПДК для питьевой воды не выявлено (за исключением пункта отбора №25 со стабильно высокими концентрациями марганца).

1. Концентрации алюминия, меди и молибдена были очень низкими и не совпадали с наличием геохимических аномалий.

2. Четко прослеживается связь между наличием повышенных концентраций свинца и цинка в поверхностных водах и участками с наличием геохимических аномалий для этих элементов.

3. В районе расположения Малкинского месторождения железных руд природно легированных хромом и никелем наблюдается повышение концентраций этих элементов в поверхностных водах.

4. Высокие концентрации лития в водах верховий бассейна реки Малка связаны с Эльбрусским вулканическим центром.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения К-38-I, VII (Кисловодск).

2. Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Мониторинговые исследования сезонных изменений концентраций загрязняющих веществ в водах р. Малка за многолетний период наблюдений. // Экологическая химия. – 2021. – Т. 30. №1. – С. 1-6.

3. Иттиев А.Б., Мирзоева Н.М., Атабиев А.В., Биттиров М.Б., Казанчев М.Х., Курманова М.К. Оценка содержания химических загрязнителей в бассейне р. Терек и Малка. // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2008а. –№5. – С. 95-98.

4. Иттиев А. Б., Биттиров М. Б., Мирзоева Н. М., Атабиев А. В. Итоги мониторинга загрязняющих веществ в контрольных створах р. Малка. // Вестник КрасГАУ. – 2008б. – № 1. – С. 119-124.
5. Матишов Г. Г., Парада С. Г. Аномалии свинца в альпийских ландшафтах бассейна реки Малки (Кабардино-Балкарская Республика). // В сб.: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Посвящена 70-летию доктора физико-математических наук, профессора, Заслуженного изобретателя Российской Федерации, Почетного деятеля науки и техники Российской Федерации, Засуженного деятеля науки Республики Северная Осетия-Алания Заалишвили В. Б. / Под редакцией А. В. Николаева, В. Б. Заалишвили. – 2019. – С. 744-748.
6. Панов В. Д., Базелюк А. А., Лурье П. М. Река Терек. Гидрография и режим стока. – Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2015. – 606 с.
7. Парада С. Г. Закономерности размещения цветных и благородных металлов в пределах Малкинского ультрабазитового массива (Кабардино-Балкарская Республика). // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – № 1. – С. 69-78.
8. Парада С. Г., Столяров В. В., Маркин М. Ю., Шишкалов И. Ю. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Cr и Co на примере восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика). // Геология и геофизика Юга России. – 2014. – № 2. – С. 42-53.
9. Реутова Н. В., Дреева Ф. Р., Реутова Т. В., Керимов А. А., Хутуев А. М. Химический состав родниковых вод высокогорной и среднегорной зоны КБР. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2017. – № 2 (76). – С. 83-89.
10. Тулакина Н. В., Новиков Ю. В., Плитман С. И., Ярошев В. В. Алюминий в питьевой воде и здоровье населения. // Гигиена и санитария. – 1991. – № 11. – С. 12-14.
11. Чередник Е. А., Жинжакова Л. З. Динамика содержания микропримесей в водах ледниковой реки Малка (Кабардино-Балкария). // В сб.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VIII Международной научной конференции. Под редакцией М. А. Польшиной. 2019. С. 191-194.
12. Ahmed J. Trace elements geochemistry in high-incidence areas of liver-related diseases, northwestern Ethiopia. // *Environ Geochem Health* – 2020. – No. 42. – pp. 1235-1254. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00387-3>
13. Binda G., Pozzi A., Livio F. An integrated interdisciplinary approach to evaluate potentially toxic element sources in a mountainous watershed. // *Environ. Geochem. Health.* – 2020. – No. 42. – pp. 1255-1272. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00405-4>
14. Flaten P.T. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. // *Brain Research Bulletin.* – 2001. – No. 55 (2). – pp. 187-196. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(01\)00459-2](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(01)00459-2)
15. Martyn C.N., Osmond C., Edwardson J.A., Barker D.J. P., Harris E.C., Lacey R.F. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water. // *The Lancet.* – 1989. – No. 333 (8629). – pp. 61-62.
16. Möller P., Rosenthal E., Inbar N., Magri F. Hydrochemical considerations for identifying water from basaltic aquifers: The Israeli experience. // *Journal of Hydrology: Regional Studies.* – 2016. – No. 5. – pp. 33-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.016>
17. Muhammad S., Shah M.T., Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. // *Microchemical Journal.* – 2011. – No. 98 (2). – pp. 334-343. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.03.003>
18. Su S., Li D., Zhang Q., Xiao R., Huang F., Wu J. Temporal trend and source apportionment of water pollution in different functional zones of Qiantang River, China. // *Water Research.* – 2011. – No. 45 (4). – pp. 1781-1795. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.11.030>

19. Wang Yu, Zhu G, Engel B, Wu Yi. Probabilistic human health risk assessment of arsenic under uncertainty in drinking water sources in Jiangsu Province, China. // *Environ. Geochem. Health.* – 2020. – No. 42. – pp. 2023-2037. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00476-3>
20. Wanty R.B., Verplanck Ph.L., San Juan C.A., Church S.E., Schmidt T.S., Fey D.L., De Witt E.H., Klein T.L. Geochemistry of surface water in alpine catchments in central Colorado, USA: Resolving host-rock effects at different spatial scales. // *Applied Geochemistry.* – 2009. – Vol. 24. – pp. 600-610. doi:10.1016/j.apgeochem.2008.12.012

References

1. State geological map of the Russian Federation. Map of minerals and patterns of their distribution K-38-I, VII (Kislovodsk) (In Russ.)
2. Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. Monitoring studies of seasonal changes in the concentration of pollutants in the waters of the river Malka over a long-term observation period. *Environmental chemistry*, 2021. Vol. 30. No. 1. pp. 1-6. (In Russ.)
3. Ittiev A.B., Mirzoeva N.M., Atabiev A.V., Bittirov M.B., Kazanchev M.Kh., Kurmanova M.K. Assessment of the content of chemical pollutants in the basins of rivers Terek and Malka. *Izvestiya VUZov, North Caucasian region. Natural Sciences*, 2008a. No. 5. pp. 95-98. (In Russ.)
4. Ittiev A.B., Bittirov M.B., Mirzoeva N.M., Atabiev A.V. The results of the monitoring of pollutants in the control sections of the river Malka. *Bulletin of KrasGAU*, 2008b. No. 1. pp. 119-124. (In Russ.)
5. Matishov G.G., Parada S.G. Lead anomalies in the alpine landscapes of the Malka river basin (Kabardino-Balkarian Republic). In: *Proceedings Hazardous natural and anthropogenic processes in mountainous regions: models, systems, technologies*, 2019. pp. 744-748. (In Russ.)
6. Panov V.D., Bazelyuk A.A., Lurie P.M. Terek river. Hydrography and flow regime. Rostov-on-Don, Donskoy Publishing House, 2015. 606 p. (In Russ.)
7. Parada S.G. Regularities in the distribution of non-ferrous and noble metals within the Malkinsky ultramafic massif (Kabardino-Balkarian Republic). *Geology and Geophysics of Russian South*, 2018. No. 1. pp. 69-78. (In Russ.)
8. Parada S.G., Stolyarov V.V., Markin M. Yu., Shishkalov I. Yu. Manifestation of potentially platinum-bearing hyperbasites in the geochemical anomalies of Ni, Cr and Co on the example of the eastern part of the Peredovoy Range (Kabardino-Balkarian Republic). *Geology and Geophysics of Russian South*, 2014. No. 2. pp. 42-53. (In Russ.)
9. Reutova N.V., Dreeva F.R., Reutova T.V., Kerimov A.A., Khutuev A.M. The chemical composition of the spring waters of the high-mountain and mid-mountain zones of the KBR. *Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS*, 2017. No. 2 (76). pp. 83-89. (In Russ.)
10. Tulakina N.V., Novikov Yu.V., Plitman S.I., Yaroshev V.V. Aluminum in drinking water and public health. *Hygiene and sanitation*, 1991. No. 11. pp. 12-14. (In Russ.)
11. Cherednik E.A., Zhinzhakova L.Z. Dynamics of the content of trace elements in the waters of the glacial river Malka (Kabardino-Balkaria). In: *Proceedings of the VIII International Scientific Conference "Problems of nature management and the ecological situation in European Russia and adjacent territories"*, 2019. pp. 191-194. (In Russ.)
12. Ahmed J. Trace elements geochemistry in high-incidence areas of liver-related diseases, northwestern Ethiopia. *Environ Geochem Health*, 2020. No. 42. pp. 1235-1254. DOI: 10.1007/s10653-019-00387-3
13. Binda G., Pozzi A., Livio F. An integrated interdisciplinary approach to evaluate potentially toxic element sources in a mountainous watershed. *Environ. Geochem. Health*, 2020. No. 42. pp. 1255-1272. DOI: 10.1007/s10653-019-00405-4

14. Flaten P. T. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Research Bulletin*, 2001. No. 55 (2). pp. 187-196. DOI: 10.1016/S0361-9230 (01) 00459-2
15. Martyn C. N., Osmond C., Edwardson J. A., Barker D. J. P., Harris E. C., Lacey R. F. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water. *The Lancet*, 1989. No. 333 (8629). pp. 61-62.
16. Möller P., Rosenthal E., Inbar N., Magri F. Hydrochemical considerations for identifying water from basaltic aquifers: The Israeli experience. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2016. No. 5. pp. 33-47. DOI: 10.1016/j. ejrh. 2015.11.016
17. Muhammad S., Shah M. T., Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchemical Journal*, 2011. No. 98 (2). pp. 334-343. DOI: 10.1016/j. microc. 2011.03.003.
18. Su S., Li D., Zhang Q., Xiao R., Huang F., Wu J. Temporal trend and source apportionment of water pollution in different functional zones of Qiantang River, China. *Water Research*, 2011. No. 45 (4). pp. 1781-1795. DOI: 10.1016/j. watres. 2010.11.030.
19. Wang Yu, Zhu G, Engel B, Wu Yi. Probabilistic human health risk assessment of arsenic under uncertainty in drinking water sources in Jiangsu Province, China. *Environ. Geochem. Health*, 2020. No. 42. pp. 2023-2037. DOI: 10.1007/s10653-019-00476-3
20. Wanty R. B., Verplanck Ph. L., San Juan C. A., Church S. E., Schmidt T. S., Fey D. L., De Witt E. H., Klein T. L. Geochemistry of surface water in alpine catchments in central Colorado, USA: Resolving host-rock effects at different spatial scales. *Applied Geochemistry*, 2009. Vol. 24. pp. 600-610. DOI:10.1016/j. apgeochem. 2008.12.012