

УДК 504.064.36:574

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ MO, MN, ZN В ЛЕДНИКОВЫХ ВОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА ЗА ПЕРИОД 2019-2021 ГОДЫ

*Жинжакова Лилия Зуберовна¹,
Чередник Елена Александровна²*

*1 старший научный сотрудник
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
Нальчик
2 научный сотрудник
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
Нальчик*

FEATURES OF THE CONTENT OF MICROELEMENTS MO, MN, ZN IN THE GLACIER WATER OF THE CENTRAL CAUCASUS FOR THE PERIOD 2019-2021

*Zhinzhakova Liliya Zuberovna¹
Cherednik Elena Alexandrovna²*

*1 Senior staff scientist
FSBI «High-Mountain Geophysical Institute»
Nalchik
2 Staff scientist
FSBI «High-Mountain Geophysical Institute»
Nalchik*

Аннотация. Приводятся результаты исследования содержания основных микроэлементов (Mo, Mn, Zn) в водах трех ледниковых рек Центрального Кавказа ледникового питания в периоды зимней межени и летнего дождевого паводка. Показано, что в динамике их концентраций наблюдается тенденция понижения от зоны верхнего течения к зоне выхода в низкогорную зону и особенностей уровня загрязнения, присущие каждой реке в верховьях. Исследования проводились за трехлетний период - с 2019 по 2021 годы. Выявлены основные загрязнители воды в реках Малка, Баксан, Терек. Представлены концентрации микроэлементов в воде горных рек в основные фазы гидрологического режима. Проведен сравнительный межгодовой анализ.

Abstract. The results of a study of the content of the main microelements (Mo, Mn, Zn) in the waters of three glacial rivers of the Central Caucasus with glacial feeding during winter low water periods and summer rain floods are presented. It is shown that in the dynamics of their concentrations there is a downward trend from the zone of the upper reaches to the zone of entry into the low-mountain zone and the features of the level of pollution inherent in each river in the upper reaches. The studies were carried out over a three-year period - from 2019 to 2021. The main water pollutants in the rivers Malka, Baksan, Terek have been identified. The concentrations of trace elements in the water of mountain rivers during the main phases of the hydrological regime are presented. A comparative interannual analysis was carried out.

Ключевые слова: реки, ледниковые воды, микроэлементы (Mo, Mn, Zn), концентрация, исследование, загрязнение.

Key words: rivers, glacial waters, trace elements (Mo, Mn, Zn), concentration, research, pollution.

Введение

Основной вклад в формирование химического состава воды горных рек ледникового происхождения вносят осадки зимнего периода и выпадающие атмосферные осадки весенне-летнего сезонов, а также тающие ледники и снежники сезонных и прошлых лет. На формирование состава вод также влияют и другие факторы, отличающиеся рядом особенностей, обусловленных различными источниками поступления воды в русло рек. Часть осадков фильтруется через почвы, грунты и горные породы, также в водотоки поступают грунтовые и подземные воды, минеральные источники, которые в различной степени обогащены микроэлементами.

Основным антропогенным источником поступления микроэлементов, в частности, элемента Mo является Тырныаузский горно-обогатительный комбинат (его «хвостохранилища», карьеры, отвалы), где в реку Баксан поступают многочисленные дренажные ручьи с аномальной горнопромышленной территории, содержащие загрязняющие компоненты. В опубликованных ранее работах [1, 2], а также круглогодичный мониторинг воды

реки Баксан выявил повышенные концентрации соединений молибдена, которые фиксируются по длине реки вниз по течению.

Повышенные концентрации соединений Mn связаны, прежде всего, с поступлением многочисленных минеральных вод в бассейны рек. Содержание соединений Zn в водах трехлетнего периода отличается от двух других поллютантов и, можно сказать, является особенностью данного исследования. Зафиксировано всего два повышения концентрации цинка: в устьевых зонах рек Баксан (2 ПДК) на 169 км и Терек (1 ПДК) на 230 км. Их содержание нормируется и определяет качество поверхностных вод [3]. Кларки перечисленных элементов в земной коре по данным авторов разнятся от высоких концентраций (соединения марганца, цинка) до небольших [4]. Они варьируют для Mn от 700 до 1000 мг/кг; для Zn от 40 до 200 мг/кг и для Mo 1,1-10 мг/кг. Предельно допустимые концентрации металлов в поверхностных водах для рыбного и хозяйственного назначения составляют для марганца и цинка 10 мкг/дм³, для молибдена 1 мкг/дм³ [5].

Цель исследования связана с необходимостью контроля содержания микроэлементов в водах горных рек, выявлением особенности поступления загрязнителей водотоков под влиянием природных и антропогенных источников.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования являлись три горные реки. Наблюдение проводили в среднегорной и низкогорной зонах, ближе к устью. Пробоотбор проводился сотрудниками аккредитованной лаборатории Высокогорного геофизического института в период зимней межени и в период дождевых паводков с 2019 по 2021 годы по руководящему документу [6]. Верхние створы располагались на указанных в таблицах расстояниях от истока каждой реки. Исследования проводили по длине рек на расстоянии 70-80 км.

Анализ содержания растворенных форм токсичных металлов Mo, Mn, Zn проводили методом атомной абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на приборе МГА-915М [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Измеренные концентрации в воде исследуемых рек в период зимней межени и летнего паводка представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1.

Концентрации микроэлементов в воде ледниковых рек в зимнюю межень (2019-2021 годы)

Река	Пункты отбора, км от истока	Годы	Концентрация, мкг/дм ³		
			Mo	Mn	Zn
Малка	с. Сармаково, 105 км г. Прохладный, 190 км	2019	<u>0,64</u> <u>3,91</u>	<u>31,96</u> <u>22,77</u>	<u>4,70</u> <u>0,77</u>
		2020	<u>3,61</u> <u>3,59</u>	<u>24,86</u> <u>10,44</u>	<u>7,64</u> <u>2,88</u>
		2021	<u>0,23</u> <u>12,26</u>	<u>9,42</u> <u>19,32</u>	<u>1,98</u> <u>1,93</u>
Баксан	с. Исламей, 100 км г. Прохладный, 169 км	2019	<u>3,23</u> <u>4,91</u>	<u>17,63</u> <u>24,15</u>	<u>1,88</u> <u>0,82</u>
		2020	<u>10,99</u> <u>3,21</u>	<u>12,77</u> <u>19,90</u>	<u>3,27</u> <u>5,13</u>
		2021	<u>4,37</u> <u>18,19</u>	<u>5,96</u> <u>7,35</u>	<u>3,40</u> <u>20,1</u>
Терек	с. Эльхотово, 151 км с. Хамидие, 230 км	2019	<u>0,10</u> <u>1,88</u>	<u>44,74</u> <u>22,71</u>	<u>1,01</u> <u>0,58</u>
		2020	<u>0,10</u> <u>2,82</u>	<u>40,98</u> <u>25,61</u>	<u>5,70</u> <u>4,90</u>
		2021	<u>0,59</u> <u>5,89</u>	<u>5,44</u> <u>5,90</u>	<u>8,11</u> <u>10,0</u>
ПДК поверхностных вод, мкг/дм ³			1	10	10

Примечание. Курсивом выделено превышение ПДК; верхняя строка - первый пункт отбора, нижняя - второй пункт.

Как видно из представленных данных, основными загрязнителями воды горных рек с ледниковым питанием в исследуемый период являются соединения Mo и Mn. В водах зимней межени доминировал марганец, максимальная концентрация которого в верхнем течении р. Малка составил в 2019 году в обоих створах 3,2 ПДК, а в 2020 и 2021 годы соответственно 1,95 и 1,93 ПДК, в воде р. Баксан 2,4 ПДК, а в р. Терек высокие концентрации увеличивались до 4,1 и 4,5 ПДК. Значения экотоксиканта Mo доходили до 12 ПДК в 2021 году в нижнем течении р. Малка, до 18 ПДК в воде р. Баксан, а в воде р. Терек ниже в 2-3 раза. Содержание Zn в

зимних водах рек в основном соответствовал предельно допустимым нормативам (10 мкг/дм³) и варьировал в пределах 0,7-8,0 мкг/дм³. Однако было зафиксировано два скачка в 2021 году в нижнем течении рек Баксан и Терек соответственно 2 и 1 ПДК, что, скорее всего, связано с наличием геохимической аномалии.

В таблице 2 представлены значения концентраций загрязняющих микроэлементов в воде в период летних паводков 2019-2021 гг.

Таблица 2.

Концентрации микроэлементов в воде ледниковых рек в летнее половодье (2019-2021 годы)

Река	Пункты отбора, км от истока	Годы	Концентрация, мкг/дм ³		
			Mo	Mn	Zn
Малка	с. Сармаково, 105 км г. Прохладный, 190 км	2019	0,56	22,77	0,54
			3,02	24,54	1,25
		2020	2,31	10,44	4,96
		2021	3,47	10,05	3,66
		2021	0,10	17,06	0,78
			1,26	9,36	2,42
Баксан	с. Исламей, 100 км г. Прохладный, 169 км	2019	3,87	15,86	2,24
			3,97	11,18	2,12
		2020	3,92	18,4	6,27
		2021	2,62	5,94	5,47
		2021	3,73	13,63	1,98
			1,91	8,85	3,72
Терек	с. Эльхотово, 151 км с. Хамидие, 230 км	2019	3,02	11,26	1,45
			1,79	11,09	1,34
		2020	0,94	40,96	5,22
		2021	1,67	16,91	2,25
		2021	4,70	29,31	2,49
			1,50	18,21	3,24

Природный уровень загрязнения главных рек региона и в целом Центрального Кавказа в районе их формирования был и раньше высоким [8-10] и превышал ПДК.

В период дождевых паводков концентрации загрязняющих компонентов Mo и Mn убывали, но оставались повышенными. Как в среднегорье, так и в низкогорье р. Терек фиксировалась высокая степень загрязнения воды микроэлементом марганцем. Это обусловлено разными источниками поступления загрязнителей с многочисленными притоками, ручьями, содержащими микропримеси изучаемых микроэлементов Mo, Mn, Zn. Высокое содержание молибдена (4,7 ПДК) также зафиксировано в 2021 году в бассейне р. Терек. Отличительная особенность соединений Zn состоит в уменьшении концентрации от 0,5 до 5 мкг/дм³.

Выводы

Таким образом, воды рек Малка и Баксан в рассматриваемый период с 2019 по 2021 годы были обогащены соединениями Mo и Mn, воды Терека содержали высокие концентрации Mn (до 45 мкг/дм³) и наиболее низкие по Mo. Распределение Zn в водах исследуемых рек связано с гидрохимическими условиями миграции элемента в низкогорную зону. Основными загрязнителями воды ледниковых рек Малка, Баксан и Терек в основные фазы гидрологического режима (в зимнюю межень и дождевые паводки), являются соединения Mo и Mn. Превышение нормативных значений зафиксировано в обоих пунктах отбора проб воды. По загрязненности соединениями молибдена и марганца вода представленных горных рек относятся к «очень загрязненным» и «грязным». К числу загрязнителей относится и цинк в 2021 году в период зимней межени.

Библиографический список

1. Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Гидрохимический режим и содержание микроэлементов в водах горных рек Кабардино-Балкарии // [Modern Science](#). 2020. № 1-1. С.18-21.
2. Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Отличительная особенность распределения концентрации Mo в водах горных рек Центрального Кавказа // [Экологическая химия](#). 2021. Т.30. № 6. С. 336-339.
3. Качество поверхностных вод Российской Федерации / Ежегодник под ред. А.М. Никанорова. - Ростов-на-Дону. 2015. 529 с.
4. Войткевич Г.В. Справочник по геохимии / Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. - М.: Недра, 1990. 480 с.
5. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов

рыбохозяйственного значения. Приказ Росрыболовства от 13 декабря 2016г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения с изменениями на 12 октября 2018 года»

6. Р 52.24.353-2012. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. – Ростов-на-Дону, 2012. 36 с.

7. ПНД Ф 14.1:2.253-09. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn в природных и сточных водах атомно-абсорбционным методом «МГА-915». – М., 2009. – 36 с.

8. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Жинжакова Л.З., Реутова Т.В., Чередник Е.А. Исследование содержания токсичных загрязняющих веществ в водах рек Центрального Кавказа // Труды Высокогорного геофизического института. 2013. Вып. 97. С. 103-115.

9. Воробьева Т.И., Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Динамика содержания токсичных загрязняющих веществ в водах рек Баксан и Черек // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – Нальчик. 2011. № 5(43). С. 49-56.

10. Воробьева Т.И., Жинжакова Л.З., Чередник Е.А., Отарова А.С. Оценка фоновый уровня содержания микропримесей в речных водах на территории Центрального Кавказа // В книге: Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: Геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. Заалишвили В.Б., Авджян К.Э., Аджиев А.Х. и др. Коллективная монография. Владикавказ, 2017. С. 535-542.

References

1. Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. Hydrochemical regime and content of microelements in the waters of mountain rivers of Kabardino-Balkaria // Modern Science. 2020. No. 1-1. Pp.18-21. (In Russian).

2. Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. A distinctive feature of the distribution of Mo concentration in the waters of the mountain rivers of the Central Caucasus // Ekologicheskaya khimiya. 2021. V.30. No. 6. S. 336-339. (In Russian).

3. The quality of surface waters of the Russian Federation / Yearbook, ed. A.M. Nikanorov. - Rostov-na-Donu. 2015. 529 p. (In Russian).

4. Voitkevich G.V. Reference book on geochemistry / Voitkevich G.V., Kokin A.V., Miroshnikov A.E., Prokhorov V.G. - M.: Nedra, 1990. 480 p. (In Russian).

5. Perechen' normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya [Tekst] / Prikaz Rosrybolovstva ot 13 dekabrya 2016 g. № 552 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no-dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya (s izmeneniyami na 12 oktyabrya 2018 goda). (In Russian).

6. R 52.24.353-2012. Rekomendatsii. Otbor prob poverkhnostnykh vod sushi i ochishchennykh stochnykh vod. - M., 27 p. (In Russian).

7. PND F 14.1:2.253-09. Metodika vypolneniya izmereniy massovykh kontsentratsiy Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn v prirodnykh i stochnykh vodakh atomno-absorbtsionnym metodom «MGA-915». - M., 2009. - 36 p. (In Russian).

8. Vorob'eva T.I., Gushchina L.P., Zhinzhakova L.Z., Reutova T.V., Cherednik E.A. Study of the content of toxic pollutants in the waters of the rivers of the Central Caucasus // Trudy Vysokogornogo geofizicheskogo instituta. 2013. Vyp. 97. Pp. 103-115. (In Russian).

9. Vorob'eva T.I., Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. Dynamics of the content of toxic pollutants in the waters of the Baksan and Cherek rivers // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. – Nal'chik. 2011. No. 5(43). Pp. 49-56. (In Russian).

10. Vorob'eva T.I., Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A., Otarova A.S. Assessment of the background level of microimpurities in river waters on the territory of the Central Caucasus // V knige: Geologo-geofizicheskiye issledovaniya glubinnogo stroyeniya Kavkaza: Geologiya i geofizika Kavkaza: sovremennyye vyzovy i metody issledovaniy. Zaalishvili V.B., Avdzhyan K.E., Adzhiyev A.Kh. i dr. Kollektivnaya monografiya. Vladikavkaz. 2017. Pp. 535-542. (In Russian).

Об авторах

Жинжакова Лилия Зуберовна, старший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2, **Scopus ID:** 6504541441, **Researcher ID:** AAJ-8713-2021. Тел: +79380780809. e-mail: zhinzhakova@mail.ru.

Zhinzhakova Liliya Zuberovna, Senior Scientist, FSBI «High-Mountain Geophysical Institute», 2, Lenina Ave., Nalchik, Kabardino-Balkar Republic, Russia, 360030. **Scopus ID:** 6504541441, **Researcher ID:** AAJ-8713-2021. Тел: +79380780809

Чередник Елена Александровна, научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2, **Researcher ID:** AAI-7726-2021. Тел: +79094901967
Cherednik Elena Alexandrovna, Researcher, FSBI «High-Mountain Geophysical Institute», 2, Lenina Ave., Nalchik, Kabardino-Balkar Republic, Russia, 360030. **Researcher ID:** AAI-7726-2021. Тел: +79094901967.