

УДК 556.531.4 + 556.535.8

DOI: 10.35330/1991-6639-2020-5-97-127-135

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАРСТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Т.В. РЕУТОВА, Ф.Р. ДРЕЕВА, Н.В. РЕУТОВА

ФГБНУ «Федеральный научный центр  
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»  
Центр географических исследований  
360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2  
E-mail: kbncran@mail.ru

*На территории КБР исследован химический состав вод холодных сероводородных источников и карстовых озер, знаменитого Голубого озера (Церик-кель) и бессточного озера Большой Шадхурей. Сравнение их между собой и с поверхностными водами среднегорной зоны показало, что воды всех источников, как и озера Церик-кель, имеют глубинное карстовое происхождение (за исключением озера Большой Шадхурей), но в разной степени подвержены влиянию не глубоко залегающих грунтовых вод. Отличительными чертами вод этого вида являются повышенная минерализация, абсолютное превалирование сульфат-ионов в составе, высокое содержание токсичного стронция, а также магния, фтора и молибдена. Особенности микроэлементного состава в каждом из источников связаны с составом осадочных пород в соответствующем речном бассейне.*

**Ключевые слова:** подземные воды, химический состав, карстовые озера, сероводородные источники, поверхностные воды суши, среднегорная зона

В среднегорной зоне КБР широко развиты карстовые явления. Это связано с геологическим строением одного из основных хребтов Северного Кавказа – Скалистого хребта, примыкающего к нему с севера Мелового (Пастбищного) хребта и климатическими условиями на их северных склонах. Известно, что «особенно полно развивается карст в районах, где мощность растворимых, водопроницаемых горных пород значительна, а поверхность высоко поднята над окружающей местностью, при условии достаточного количества осадков, что необходимо для циркуляции подземных вод» [1]. Высокий Скалистый хребет (максимальные абсолютные отметки 3000-3500 м) является дождевым барьером, сложен осадочными породами, подверженными разрушительному действию вод с образованием пещер, глубоких воронок, исчезновением водотоков и выходами на поверхность карстовых вод. Широко известное Голубое озеро (Церик-кель) – типичный водоем карстовой природы, наиболее хорошо изученный начиная с 30-40-х годов XX века [2]. Вода, вытекающая из этого объекта, представляет собой разновидность холодных сульфатных вод средней минерализации с незначительным содержанием сероводорода. С северной стороны вдоль Скалистого и Мелового хребтов имеется ряд других карстовых воронок и колодцев, некоторые являются озерами, заполненными поверхностными или глубинными водами. Часть из них бессточные, например, два озера Большой и Малый Шадхурей на правом борту долины р. Малка. Основным источником питания других, таких как Верхние Голубые озера, являются небольшие ручьи, и эти озера являются проточными. Однако ниже по течению р. Черек

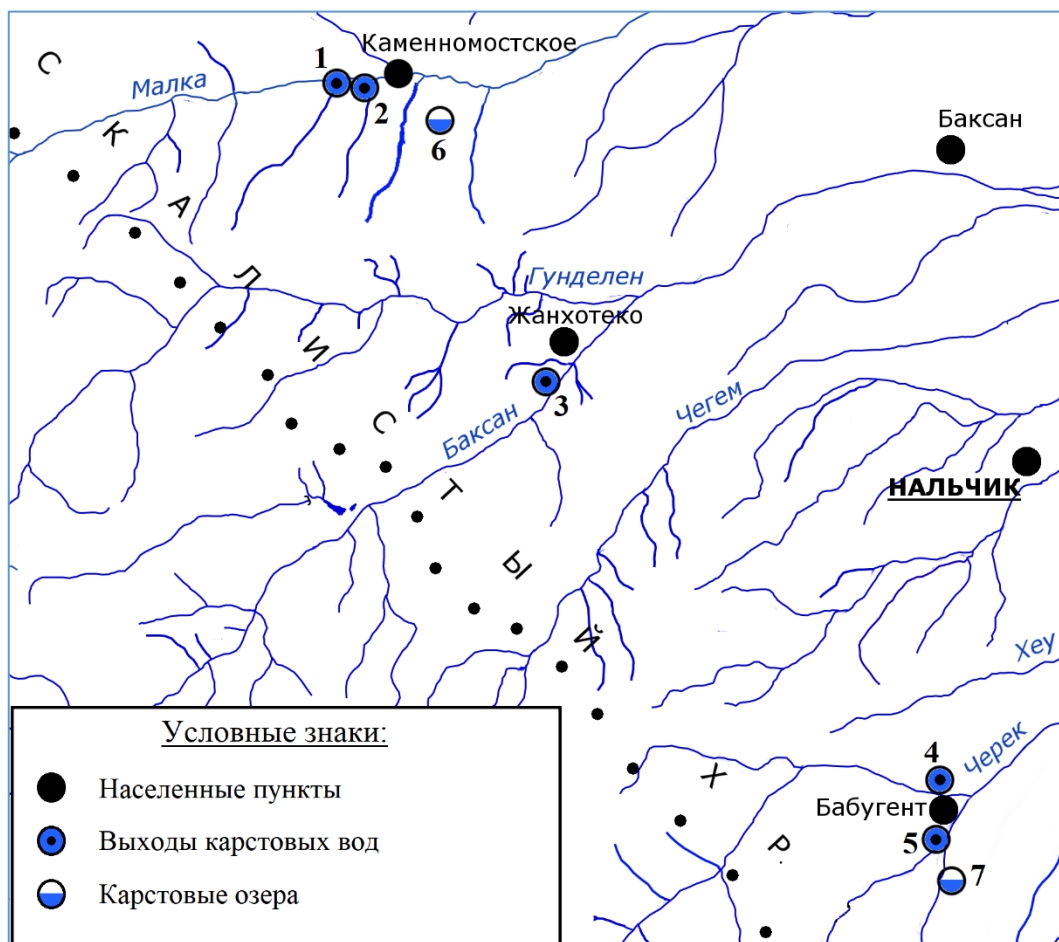
Балкарский в ее пойме на расстоянии 3,5 км от оз. Церик-кель (Голубое озеро) находится схожий с ним небольшой по площади водоем в карстовом колодце. Оба этих озера питаются исключительно подземными водами, расход воды в вытекающих из них ручьях значителен. Кроме озер карстового происхождения, в этом районе в поймы рек Черек Безенгийский, Баксан и Малка открываются холодные сероводородные источники. Эти водные объекты практически не изучены, но пользуются популярностью у местного населения.

Если на Урале и в Предуралье карстовые воды систематически изучались и был накоплен обширный материал, позволивший провести районирование территории [3-4], то на Кавказе этому вопросу уделялось мало внимания. Были проведены гидрохимические исследования пещерных карстовых систем на Западном Кавказе и сравнение карстовых и поверхностных речных вод по небольшому перечню показателей [5]. Однако климат этого региона коренным образом отличается от Центрального Кавказа.

Целью проводимого исследования являлось как можно более полное изучение химического состава вод озер карстового происхождения и естественных холодных сероводородных источников, возможных выходов карстовых вод, в бассейнах разных рек, проведение сравнительного анализа этих вод с поверхностными водами среднегорной зоны на территории КБР.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны холодные сероводородные воды, среди которых ручей, вытекающий из озера Церик-кель (Голубого озера), как эталонный, сток из водоема в карстовом колодце на левом берегу р. Черек Балкарский выше с. Бабугент и схожие с ними самопроизвольные выходы вод в долинах рек Черек Безенгийский, Баксан и Малка у северного подножия Скалистого хребта. В их число входили также два слабо сероводородных источника из группы «Псынашхибль» со схожим химическим составом. Впоследствии результаты анализа их вод были объединены в одну выборку. Эта группа находится в сухой долине Большие Кураты на правом берегу р. Малка в 1,5 км выше с. Каменномостское. В настоящее время в ней насчитывается 5 источников, открывающихся в пойму реки. На 100 м ниже по течению Малки на правобережной речной террасе расположен более минерализованный источник с высоким содержанием сероводорода, в котором происходит садка кальциевых солей. Он известен под названием «Тхабзашхопс» и также являлся объектом изучения. В бассейне р. Баксан на левобережной террасе выше с. Жанхотеко был обследован самопроизвольный выход холодных слабо сероводородных вод из-под крутого склона. Похожий на него источник «Ислису», также выбранный для данного исследования, является левым притоком р. Черек Безенгийский (Хуламский), впадающим в последний приблизительно в трех километрах от устья реки. Все выбранные источники имеют значительный расход воды, выходы сероводородных вод с малым расходом не обследовали. Для сравнения с озером Церик-кель было выбрано еще одно озеро – Большой Шадхурей, занимающее карстовую воронку и не имеющее стока. Оно расположено на склоне правого борта долины р. Малка в 2,5 километрах к востоку от с. Каменномостское. Здесь пробы были взяты из поверхностного слоя (до 0,5 м). На рисунке показано местоположение обследованных водных объектов.



**Рис. 1.** Карта-схема расположения водных объектов карстового происхождения. Масштаб основы 1:200 000

Условные обозначения:

1 – группа сероводородных источников «Псынашхибль» в пойме р. Малка на правом берегу в долине р. Большие Кураты; 2 – источник сероводородный «Тхабзашхопс» на речной террасе, правый приток р. Малка; 3 – источник сероводородный, левый приток р. Баксан; 4 – сероводородный источник «Ислису» на левом борту р. Черек Безенгийский в 1,5 км от устья; 5 – ручей из водоема в карстовой воронке в пойме р. Черек Балкарский; 6 – озеро Большой Шадхурей; 7 – озеро Церик-Кель (Нижнее Голубое озеро)

Определение концентраций главных ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) и некоторых микропримесей ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ) проводили с помощью метода капиллярного ионофореза, остальных микропримесей (Ag, Al, As, Cd, Cu, Mn, Mo, Pb, Zn) атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией по аттестованным методикам.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты, а именно: средние значения концентраций и коэффициенты межгодовой вариации представлены в таблицах 1 и 3. В нижней части таблиц приведены диапазоны максимальных, минимальных и типичных концентраций (2÷3 квартили) в водах малых рек, ручьев и родников среднегорной зоны на территории от бассейна р. Малка на западе до бассейна р. Черек Балкарский на востоке на материале, собранном по 60-65 пунктам [6].

Таблица 1

ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАРСТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Водный объект	pH <sub>макс</sub> pH <sub>мин</sub>	Концентрация, мг/л (коэффициент вариации)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
<b>Бассейн р. Черек</b>									
Сток оз. Церик-кель (№ 7)	<u>7,88</u> 7,64	267,2 (0,26)	30,7 (0,13)	8,55 (1,04)	0,89 (0,10)	6,59 (0,12)	198,3 (0,30)	673,4 (0,30)	7,26 (0,19)
Водоем в карст. воронке с. Бабугент (№ 5)	<u>7,55</u> 7,50	351,7 (0,54)	58,15 (0,49)	15,39 (1,16)	2,76 (0,75)	9,19 (0,47)	193,1 (0,17)	1005,8 (0,38)	9,91 (0,15)
Источник «Ислису» (№ 4)	<u>7,88</u> 7,82	83,8 (0,20)	17,61 (0,17)	6,47 (0,18)	3,53 (0,67)	2,74 (0,10)	157,1 (0,44)	139,7 (0,01)	6,50 (0,19)
<b>Бассейн р. Баксан</b>									
Источник, лев. приток, с. Жанхотеко (№ 3)	<u>7,52</u> 7,49	434,2 (0,08)	51,83 (0,07)	3,58 (0,47)	2,58 (0,34)	12,42 (0,05)	125,3 (0,41)	1377,9 (0,05)	7,30 (0,21)
<b>Бассейн р. Малка</b>									
Источник «Тхабзашхопс» (№ 2)	<u>6,94</u> 6,94	383,9 (0,01)	53,44 (0,02)	13,75 (0,45)	4,80 (0,67)	9,38 (0,01)	198,5 (0,44)	1167,6 (0,06)	13,22 (0,05)
Группа источников «Псынашхибль» (№ 1)	<u>7,31</u> 7,13	219,8 (0,09)	32,49 (0,05)	7,58 (0,25)	4,05 (0,31)	5,37 (0,08)	259,0 (0,18)	584,2 (0,05)	6,97 (0,07)
Оз. Большой Шадхурей (№ 6)	<u>8,31</u> 8,07	61,6 (0,12)	17,91 (0,08)	7,22 (0,15)	3,07 (0,07)	0,69 (0,03)	174,4 (0,16)	137,8 (0,05)	1,33 (0,40)
<b>Речные воды среднегорной зоны</b>									
Максимум		186,0	29,82	29,00	4,38	4,10	349,4	405,6	11,16
Медиана		47,0	11,09	5,69	1,87	0,34	215,9	31,4	1,97
Перцентиль 25		<u>58,34</u>	<u>17,84</u>	<u>9,68</u>	<u>2,92</u>	<u>0,65</u>	<u>272,4</u>	<u>89,59</u>	<u>6,55</u>
Перцентиль 75		34,83	7,63	2,89	1,02	0,13	157,2	13,97	0,96
Минимум		5,9	3,52	0,62	0,37	0,035	39,8	4,26	0,49

Воды этих объектов, за исключением оз. Большой Шадхурей (№6 на рисунке) и сероводородного источника «Ислису» (№ 4), обогащены ионами кальция, содержание которых в 1,5-2,5 раза выше максимальных для среднегорной зоны. В трех водотоках, находящихся в трех разных бассейнах, отмечены очень высокие, причем близкие по величине, концентрации магния, втрое превышающие типичный уровень и в 1,5 раза максимальный. Воды других, расположенных от них в непосредственной близости, а именно: стока оз. Церик-кель (№ 7) и родников «Псынашхибль» (№ 1), содержали Mg<sup>2+</sup> в концентрациях на уровне максимальных, обнаруженных в нескольких ручьях среднегорной зоны. В то же время содержание ионов магния в водах оз. Большой Шадхурей (№ 6) и источника «Ислису» (№ 4) попадает в диапазон типичных для этой зоны значений. Особенно высок уровень загрязнения карстовых вод сульфат-ионами. Их концентрации в трех водных объектах с наибольшим содержанием магния и кальция (водоем в карстовом колодце в с. Бабугент (№ 5), холодные сероводородные источники выше сел Жанхотеко и Каменномостское) составили 1,0-1,4 г/л, в менее минерализованных водах источников «Псынашхибль» в пойме Малки и ручье из оз. Церик-кель – 0,5-0,7 г/л. Также соответственно содержанию щелочно-земельных металлов концентрации SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в водах оз. Большой Шадхурей (№ 6) и источника «Ислису» (№ 4) хотя и были повышены, но уступали максимальным, отмечавшимся в некоторых среднегорных речках, например, Кичмалке. В противоположность вышеперечисленным ионам ни один из водных объектов не выделялся на фоне речных вод среднегорной зоны по содержанию гидрокарбонат-ионов, а самый минерализованный источник в с. Жанхотеко (№ 3) содержал ионы HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в концентрациях ниже типичных. Достаточно высокими (на уровне максимальных для поверхностных вод и несколько выше) концентрациями хлоридов и ионов натрия отличались только два объекта: сероводородный источник «Тхабзашхопс» (№ 2) и сток из карстового колодца в бассейне р. Черек (№ 5). Наибольшие значения концентраций ионов калия, близкие к максимальным, отмечены в источниках бассейна

р. Малка. Отдельного внимания заслуживает содержание в водах такого токсичного компонента, как стронций. Типичный уровень его концентраций в районе исследования не превышает 1 мг/л. Некоторые водотоки, сосредоточенные в основном в осевой зоне Скалистого хребта и р. Кичмалка, содержат 3-4 мг/л  $\text{Sr}^{2+}$ , но в выходах карстовых вод в каждом обследованном речном бассейне зарегистрированы сверхвысокие концентрации этого поллютанта от 7 до 12 мг/л, что превышает ПДК питьевой воды (7 мг/л). Вынос этого токсиканта подземными водами столь велик, что после прохождения Скалистого хребта транзитные ледниковые реки, являющиеся основными водными артериями региона, многократно обогащаются стронцием [3] до концентраций, превышающих ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Кроме уровня содержания примесей в водах, не менее важным гидрохимическим показателем, отражающим их генетическую связь, является относительный ионный состав, т.е. доля каждого из ионов, выраженная через проценты их эквивалентов. Эти данные приведены в табл. 2 отдельно для катионов и анионов. Стронций считается микропримесью, и его обычно не принимают в расчет, но ввиду высоких концентраций, сравнимых с содержанием главных ионов натрия и калия, ионы  $\text{Sr}^{2+}$  были включены в вычисление % эквивалентов катионов.

Таблица 2

## ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАРСТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Водный объект	% эквивалентов катионов					% эквивалентов анионов		
	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Sr}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
<b>Бассейн р. Черек</b>								
Сток оз. Церик-кель (№ 7)	80,98 (0,05)	15,91 (0,16)	2,55 (0,98)	0,14 (0,36)	1,11	19,12 (0,44)	79,60 (0,11)	1,23 (0,16)
Водоем в карст. воронке с. Бабугент (№ 5)	75,73 (0,003)	21,18 (0,06)	2,31 (0,90)	0,28 (0,26)	0,97	13,39 (0,18)	85,34 (0,04)	1,25 (0,49)
Источник «Ислису» (№ 4)	68,91 (0,01)	24,21 (0,015)	4,64 (0,003)	1,42 (0,52)	1,10	44,02 (0,25)	51,95 (0,19)	3,33 (0,38)
<b>Бассейн р. Баксан</b>								
Источник, лев. приток, с. Жанхотеко (№ 3)	82,24 (0,01)	16,36 (0,006)	0,60 (0,53)	0,25 (0,40)	1,05 (0,03)	6,55 (0,34)	92,78 (0,025)	0,66 (0,14)
<b>Бассейн р. Малка</b>								
Источник «Тхабзашхопс» (№ 2)	78,37 (0,01)	18,18 (0,005)	2,43 (0,44)	0,50 (0,65)	0,85 (0,03)	11,44 (0,34)	87,22 (0,04)	1,34 (0,05)
Источники «Псынашхиль» (№ 1)	77,45 (0,01)	19,14 (0,04)	2,31 (0,19)	0,68 (0,28)	0,84 (0,07)	24,08 (0,19)	72,93 (0,055)	1,17 (0,03)
Оз. Большой Шадхурей (№ 6)	61,81 (0,03)	29,98 (0,03)	6,38 (0,22)	1,59 (0,11)	0,37 (0,02)	49,35 (0,065)	49,92 (0,07)	0,64 (0,32)
<b>Речные воды среднегорной зоны</b>								
Максимум	81,70	47,48	24,54	3,94	2,34	94,08	71,33	4,26
Медиана	65,47	27,77	5,79	1,44	0,18	81,04	15,43	1,13
Перцентиль 25	<u>73,86</u>	<u>36,62</u>	<u>10,7</u>	<u>1,95</u>	<u>0,46</u>	<u>87,22</u>	<u>67,93</u>	<u>1,76</u>
Перцентиль 75	51,29	20,24	3,54	0,76	0,11	68,02	9,02	0,71
Минимум	18,92	12,36	1,03	0,57	0,04	27,43	3,33	0,26

Как видно из данных нижней части табл. 2, относительный ионный состав поверхностных вод среднегорной зоны очень разнообразен. Однако и на этом фоне водные объекты карстового происхождения заметно выделяются по анионному составу. В пяти из них абсолютно преобладают сульфат-ионы, а на гидрокарбонаты приходится 6,5-24,1 % эквивалентов. Даже воды оз. Большой Шадхурей (№ 6) и источника «Ислису» (№ 4) в Безенгийском ущелье, в большей степени подверженные воздействию поверхностных вод, содержали примерно поровну эквивалентов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ , тогда как большинство речных вод являются гидрокарбонатными. Вклад  $\text{Cl}^-$ -ионов составил  $1 \pm 0,35$  % эквивалентов, что типично для среднегорной зоны. В отличие от анионов величины, характеризующие соотношения катионов в обследованных водных объектах и поверхностных водах среднегорной

зоны, находятся в одинаковых пределах. Доминируют ионы кальция, проценты эквивалентов магния, несмотря на высокий абсолютный уровень содержания, оказались ниже, чем в большей части речных вод. Относительное содержание стронция составило около 1 % эквивалентов, что превышает относительное содержание ионов калия, а по сравнению с поверхностными водами входит в группу максимальных значений. Более высокий вклад  $Sr^{2+}$  в ионный состав отмечен в уже упомянутых водных объектах в теснинах Чегемского и Черекского (Безенгийского) ущелий, но абсолютные концентрации в них ниже. Исключением является оз. Большой Шадхурей, не отличающееся по этому показателю от типичных среднегорных водотоков. Относительное содержание ионов натрия в изучаемой группе водных объектов изменялось от 6,4 до 0,6 % эквивалентов. Но для типичных холодных сероводородных источников находилось в узком диапазоне 2,3-2,5 % эквивалентов. Среди них только источник в бассейне р. Баксан был обеднен натрием как по общему содержанию (концентрация почти в 4 раза меньше, чем стронция), так и относительно других катионов.

Сравнение концентраций микроэлементов, измеренных в водных объектах карстового происхождения, и диапазонов концентраций в поверхностных водах среднегорной зоны (табл. 3) показало, что такие элементы, как Al, As, Cu, Mn, Zn не являются характерными для этого вида водных объектов. То же можно сказать о токсичных тяжелых металлах Ag, Cd, Pb, Ni, Cr. Они не приведены в таблице 3, поскольку их концентрации не превышают 1 мкг/л и не отличаются от типичных для среднегорных водотоков. Однако между разными источниками наблюдались значительные отличия по содержанию некоторых микроэлементов. Так, воды сероводородного источника – притока Баксана (№ 3) – обогащены алюминием, хотя его концентрация не выше максимальной для зоны. Относительно высокое содержание цинка отмечено в источниках, открывающихся в пойму р. Малка, а максимальное, но тоже уступающее максимуму среднегорной зоны, – в источнике «Ислису», притоке р. Черек Безенгийский (№ 4).

**Таблица 3**

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОПРИМЕСЕЙ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ КАРСТОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Водный объект	Концентрация, мкг/л (коэффициент вариации)							
	F	Al	Zn	Mn	Cu	Mo	Li	As
<u>Бассейн р. Черек</u>								
Сток оз. Церик-кель (№ 7)	504 (0,11)	59,9 (0,02)	10,3 (0,84)	2,91 (0,77)	1,77 (1,21)	2,55 (0,35)	16,6 (0,49)	0
Водоем в карст. воронке с. Бабугент (№ 5)	915 (0,34)	72,7	16,7	33,40 (0,14)	3,30 (0,44)	1,69 (0,23)	44,5 (0,83)	1,45 (0,05)
Источник «Ислису» (№ 4)	412 (0,02)	81,8	47,4	7,80 (0,04)	2,98 (0,55)	1,22 (0,72)	1,5 (1,41)	0,68
<u>Бассейн р. Баксан</u>								
Источник, лев. приток, с. Жанхотеко (№ 3)	1151 (0,08)	226,9 (0,15)	0	3,42 (0,17)	5,04 (0,34)	13,85 (0,05)	1,5	0,71 (0,39)
<u>Бассейн р. Малка</u>								
Источник «Тхабзашхопс» (№ 2)	420 (0,07)	69,8	36,2	6,48 (0,18)	2,12 (0,55)	1,83 (0,18)	32,1 (0,16)	0,25 (1,41)
Источники «Псынашхибль» (№ 1)	328 (0,005)	92,7 (0,16)	48,9 (0,62)	3,10 (0,07)	1,64 (0,86)	2,34 (0,04)	16,9 (0,15)	0,29 (0,87)
Оз. Большой Шадхурей (№ 6)	235 (0,16)	95,4 (0,02)	17,0 (0,36)	2,30 (0,64)	2,75 (0,10)	0,30 (0,32)	3,5 (0,98)	0,37 (1,41)
<u>Речные воды среднегорной зоны</u>								
Максимум	283	300,7	53,8	12,88	8,30	4,34	23,2	6,55
Медиана	159	86,3	17,0	3,78	2,77	0,72	5,4	0,79
<u>Перцентиль 25</u>	<u>200</u>	<u>118,8</u>	<u>33,1</u>	<u>5,66</u>	<u>3,99</u>	<u>1,17</u>	<u>11,2</u>	<u>1,75</u>
Перцентиль 75	90	54,2	10,6	2,99	2,10	0,37	1,5	0,36
Минимум	37	20,9	0	1,44	0,41	0	0	0

В распределении марганца наблюдались свои особенности. Его концентрация в ручье из карстового водоема на левом берегу р. Черек выше с. Бабугент (№ 5) является абсолютным максимумом для всей среднегорной зоны КБР, но уже в стоке оз. Церик-кель, близко расположенном и находящемся в таких же условиях, концентрация в 10 раз ниже. Все остальные карстовые воды не отличались от других среднегорных рек. Характерной для карстовых вод микропримесью является фтор. Во всех объектах, кроме оз. Большой Шадхурей, его концентрации значительно превышали не только типичный уровень, но и максимальный для зоны. При этом в двух источниках № 3 и № 5 на рисунке (с. Жанхотеко и с. Бабугент) значения концентраций фторидов превысили ПДК для питьевой воды. Один из них, расположенный выше с. Жанхотеко, содержал молибден в сверхвысокой концентрации. Здесь следует отметить, что этот источник расположен на левой террасе р. Баксан, а выше по течению находится Тырнаузское вольфрамомолибденовое месторождение. Хотя эти пункты разделяют Скалистый хребет и Северо-Юрская депрессия, возможна связь глубинных вод с ореолом рассеяния молибдена. Этот элемент тоже можно считать характерным для карстовых вод природным поллютантом, так как концентрации Мо в воде источников в бассейнах рек Малка и Черек в 1,5-2 раза превышали его средний уровень в поверхностных водах изучаемого региона, уступая лишь нескольким объектам, и именно тем, которые находились в теснинах Чегемского и Черекского ущелий и содержали также стронций в повышенных концентрациях. Еще один элемент, крайне неравномерно распределенный по территории, – литий. Он не был обнаружен примерно в 20% водных объектов среднегорья. В двух сероводородных источниках № 2 и № 5 в западной (бассейн р. Малка) и восточной (бассейн р. Черек) части района исследований концентрации Li очень высоки, в двух других № 1 и № 7, находящихся в непосредственной близости от каждого из них, концентрации вдвое ниже, но превышают типичные зональные. Воды же источника в бассейне р. Баксан в центральной части района были обеднены литием, как и хлоридами.

### Выводы

Исследования показали, что несмотря на различия между водными объектами, они имеют одинаковое происхождение. К типичным карстовым водам можно отнести, кроме стока оз. Церик-кель, ручей из водоема в карстовом колодце выше с. Бабугент и воды сероводородных источников в бассейнах рек Баксан (выше с. Жанхотеко) и Малка (выше с. Каменноостское). Воды источников в долине Кураты (группа «Псынашхиль») и в еще большей степени источника «Ислису» в устьевой зоне р. Черек Безенгийский подвержены воздействию грунтовых вод.

Ассоциация компонентов химического состава, являющихся отличительной чертой карстовых вод на территории КБР, включает  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , F, Mo и частично Li.

Воды оз. Церик-кель, рассматривавшегося нами как самый типичный представитель карстовых вод, уступают водам других сероводородных источников, находящихся в разных бассейнах, по содержанию сульфатов, кальция, магния, стронция, фтора, но во всех сохраняется пропорциональность химического состава.

Не имея данных о стратификации в озере Большой Шадхурей, образовавшемся в карстовой воронке, на основании имеющихся результатов можно только предположить, что оно не испытывает влияния глубинных вод, а наблюдавшиеся отличия связаны с испарительным концентрированием.

Воды всех изученных объектов относятся к сульфатно-кальциевому типу, но значительно отличаются по микроэлементному составу. Именно глубинные воды карстового происхождения в наибольшей степени отражают состав осадочных пород в каждом речном бассейне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [geo-site.ru/index.php/http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/77/295-karst1.html](http://www.geo-site.ru/index.php/http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/77/295-karst1.html)
2. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю., Деменев А.Д. Результаты комплексной экспедиции по исследованию Голубого озера (Церик-кель) / Пещеры: сб. науч. тр. Естественно-научн. ин-т Перм. гос. нац. иссл. ун-та; ГИ УрО РАН. Пермь, 2017. Вып. 40. С 25-36
3. Килин Ю.А., Минькевич И.И. Новые карстологические исследования в районах Пермского Прикамья // Вопросы географии. 2018. Вып. 147. С 17-29
4. Гаев А.Я., Килин Ю.А., Алферов И.Н., Михайлов Ю.В., Скалин А.В. Гидрогеоэкологическое районирование карстов регионов Урала // Проблемы региональной экологии. 2010. № 2. С. 20-29
5. Кудерина Т.М., Мавлюдов Б.Р., Грабенко Е.А., Дбар Р.С. Геохимический состав природных вод карстовых систем Западного Кавказа // Вопросы географии. 2018. Сб. 147. С. 134-142
6. Кюль Е.В., Реутова Н.В., Корчагина Е.А., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Джанпиев Д.Р. Геоэкологические исследования на территории Кабардино-Балкарской Республики с 2012 по 2018 годы. Том 2. Пространственное распределение примесей в водах бассейнов главных рек Кабардино-Балкарской Республики. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2019. 173 с.

## REFERENCES

1. [geo-site.ru/index.php/http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/77/295-karst1.html](http://www.geo-site.ru/index.php/http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-10-19-57-27/77/295-karst1.html)
2. Maksimovich N.G., Meshcheriakova O.Yu., Demenev A.D. *Rezultaty kompleksnoy ekspeditsii po issledovaniyu Golubogo ozera (Tserik-kel')* [Scientific Results of Complex Expedition to the Blue Lake (Cherik-kel)] // Peshchery [Caves]: Collection of scientific works. Perm, 2017. Issue 40. Pp. 25-36
3. Kilin Yu.A., Minkevich I.I. *Novyye karstologicheskiye issledovaniya v rayonakh Permskogo Prikam'ya* [New karstological studies in districts of the Perm Prikamye] // *Voprosy geografii* [Geographical Issues]. 2018. № 147. Pp. 17-29
4. Gaev A.Ya., Kilin Yu.A., Alferov I.N., Mikhaylov Yu.V., Skalin A.V. *Gidrogeoeologicheskoye rayonirovaniye karstov regionov Urala* [Hydrogeoeological zonation of karst zones of Ural regions] // *Problemy regional'noy ekologii* [Regional Environmental Issues]. 2010. № 2. Pp. 20-29
5. Kuderina T.M., Mavlyudov B.R., Grabenko E.A., Dbar R.S. *Geokhimicheskiy sostav prirodnikh vod karstovykh sistem Zapadnogo Kavkaza* [Geochemistry of Western Caucasus limestone karst systems natural waters] // *Voprosy geografii* [Geographical Issues]. 2018. № 147. Pp. 134-142
6. Kyul E.V., Reutova N.V., Kortchagina E.A., Reutova T.V., Dreeva F.R., Jappuev D.R. *Geoekologicheskiye issledovaniya na territorii Kabardino-Balkarskoy respubliki s 2012 po 2018 gody* [Geoecological Investigations in the territory of the Kabardino-Balkarian Republic from 2012 to 2018]. Volume 2. Spatial Distribution of the Impurities in the Waters of the Main River Basins of the Kabardino-Balkarian Republic. Nalchik, 2019. 173 pp.



## COMPARATIVE HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER BODIES OF KARST ORIGIN IN THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

T.V. REUTOVA, F.R. DREEVA, N.V. REUTOVA

FSBSE «Federal scientific center  
«Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»  
Center of geographical researches  
360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarova street  
E-mail: kbncran@mail.ru

*On the territory of the KBR the chemical composition of the springs of cold hydrogen sulfide waters and karst lakes, the famous Blue lake (Cherik-Kel) and the drainless lake Bolshoy Shadhurei were studied. A comparison of them with each other and with the surface waters of the mid-mountain zone showed that waters of all springs as well as the lake Cheric-kel have deep karst origin (excepting the lake B. Shadhurei), but are affected to varying degrees by non-deep-lying groundwater. These water species are characterized by high mineralization, absolute predominance of sulfate ions in their composition, high content of toxic strontium, as well as magnesium, fluorine and molybdenum. Features of the trace element composition in each of the sources are related to the composition of sedimentary rocks in the corresponding river basin.*

**Key words:** subsurface water, chemical composition, karst lakes, springs of hydrogen sulfide water, surface water of land, mid-mountain zone.

*Работа поступила 02.08.2020 г.*

### Сведения об авторах:

**Реутова Татьяна Васильевна**, с.н.с. Центра географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2.

Тел. 8-963-167-70-53.

E-mail: reuttat@yandex.ru

**Дреева Фатима Робертовна**, н.с. Центра географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2.

Тел. 8-964-034-36-44.

E-mail: f.dreeva@mail.ru

**Реутова Нина Васильевна**, д.б.н., в.н.с. Центра географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360010, КБР, Нальчик, ул. Балкарова, 2.

Тел. 8-909-488-70-58.

E-mail: reutova371@mail.ru

### Information about the authors:

**Reutova Tatiana Vasilevna**, senior staff scientist of the Center of Geographical Research of KBSC of the Russian Academy of Sciences.

360010, KBR, Nalchik, Balkarov street, 2.

Ph. 8-963-167-70-53.

E-mail: reuttat@yandex.ru

**Dreeva Fatima Robertovna**, staff scientist of the Center of Geographical Research of KBSC of the Russian Academy of Sciences.

360010, KBR, Nalchik, Balkarov street, 2.

Тел. 8-964-034-36-44.

E-mail: f.dreeva@mail.ru

**Reutova Nina Vasilevna**, Doctor of Biological Sciences, leading staff scientist, Centre of geographical researches of KBSC of the Russian Academy of Sciences.

360010, KBR, Nalchik, Balkarov street, 2.

Ph. 8-909-488-70-58.

E-mail: reutova371@mail.ru