

Содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа (бассейн реки Терек)

Ф.А. Атабиева  , А.С. Отарова 

 atabieva0812@mail.ru

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» г. Нальчик, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Выявление гидрологических и гидрохимических особенностей воды конкретных водных объектов имеет большое значение при решении задач экологического нормирования. Для России с ее крайним разнообразием природно-климатических условий это особенно актуально. Соответственно при экологическом нормировании необходимо учитывать региональные особенности формирования химического состава природных вод. В статье представлены данные о содержании растворенных форм тяжелых металлов (V, Cr, Mn, Zn, Cd, Pb, Mo, Ni) в воде рек Центрального Кавказа (Малка, Баксан, Черек, Урух, Терек, Нальчик, Лескен, Чегем, Шалушка, Урвань, Куркужин) в среднем и нижнем течении. Обеспеченность стока рек в 2021 г. составила 50 %. Водные ресурсы бассейна р. Терек играют ключевую роль в экономике региона. По степени хозяйственного и экологического воздействия бассейн, имеющий большое промышленно-хозяйственное, лечебно-оздоровительное и рекреационное значение, относится к числу наиболее напряженных. **Методы.** Результаты получены в ходе полевых исследований 2021 г., в рамках которых отобраны и проанализированы 154 пробы. Концентрацию растворенных форм соединений тяжелых металлов измеряли атомно-абсорбционным спектрометром «МГА-915М». Определение минерализации и водородного показателя проводили с использованием портативного кондуктометра HANNA (HI 991300). **Результаты.** Получены данные о средних концентрациях в воде растворенных форм тяжелых металлов, представлена их пространственная изменчивость. Рассмотрена сезонная динамика концентраций. Установлены приоритетные загрязняющие вещества и основные источники их поступления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязнение, реки Центрального Кавказа, бассейн р. Терек, растворенная форма соединений тяжелых металлов, предельно допустимые концентрации.

Для цитирования: Атабиева Ф.А. Отарова А.С., Содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа (бассейн реки Терек) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 3. С. 89-101. DOI: 10.35567/19994508_2023_3_6.

Дата поступления 08.12.2022.

HEAVY METALS CONTENT IN THE WATER OF THE RIVERS OF THE CENTRAL CAUCASUS (THE TEREK RIVER BASIN)

Fatimat A. Atabieva  , Asiyat S. Otarova 

 atabieva0812@mail.ru

Vysokogorny Geophysical Institute Nalchik, Russia

ABSTRACT

Relevance. The identification of the hydrological and hydrochemical characteristics of the water of specific water bodies is of great importance in solving the problems of environmental regulation. For Russia, with its extreme diversity of natural and climatic conditions, this is

© Атабиева Ф.А. Отарова А.С., 2023

especially important. Accordingly, during environmental regulation, it is necessary to take into account the regional peculiarities of the formation of the chemical composition of natural waters. The article presents data on the content of dissolved forms of heavy metals TM (V, Cr, Mn, Zn, Cd, Pb, Mo, Ni) in the water of the rivers of the Central Caucasus (Malka, Baksan, Cherek, Uruk, Terek, Nalchik, Lesken, Chegem, Shalushka, Urvan, Kurkuzhin) in the middle and lower the current. The security of river flow in 2021 was 50 %. The water resources of the Terek River basin play a key role in the economy of the republics. In terms of the degree of economic and environmental impact, the basin, which has great industrial, economic, health and recreational significance, is among the most strained. **Methods.** The results were obtained during field studies in 2021, during which 154 samples were selected and analyzed. The concentration of dissolved forms of heavy metal compounds was measured with an atomic absorption spectrometer "MGA-915M". The measurement of mineralization and hydrogen index was carried out using the HANNA conductometer (HI 991300). **Results.** Data on the average concentrations of dissolved forms of heavy metals are given. Spatial variability is presented. The seasonal dynamics of concentrations is considered. Priority pollutants of water bodies and the main sources of their input are identified.

Keywords: pollution, rivers of the Central Caucasus, river basin. Terek, dissolved form of heavy metal compounds, maximum permissible concentrations.

For citation: Atabieva F.A., Otarova A.S. Heavy metals content in the water of the rivers of the Central Caucasus (the Terek River basin). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 3. P. 89-101. DOI: 10.35567/19994508_2023_3_6.

Received 08.12.2022.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы – особо опасные химические вещества. В отличие от загрязняющих веществ органической природы, в той или иной степени разлагающихся в природных водах, соединения тяжелых металлов стабильны и сохраняются в водном объекте длительное время даже после устранения источника загрязнения [1–9].

Исследованные в представленной работе водосборные бассейны рек характеризуются вертикальной зональностью, многообразием подстилающих горных пород, что предопределяет повышенное содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа – Малка, Баксан, Чerek, Чегем, Урук, Тerek, Нальчик, Лескен, Шалushka, Урвань, Куркужин (бассейн р. Тerek). Например, качество воды р. Малка в фоновом створе соответствует III классу («умеренно загрязненная») из-за высокого содержания металлов, что связано с наличием полиминеральных руд на водосборной территории. Ниже по течению на качество воды р. Малка оказывает отрицательное влияние сброс сточных вод отходов спиртового производства. По многолетним наблюдениям р. Лескен является одной из чистых рек, но в фоновом створе отмечается повышенное содержание ионов тяжелых металлов¹.

Водные ресурсы бассейна Терека играют ключевую роль в экономике республик и интенсивно используются для орошения и обводнения сельскохозяйственных земель, рыбного хозяйства, хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, гидроэнергетики. Приказом Западно-Каспийского

¹ Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Тerek. Кн. 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна. 17 с.

бассейнового водного управления от 30 сентября 2014 года № 51/а-П утверждена разработанная Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) рек бассейна Каспийского моря на юг от бассейна Терека до государственной границы РФ. Согласно СКИОВО² основным водопользователем является сельское хозяйство, которое потребляет более 92 % воды от общего водозабора, крупные водопотребители – рыбная отрасль, жилищно-коммунальное хозяйство и гидроэнергетика. По степени хозяйственного и экологического воздействия бассейн, имеющий большое промышленно-хозяйственное, лечебно-оздоровительное и рекреационное значение, относится к числу наиболее напряженных.

В проекте СКИОВО рассмотрены вопросы использования и охраны водных объектов на территории, включающей бассейны рек Каспийского моря и, в частности, территории бассейна р. Терек. Определены лимиты и квоты на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод нормативного качества. Лимиты изъятия стока соответствуют НДС на водные объекты в части нормативов допустимого изъятия стока водных объектов. Они ограничивают антропогенное воздействие, вызванное забором части стока рек, и обеспечивают необходимый объем экологического стока для устойчивого функционирования водных экосистем². В табл. 1 приведены данные по объемам водозабора поверхностных вод и сброса сточных вод по некоторым водохозяйственным участкам в бассейне р. Терек.

Для эффективной охраны водных объектов от загрязнения сточными водами необходимо создание системы регламентации веществ двойного генезиса (естественного и техногенного) с учетом природно-климатических особенностей водосборов водных объектов. В данном случае, содержание тяжелых металлов характеризуется существенной пространственно-временной неоднородностью, зачастую их концентрации оказываются выше принятых федеральных нормативов (ПДК).

Таблица 1. Показатели объемов забора поверхностных вод из водного объекта и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества
Table 1. Indicators of volumes of surface water intake from a water body and wastewater discharge corresponding to quality standards

Код в/х участка и наименование водного объекта	Годовой сток обеспеченностью 95 %, млн м ³	Забор поверхностной воды, млн м ³ /год	Сброс сточных вод, млн м ³ /год
07.02.00.006 Черек	2181,52	70,97	38,08
07.02.00.007 Баксан без р. Черек	2243,0	63,18	11,99
07.02.00.005 Малка от истока до Кура-Марьинского канала	308,0	1,54	0,92

Учет региональных особенностей водных объектов позволит увеличить величину допустимой антропогенной нагрузки, что важно при определении НДС. В настоящее время очевидна необходимость в расчете фоновых концен-

² Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек. Кн. 1. Общая характеристика речного бассейна. 158 с.

траций соединений молибдена и марганца для определения доли возможного антропогенного вмешательства («приращения» к фону).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Истоки рек Баксан, Малка, Терек, Чегем, Черек, Урух берут начало в ледниках Главного Кавказского и Бокового хребтов (рис. 1). У истока в летний период эти реки имеют ледниковое питание, вниз по течению тип питания рек меняется. Истоки рек Нальчик, Лескен, Шалущка, Урвань, Куркужин расположены на северных склонах Пастбищного (Мелового) и Лесистого хребтов (рис. 1), значительно ниже Главного Кавказского хребта и не имеют современного оледенения. Поэтому у истоков этих рек преобладает подземное и грунтовое питание.

Главный хребет и его отроги на большей части покрыты ледниками и фирновыми полями. Только на крутых склонах обнажаются слагающие их породы (гнейсы, граниты и др.), дающие начало подвергающимся разрушению и сносу осыпям [10, 11]. Особенности рельефа, высотная поясность горных ландшафтов, неравномерное распределение осадков, резкие колебания температур по высотным зонам способствуют процессам выветривания. Выщелачивание поверхностными и подземными водами пород бассейновых территорий приводит к повышению в воде рек концентраций соединений тяжелых металлов.

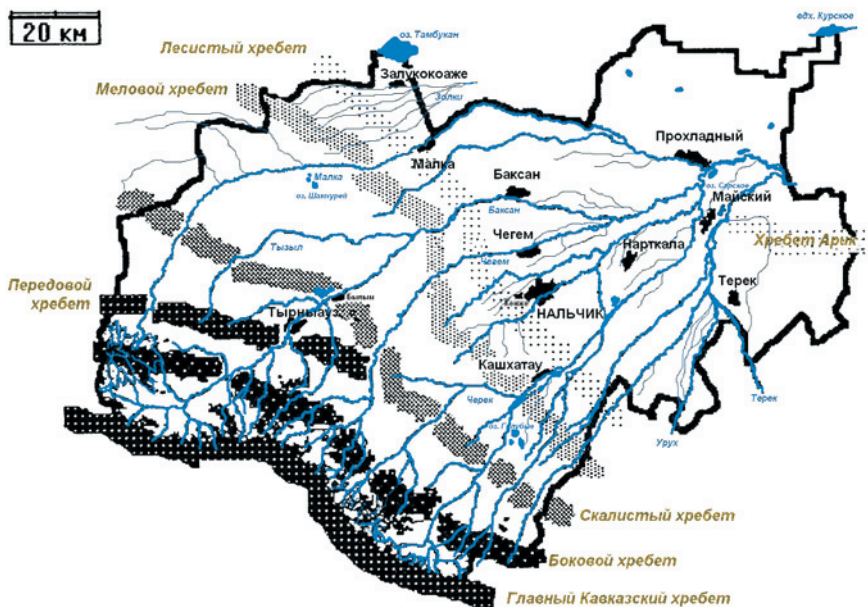


Рис. 1. Картограмма хребтов северного склона Центрального Кавказа.
Fig.1. Map – diagram of the ridges of the northern slope of the Central Caucasus.

Анализ загрязнения воды рек Центрального Кавказа растворенными формами тяжелых металлов (V, Cr, Mn, Zn, Cd, Pb, Mo, Ni) проводится ежегодно сотрудниками испытательного лабораторного центра Высокогорного геофизического института в рамках маршрутно-экспедиционных работ вдоль северного склона хребтов Центрального Кавказа.

Пробы воды отбирали в постоянных створах. Створ I для каждой реки располагается в предгорной зоне (среднее течение), створ II – в равнинной части (нижнее течение). Высота водосборов в среднем течении составляет 700 м над уровнем моря, в нижнем течении – 200 м. В 2021 г. отборы проб воды проведены семь раз (в зимнюю межень, в половодье – на подъеме, пике и спаде, в период прохождения дождевого паводка и осенью). Отобрано и проанализировано 154 пробы воды.

При отборе проб фиксировали температуру воздуха, воды, прозрачность, водородный показатель и уровень минерализации. Пункты наблюдений приведены в табл. 2. Для определения уровня содержания растворенных форм соединений металлов пробы воды фильтровали через фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат консервировали азотной кислотой (HNO_3) из расчета 0,1 мл на 100 мл пробы. Концентрацию измеряли атомно-абсорбционным спектрометром «МГА-915М». Определение минерализации и водородного показателя проводили с использованием портативного кондуктометра HANNA (HI 991300)³ [12, 13].

Таблица 2. Перечень пунктов отбора проб воды рек Центрального Кавказа, 2021 г.
Table 2. List of sampling points of the rivers of the Central Caucasus, 2021

Водный объект	Расстояние от истока, км	Пункт отбора
р. Малка	88	с. Малка
	190	г. Прохладный
р. Куркужин	40	с. Куба-Таба
	64	с. Карагач
р. Баксан	100	с. Исламей
	169	г. Прохладный
р. Чегем	68	с. Лечинкай
	87	г. Чегем-2
р. Шалушка	20	с. Шалушка
	34	пост ДПС, сады
р. Нальчик	30	г. Нальчик
	43	с. Нартан
р. Урвань	15	Ост. «27 км ж/д»
	44	с. Новоивановское
р. Черек	54	г. Кашхатау
	112	п. Октябрьский
р. Лескен	38	с. Лескен
	61	ст. Александровская
р. Урух	76	с. Урух
	105	ст. Александровская
р. Терек	151	с. Эльхотово
	230	с. Хамидие

³ 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 методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915». М., 2009.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Минерализация рек с преобладанием ледникового питания (Баксан, Малка, Терек, Чегем, Черек, Урух) достигает максимумов в марте, когда реки переходят на грунтовое питание. Минимальные значения минерализации наблюдаются в июне, июле. В качестве примера представлены графики для рек Малка, Баксан и Терек (рис. 2). Для рек с преобладанием ледникового питания, длительность половодья которых несколько месяцев (май – август), в результате таяния ледников и сезонного снежного покрова значительно увеличивается расход воды, что приводит к разбавлению воды и существенному уменьшению минерализации.

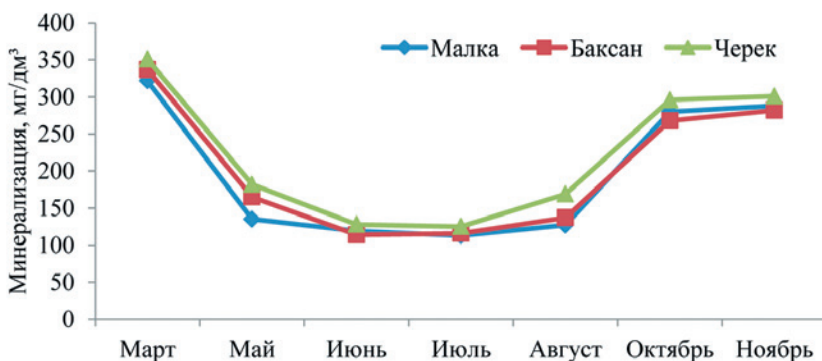


Рис. 2. Минерализация воды рек Малка, Баксан, Черек.
Fig.2. Mineralization of the Malka, Baksan, and Cherek rivers water.

Изменчивость минерализации воды рек Нальчик, Лескен, Шалушка, Урвань, Куркужин с преобладанием грунтового питания значительно отличается от закономерностей, наблюдаемых для рек с ледниковым питанием (рис. 3). Например, в воде рек Нальчик, Шалушка, Куркужин резкого уменьшения минерализации в летние месяцы не отмечено, а высокие значения минерализации воды в р. Куркужин могут свидетельствовать о значительном влиянии антропогенного фактора, т. к. по степени загрязненности по многолетним данным воды реки относятся к «грязным».

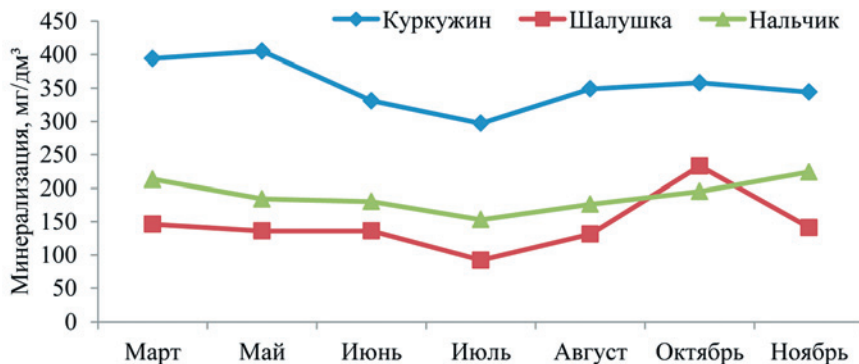


Рис. 3. Минерализация воды рек Куркужин, Шалушка, Нальчик.
Fig.3. Mineralization of the Kurkuzhin, Shalushka, and Nalchik rivers water.

Значения водородного показателя в воде рек изменяются незначительно и составляют от 7,50 до 8,78 единиц.

Одним из важных показателей качества воды является содержание тяжелых металлов. Соединения тяжелых металлов относятся к веществам двойного генезиса: они могут содержаться в воде за счет естественных факторов формирования ее химического состава и в результате антропогенного воздействия. По результатам многолетних данных в водах исследуемых рек по соединениям V, Cr, Cd, Ni не отмечено превышения предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДКрх). По соединениям Zn, Pb наблюдаются единичные случаи превышения ПДКрх. По соединениям Mn, Mo во всех реках фиксируются превышения ПДКрх. Поэтому в таблицах даны результаты для веществ, концентрации которых превышают ПДКрх.

Средние значения концентраций растворенных форм Mn, Mo и диапазоны их изменчивости в воде рек с преобладанием ледникового или грунтового питания представлены в табл. 3 и табл. 4. Концентрации молибдена и марганца во всех исследованных реках превышают значения ПДКрх. Максимальные значения молибдена зафиксированы в воде рек Черек и Баксан, в нижнем течении (5 и 4,9 ПДК соответственно). Максимальные значения марганца установлены в нижнем течении р. Терек. В реках с преобладанием грунтового питания максимальные значения молибдена и марганца наблюдаются в среднем течении р. Урвань (8,3 и 17,6 ПДК).

Как отмечено в [14], территория Северного Кавказа загрязнена соединениями никеля, цинка, меди, хрома, олова, свинца, а отдельные ландшафты и соединениями молибдена, вольфрама, марганца, стронция. В естественных условиях ионы металлов поступают в поверхностные воды, в основном, за счет выветривания, выщелачивания, растворения минералов и пород, слагающих водосборный бассейн. При антропогенном загрязнении соединения тяжелых металлов выносятся в водоемы со сточными водами обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и шахтными водами. Таковые на исследуемой территории отсутствуют, за исключением давно законсервированного Тырныаузского горно-обогатительного комбината. Тырныаузский горно-обогатительный комбинат и «хвостохранилище» расположены в Баксанском ущелье, по которому протекает р. Баксан, но максимальные значения молибдена обнаружены в воде р. Урвань, исток которой расположен на склонах Пастбищного (Мелового) хребта, является протоком р. Черек и впадает в р. Черек на 58 км от устья⁴.

В долине р. Урвань имеются родники, возможно, влияющие на химический состав воды реки. В бассейне Терека основное русло реки и все основные притоки имеют общее северное направление, в результате чего пересекают карстовую зону в своем среднем течении. Для большинства рек бассейна величина их стока перед карстовой зоной наибольшая, поэтому в карстовые полости уходит значительная его часть. Соответственно, ниже карстовой зоны начинает выклиниваться подземный сток, в довольно значительном объеме увеличивая поверхностный.

⁴Государственный водный кадастр: 1kadastr.com.

Таблица 3. Концентрации Mn, Mo в воде рек с преобладанием ледникового питания в среднем и нижнем течении, 2021 г.

Table 3. Average values of Mn, Mo concentrations and the range of variation of values in the water of rivers with a predominance of glacial nutrition, in the middle and lower reaches, 2021

Показатель, мкг/дм ³	Среднее течение		Нижнее течение		ПДК, мкг/дм ³
	X _{cp}	X _{min} -X _{max}	X _{cp}	X _{min} -X _{max}	
р. Чегем					
Mo	1,42	0,1-3,33	1,59	0,1-4,24	1
Mn	13,51	4,38-25,38	9,79	5,27-16,70	10
р. Урух					
Mo	1,63	0,1-4,09	1,07	0,35-1,76	1
Mn	15,20	1,05-35,51	12,82	3,85-20,85	10
р. Баксан					
Mo	4,25	3,52-5,94	4,89	1,36-18,19	1
Mn	9,81	3,94-15,83	8,95	4,77-13,49	10
р. Черек					
Mo	1,40	0,1-3,34	5,01	1,41-12,50	1
Mn	20,77	3,97-33,66	10,87	5,58-21,48	10
р. Малка					
Mo	1,66	0,1-4,93	4,34	1,26-12,26	1
Mn	11,58	6,15-17,06	10,01	4,22-19,32	10
р. Терек					
Mo	1,47	0,1-4,70	4,36	1,5-9,68	1
Mn	14,60	5,02-29,31	13,90	3,86-32,55	10

Таблица 4. Концентрации Mn, Mo в воде рек с преобладанием грунтового питания в среднем и нижнем течении, 2021 г.

Table 4. Average values of Mn, Mo concentrations and the range of variation of values in the water of rivers with a predominance of ground feeding, in the middle and lower reaches, 2021

Показатель, мкг/дм ³	Среднее течение		Нижнее течение		ПДК, мкг/дм ³
	X _{cp}	X _{min} -X _{max}	X _{cp}	X _{min} -X _{max}	
р. Куркужин					
Mo	4,87	1,44-7,16	2,12	0,1-4,10	1
Mn	15,62	3,37-38,41	7,86	2,31-18,39	10
р. Шалушка					
Mo	1,95	0,36-5,06	5,20	0,84-18,59	1
Mn	8,22	1,77-15,94	17,00	4,94-33,30	10
р. Нальчик					
Mo	1,12	0,1-2,08	1,56	0,1-3,23	1
Mn	8,37	3,96-15,05	7,63	4,7-11,97	10
р. Урвань					
Mo	8,31	3,3-20,80	7,70	1,76-20,0	1
Mn	17,61	10,02-25,59	16,68	8,1-31,26	10
р. Лескен					
Mo	1,25	0,18-2,20	0,59	0,1-1,56	1
Mn	14,46	2,2-56,10	9,07	0,1-18,26	10

При этом большая часть стока, попавшая в подземный, в низовьях рек выклинивается и становится поверхностным стоком, поэтому подземное питание в стоке рек приобретает весьма значительную долю [15]. Возможно, именно карстовая зона привносит свой вклад в химический состав вод исследуемых рек.

Постоянное превышение предельно допустимых концентраций молибдена, марганца в воде рек бассейна Терека, вероятно, объясняется природным гидрогеохимическим фоном, в связи с чем ПДК этих загрязняющих веществ не могут быть соблюдены. Пространственная изменчивость концентраций молибдена и марганца представлена в табл. 2.

Вниз по течению рек концентрация молибдена в воде р. Баксан уменьшается с 12,79 до 6,10 мкг/дм³, в других реках пространственная изменчивость концентраций молибдена незначительна. Концентрации соединений марганца в воде рек Малка, Баксан, Терек, Куркужин уменьшаются, а в воде рек Урух, Лескен, Шалушка, Урвань увеличиваются вниз по течению. При анализе сезонной изменчивости концентраций соединений молибдена и марганца в реках с преимущественно ледниковым питанием (рис. 4, рис. 5) выявлено, что в летнее половодье эти показатели, в основном, имеют более низкие значения, чем в зимнюю межень.

В воде рек с преобладанием грунтового питания концентрации марганца в летние месяцы также уменьшаются (рис. 7), но концентрации молибдена (рис. 6) в июне-июле значительно превышают зимние, за исключением воды рек Шалушка и Урвань.

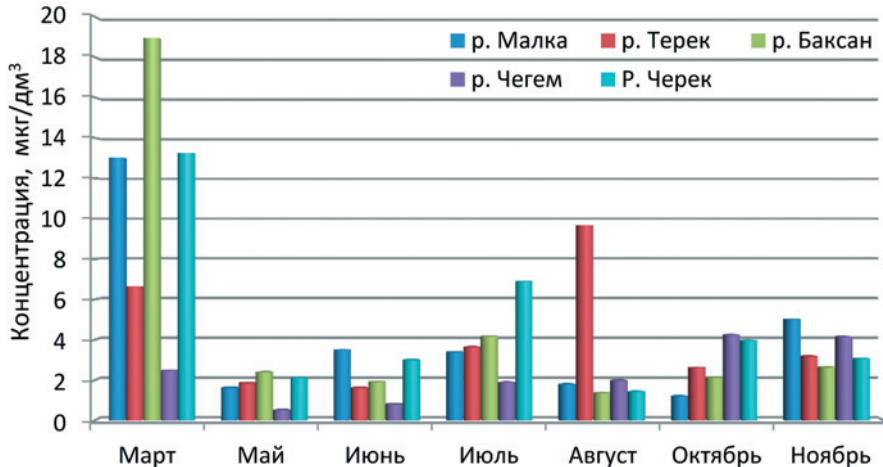


Рис. 4. Концентрация молибдена в реках с преимущественно ледниковым питанием.
Fig.4. Molybdenum concentration in rivers with predominantly glacial feeding.

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований показал, что уровень содержания соединений молибдена и марганца оказывается значительно выше принятых для них общефедеральных нормативов (ПДК). Разработка и внедрение региональных предельно допустимых концентраций (РДК) [16–18] может позволить исправить ситуацию, когда ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин, обусловленных природным гидрохимическим фоном.

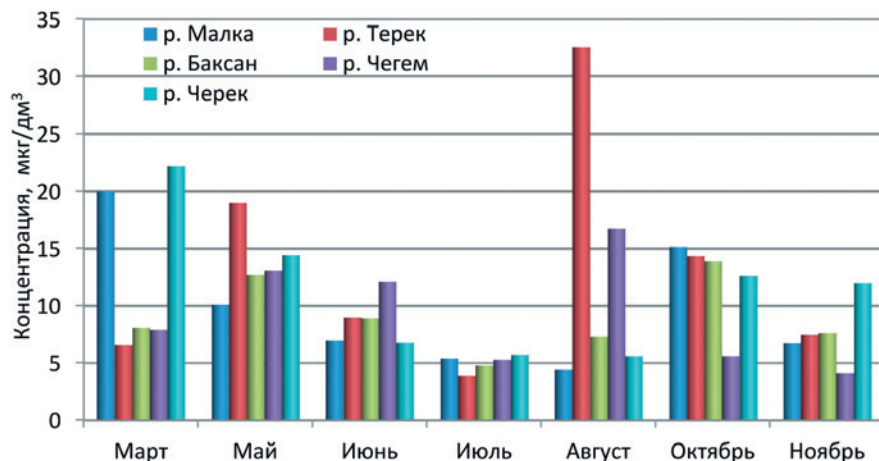


Рис. 5. Концентрация марганца в реках с преимущественно ледниковым питанием.
Fig.5. Manganese concentration in rivers with predominantly glacial feeding.

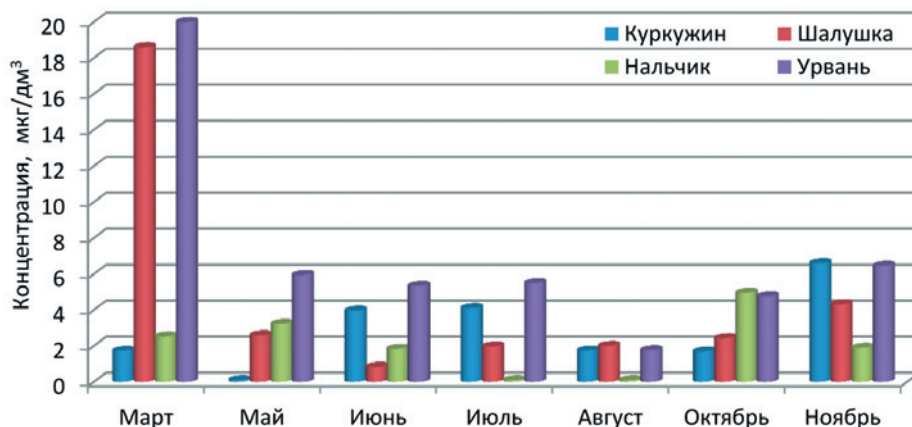


Рис. 6. Концентрации молибдена в воде рек с преобладанием грунтового питания.
Fig.6. Molybdenum concentrations in the water of rivers with a predominance of soil nutrition.

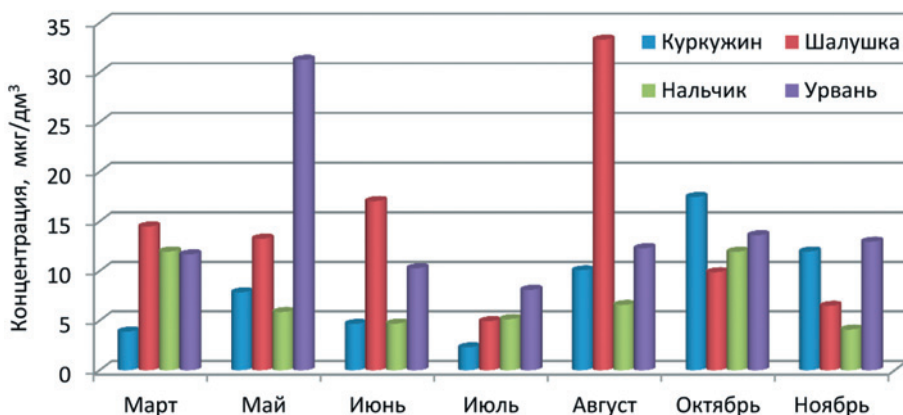


Рис. 7. Концентрации марганца в воде рек с преобладанием грунтового питания.
Fig. 7. Concentrations of manganese in the water of rivers with a predominance of soil nutrition.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что вода рек Центрального Кавказа (Малка, Баксан, Черек, Чегем, Терек, Нальчик, Шалушка, Урвань, Куркужин) содержит превышающие значения ПДК_{рх} по соединениям молибдена и марганца, что объясняется влиянием природного фактора.

Концентрации растворенных форм соединений молибдена и марганца в воде рек подвержены значительной сезонной изменчивости:

- для соединений Мо максимальные концентрации фиксируются в воде рек с преобладанием ледникового питания в зимнюю межень, в воде рек с преобладанием грунтового питания – в летние месяцы;

- для соединений Mn минимальные значения отмечены в летний период как в реках с преобладанием ледникового питания, так и в реках с грунтовым питанием.

Исследования содержания тяжелых металлов в указанных реках продолжаются, т. к. для разработки нормативов качества воды и допустимого антропогенного воздействия необходимы данные за более длительный период. В целях улучшения качества воды рек и снижения антропогенного воздействия веществ двойного генезиса определены приоритетные мероприятия:

- разработка нормативов качества воды водных объектов с учетом их природных особенностей;

- повышение ответственности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, оказывающую негативное воздействие на водные объекты;

- экологическое воспитание населения в традициях бережного отношения к водным ресурсам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. Биология. 1998. № 5. С. 23–29.
2. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / пер. с англ. М.: Мир, 1987. 288 с.
3. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 310 с.
4. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.
5. Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Мысль, 1976. 448 с.
6. Duruibe JO, Ogweregbu MOC, Egwuruguru J.N. Heavy metal pollution and human bio-toxic effects // International Journal of Physics Science. 2007. 2(5). P. 112–118.
7. Larned, SAINT, Snelder T., Anvin M., McBride Gee. Qualité de l'eau dans les rivières de Nouvelle-Zélande: état actuel et tendances. // Journal néo-zélandais de la recherche marine et en eau douce. 2016. 50 (3). P. 389–417.
8. Davutluoglu OI, Seckin G, Ersu CB, Yilmaz T, Sari B. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. // Journal of Environmental Management. 2011. 92. P. 2250–2259.
9. Superville P.J., Pridzhil E., Magnier A., Lesven L., Gao U., Bayens V. Daily fluctuations of Zn and Pb concentrations in the Defile River due to resuspension of heavily polluted sediments. // Science Total Environment 2014. 470. P. 600–607.
10. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. 392 с.

11. Войткевич В.Г., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии. Недра, Москва, 1977. 184 с.
12. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды / Под ред. Ф.Я. Ровинского. М.: Гидрометеиздат, 1986. 90 с.
13. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методика анализа природных вод. М., 1970. С. 189–198.
14. Дьяченко В.В. Геохимия и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.23. Новороссийск, 2004. 326 с.
15. Панов В.Д., Базельюк А.А., Лурье П.М. Река Терек: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2015. 606 с.
16. Лепихин А.П. К совершенствованию технологии регламентации антропогенных нагрузок на водные объекты // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 4. С. 100–102.
17. Веницианов Е.В., Аджиев Г.В., Возняк А.А., Чиганова М.А. Современные проблемы оценки, регулирования и мониторинга качества поверхностных вод // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 1. С. 47–59. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-1-4.
18. Попов А.Н. О неопределенности результатов применения величин ПДК при оценке состояния водного объекта // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2022. № 4. С. 103–127.

REFERENCES

1. Budnikov G.K. Heavy metals in environmental monitoring of water systems. *Soros. Educational Journal. Biology*. 1998. No. 5. P. 23–29 (In Russ.).
2. Moore J., Ramamurti S. Heavy metals in natural waters: Control and assessment of influence / Trans. from English M.: Mir, 1987. 288 p. (In Russ.).
3. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V. Biomonitoring of heavy metals in freshwater ecosystems. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 310 p. (In Russ.).
4. Perelman A.I. Geochemistry / A.I. Perelman.-M.: Vysshaya shkola [Higher School], 1979. 423 p. (In Russ.).
5. Milkov F.N., Gvozdetsky N.A. Physical geography of the USSR. General overview. The European part of the USSR. Kavkaz. M.: Mysl, 1976. 448 p. (In Russ.).
6. Duruibe JO, Ogweregbu MOC, Egwuruguru JN. Heavy metal pollution and human bio-toxic effects. *International Journal of Physics Science*. 2007. 2(5):112-118.
7. Larned, SAINT, Snelder, T, Anvin, M, McBride, Gee. Qualité de l'eau dans les rivières de Nouvelle-Zélande: état actuel et tendances. *Journal néo-zélandais de la recherche marine et en eau douce*. 2016. 50 (3): 389-417.
8. Davutluoglu OI, Seckin G, Ersu CB, Yilmaz T, Sari B. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. *Journal of Environmental Management*. 2011. 92:2250-2259.
9. Superville P.J., Pridzhil E., Magnier A., Lesven L., Gao U., Bayens V. (2014) Daily fluctuations of Zn and Pb concentrations in the Defile River due to resuspension of heavily polluted sediments. *Science Total Environment*. 2014. 470:600-607.
10. Gvozdetsky N.A. Problems of studying karst and practice. Moscow: Mysl [Conception], 1972. 392 p. (In Russ.).
11. Voitkevich V.G., Miroshnikov A.E., Povarennykh A.S., Prokhorov V.G. A brief guide to geochemistry. Nedra, Moscow, 1977. 184 p. (In Russ.).
12. Unified methods of monitoring background pollution of the natural environment / Edited by F.Ya. Rovinsky. M.: Gidrometeoizdat, 1986. 90 p. (In Russ.).
13. Reznikov A.A., Mulikovskaya E.P., Sokolov I.Yu. Methods of analysis of natural waters. M., 1970. P. 189–198. (In Russ.).
14. Dyachenko V.V. Geochemistry and assessment of the state of landscapes of the North Caucasus: dis. doc. geograf. nauk: 25.00.23. Novorossiysk, 2004. 326 p. (In Russ.).
15. Panov V.D., Bazelyuk A.A., Lurie P.M. The Terek River: Hydrography and flow regime. Rostov-on-Don: Don Publishing House, 2015. 606 p.

16. Lepikhin A.P. Towards improving the technology of regulation of anthropogenic loads on water bodies. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2022. No. 4. P. 100–102 (In Russ.).
17. Venitsianov E.V., Adzhienko G.V., Wozniak A.A., Chiganova M.A. Modern problems of assessment, regulation and monitoring of surface water quality. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2018. No. 1. P. 47–59. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-1-4 (In Russ.).
18. Попов А.Н. On the uncertainty of the results of the application of MPC values in assessing the state of a water body. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2022. No. 4. P. 103–127 (In Russ.).

Сведения об авторах:

Атабиева Фатимат Адраевна, канд. хим. наук, руководитель испытательного лабораторного центра, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360030, г. Нальчик, пр-т Ленина, 2; ORCID: 0000-0002-4452-0310; e-mail: atabieva0812@mail.ru

Отарова Асият Салиховна, младший научный сотрудник, испытательный лабораторный центр, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360030, Нальчик, пр-т Ленина, 2; ORCID: 0000-0001-5623-7793; e-mail: otarova08@mail.ru

About the authors:

Fatimat A. Atabieva, Candidate of Chemical Sciences, Head, Testing Laboratory Center, Vysokogorny Geophysical Institute, pr. Lenina, 2, Nalchik, 360030, Russia; ORCID: 0000-0002-4452-0310; e-mail: atabieva0812@mail.ru

Asiyat S. Otarova, Junior Researcher, Testing Laboratory Center, Vysokogorny Geophysical Institute, pr. Lenina, 2, Nalchik, 360030, Russia; ORCID: 0000-0001-5623-7793; e-mail: otarova08@mail.ru