

Пространственно-временная изменчивость уровня содержания соединений тяжелых металлов в водных объектах Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника

И.И. Кучменова¹  , Ф.А. Атабиева¹ , Л.Е. Ефимова² ,
Е.В. Терская² 

 ira_kuchmenova@mail.ru

¹ ФГБУ *Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия*

² ФГБОУ ВО *«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Изучение водных объектов, сохраняющих естественный гидрохимический фон в условиях удаленного расположения от источников антропогенного воздействия, позволяет получить информацию об особенностях формирования химического состава вод рек и о фоновых концентрациях соединений тяжелых металлов. В данной статье исследовано содержание в основные фазы водного режима растворенных форм соединений тяжелых металлов Mn, Cu, Pb, Fe и Zn, их миграционная подвижность и пространственно-временное распределение в воде рек Черек Балкарский и Чегем, протекающих по территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника. **Методы.** Полевые исследования проводились в высокогорной части рек Черек Балкарский и Чегем. Отбор проб воды производился в летнее половодье (июль 2017 г.) и в зимнюю межень (ноябрь 2018 г.). В пробах воды выполнено определение растворенных форм марганца, свинца, меди, цинка с применением атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией. Растворенное железо определялось с использованием техники атомизации пламени. **Результаты.** Согласно полученным данным природный фон исследуемой территории характеризуется повышенным содержанием растворенных форм соединений тяжелых металлов, превышающих значения ПДК_{рх}. Различие геохимических и биоклиматических природных условий (высотная поясность) водосборной территории обусловили повышенное содержание растворенных соединений тяжелых металлов и значительную вариацию их концентраций в воде рек Чегем и Черек Балкарский. Эти факты свидетельствуют о необходимости учета при нормировании ПДК соединений тяжелых металлов в воде горных рек природ-

© Кучменова И.И., Атабиева Ф.А., Ефимова Л.Е., Терская Е.В., 2021

ной геохимической среды и особенностей бассейновых территорий. Разработка и внедрение бассейновых допустимых концентраций (БДК) позволит улучшить эффективность водоохранных мероприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: р. Черек Балкарский, р. Чегем, тяжелые металлы, коэффициент миграции, нормирование ПДК.

Для цитирования: Кучменова И.И., Атабиева Ф.А., Ефимова Л.Е., Терская Е.В. Пространственно-временная изменчивость уровня содержания соединений тяжелых металлов в водных объектах Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 6. С. 43–56. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-3.

Дата поступления 07. 12. 2020.

SPATIAL/TEMPORAL VARIABILITY OF THE HEAVY METALS COMPOUNDS CONTENT LEVEL IN WATER BODIES OF THE KABARDINO-BALKAR HIGH-MOUNTAIN STATE NATURE RESERVE

Irina I. Kuchmenova¹  , Lyudmila E. Efimova¹ ,
Fatimat A. Atabieva² , Elena V. Terskaya² 

 ira_kuchmenova@mail.ru

¹ High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Significance. Studying of water bodies that maintain their natural hydro/chemical background in the conditions of remote location from any anthropogenic impact sources enables to obtain information on special features of the river waters chemical composition formation and background concentration of heavy metals compounds. This article studies the content in the main phases of the water regime of dissolved forms of compounds of Mn, Cu, Pb, Fe, and Zn heavy metals, their migratory mobility and spatial-temporal distribution in the water of the Cherek Balkarsky and the Chegem rivers flowing through the territory of the Kabardino-Balkar high-mountain state natural reserve. **Methods.** We have conducted field studies in the high-mountain part of the Cherek Balkarsky and the Chegem rivers. Water sampling has been done during summer high-water period (July 2017) and during winter low-water period (November 2018). In the water samples, we determined dissolved forms of manganese, lead, and zinc with the use of an atomic-sorption spectrometer with electric/thermal atomization. Dissolved iron was determined with application of the flame atomization technique. **Results.** According to the results obtained, the natural background of the study area is characterized by an increased content of the above-mentioned dissolved forms of heavy metal compounds exceeding the MPC fishery values. The difference in geochemical and bioclimatic natural conditions (altitudinal zonation) of the catchment area has caused an increased content of dissolved heavy metal compounds and a significant variation in their concentrations in the Chegem and Cherek Balkarsky rivers water. These facts indicate the need to take into account the peculiarities of the natural geochemical

environment and, when standardizing the MPC for heavy metal compounds in the water of mountain rivers, take into account the peculiarities of the basin territories. Development and implementation of basin permissible concentrations (BDC) will improve the efficiency of water protection measures.

Key words: the Cherek Balkarsky River, the Chegem River, heavy metals, migration coefficient.

For citation: Kuchmenova I.I., Atabieva F.A., Efimova L.E., Terskaya E.V. Spatial/temporal variability of the heavy metals compounds content level in water bodies of the Kabardino-Balkar high-mountain state nature reserve. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2021. No. 6. P. 43–56. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-6-3.

Received December 07, 2020.

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества загрязняющих веществ, попадающих в природные воды, особое значение имеют соединения тяжелых металлов. Они аккумулируются в различных компонентах водных экосистем. В отличие от загрязняющих веществ органической природы, в той или иной степени разлагающихся в природных водах, тяжелые металлы стабильны и сохраняются длительное время даже после устранения источника загрязнения [1–3]. Соединения тяжелых металлов присутствуют в определенных количествах практически во всех средах, даже в незагрязненных (фоновых) природных экосистемах [4–6]. Они сравнительно легко накапливаются в различных экосистемах, но трудно и очень медленно из них выводятся, интенсивно аккумулируются органами и тканями живых организмов [7].

В представленной работе поставлена задача исследования содержания в основные фазы водного режима растворенных форм соединений тяжелых металлов (Mn, Cu, Pb, Fe, Zn), их миграционной подвижности и пространственно-временного распределения в воде рек Черек Балкарский и Чегем, протекающих по территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника. Изучение водных объектов, удаленных от источников антропогенного воздействия и сохраняющих естественный гидрохимический фон, позволяет получить информацию о фоновых концентрациях соединений тяжелых металлов.

Территория изучаемых водосборных бассейнов отличается сложным геологическим строением и разнообразием слагающих горных пород: от древних кристаллических сланцев и гнейсов докембрия, слагающих Главный и Боковой хребты, до молодых эффузивов миоцен-четвертичного возраста и современных осадочных отложений [8]. Район широкого распространения кристаллических сланцев располагается между истоками Черёка Балкарского и Баксана. Уллучиранская свита слюдянистых гнейсов с мраморами

распространена в южной части района, протянута узкой полосой от Черка Балкарского до истоков р. Чегем. В ней преобладают тонкополосчатые мелко- или среднезернистые слюдянистые гнейсы, состоящие из кварца, полевых шпатов, мусковита и биотита. На контакте с гранитоидами в гнейсах появляются новообразования граната, андалузита, силлиманита, иногда кордиерита. Безенгийская свита располагается к северу и отделена полосой гранитоидных пород, которая прослеживается от долины Черка Балкарского, через ущелья Черка Безенгийского и Чегема до р. Кестанты и Чегема. Среди горных пород Безенгийского ущелья преобладающими минералами являются диорит, полевые шпаты, кварц, каолин, слюды, известняки, плагиоклаз и биотит [9].

Необходимость проведенных исследований связана как с задачей определения уровня содержания соединений тяжелых металлов в горных водотоках, не подверженных антропогенному воздействию, так и с задачей изучения общих закономерностей их распределения по отдельным участкам водных объектов в различные фазы водного режима и интенсивности водной миграции элементов. Подобные исследования на территории заповедника ранее не проводились. Изучение водных объектов, сохраняющих естественный гидрохимический фон, позволяет получить информацию о фоновых концентрациях соединений тяжелых металлов.

Определение природных фоновых концентраций соединений тяжелых металлов и их пространственно-временное распределение в водных объектах являются основой для прогнозирования накопления тяжелых металлов в водоемах и водотоках, подверженных антропогенному воздействию.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования проводили в высокогорной части рек Черк Балкарский и Чегем. Отбор проб воды производился в летнее половодье (июль 2017 г.) и в зимнюю межень (ноябрь 2018 г.). Пункты отбора проб воды представлены на рисунке. При отборе проб измеряли температуру воды и воздуха, электропроводность и мутность.

Для определения содержания растворенных форм металлов пробы воды фильтровали с помощью вакуумного насоса через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат консервировали HNO_3 (осч) из расчета 0,1 мл на 100 мл пробы. В пробах воды определяли растворенные формы железа, марганца, свинца, меди, цинка. При определении соединений тяжелых металлов использован метод атомно-абсорбционной спектроскопии [10, 11]. Присутствие в пробах воды растворенного железа выявляли с использованием техники атомизации пламени, растворенного марганца, меди, свинца и цинка – с применением электротермической атомизации.

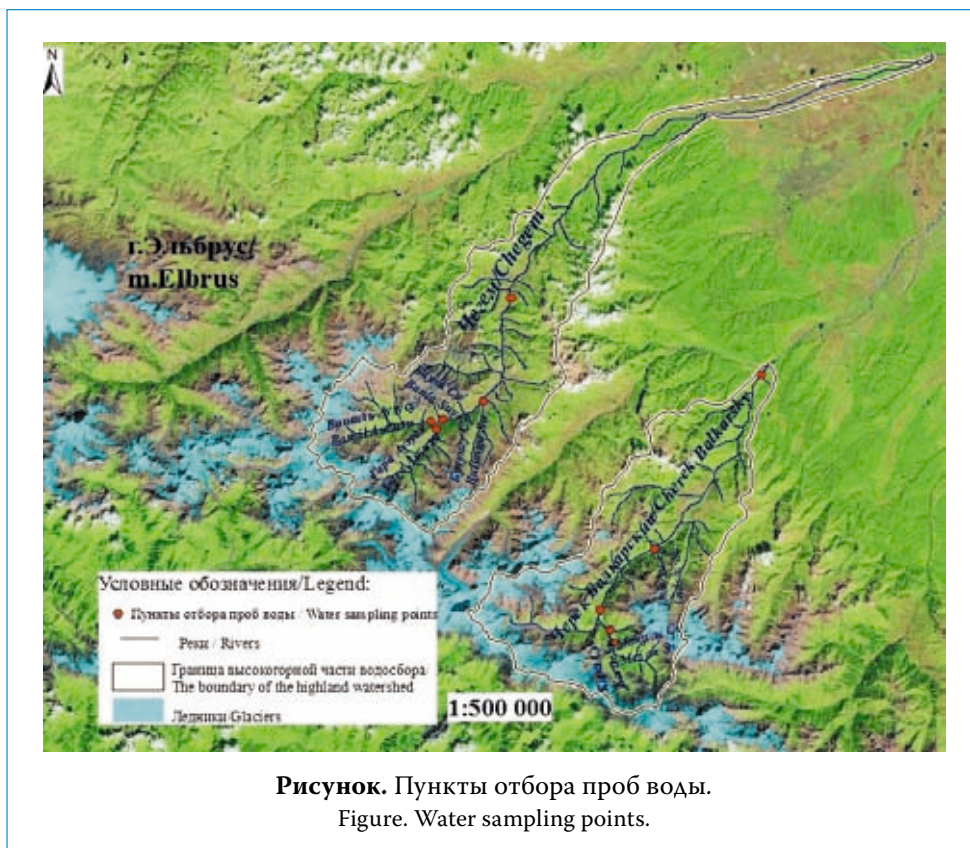


Рисунок. Пункты отбора проб воды.
Figure. Water sampling points.

В качестве нормативов использовались ПДК элементов для водоемов рыбохозяйственного значения¹ и водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования², т. к. некоторые водные объекты, например р. Гюльчи-Су, используются в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а на участках рек Чегем и Башиль Аузусу водится форель ручьевая, занесенная в Красную книгу России.

¹ Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003 №78, введ. 15.07.2003. М.: Минздрав РФ, 1998. 77 с.

² 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 18 января 2010 г. № 30 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для водотоков исследуемой территории характерны слабощелочные и щелочные показатели рН (7,31–8,38). При таких значениях рН многие металлы (цинк, хром, медь, бериллий, свинец, кадмий, никель, кобальт и др.) могут находиться в растворенном состоянии, выпадать в осадок и вновь переходить в раствор, но их фактическое содержание в природных водах так незначительно, что регулирующее действие рН не сказывается. Соединения тяжелых металлов, принимающие участие в водной миграции, характеризуют процесс внутриландшафтного перераспределения, имеют незначительные концентрации по сравнению с главными ионами, поэтому их называют индикаторными. Содержание растворенных форм тяжелых металлов в воде рек Чегем и Черек Балкарский представлено в табл. 1.

Значительная часть микроэлементов присутствует в природных водах не в виде простых ионов (макрокомпоненты), а в форме комплексных соединений. Образование неорганических комплексных соединений характерно для хрома, никеля, кобальта, меди, цинка, урана. При этом возникают соединения типа $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$; $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$; $[\text{ZnQ}_3]$; $[\text{Zn}(\text{SO}_4)_2]^{2-}$ и др. Геохимические и биоклиматические различия водосборных площадей и разнообразие форм микроэлементов обуславливают значительную вариацию их концентраций в речных водах.

Соединения тяжелых металлов в водных объектах мигрируют как в растворенной форме, так и во взвешенной. В летнее половодье преобладает взвешенная форма миграции металлов, потому что меняется соотношение вод разных генетических категорий [12, 13]. В зимнюю межень – питание грунтовое и содержание взвеси минимально.

Максимальный сток в период половодья обусловил минимальные величины минерализации, которая в воде исследуемых рек не превышала 200 мг/л и была в 1,5–2 раза меньше, чем в зимнюю межень. Вода исследуемых рек имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав, слабощелочную реакцию среды (рН 7,3–8,0) в летнее половодье и в зимнюю межень в основном щелочную (рН 8,0–8,4).

По полученным результатам (табл. 1) содержание Mn в воде высокогорной части рек во всех анализируемых пунктах отбора превышает уровень ПДК. Концентрация Mn в воде р. Черек Балкарский в зимнюю межень меняется в пределах 26–65 мкг/л. В реках Гара-Аузусу и Башиль-Аузусу, при слиянии которых образуется р. Чегем, концентрация Mn 39 и 36 мкг/л соответственно. Содержание Mn в водах р. Чегем вниз по течению уменьшается в зимнюю межень, в летнее половодье – увеличивается. В летнее половодье меняется тип питания реки и, как следствие, обломочный рыхлый материал с территории водосбора смывается в реку, что приводит к увеличению концентрации

Mn. В р. Чегем и ее притоках также наблюдается превышение ПДК_{рх} более, чем в 6 раз по Mn в летнее половодье, и в 3 раза – в зимнюю межень.

Таблица 1. Содержание растворенных форм тяжелых металлов в воде рек Чегем и Черек Балкарский

Table 1. Heavy metals dissolved forms concentration in the Chegem and the Cherk Balkarskiy rivers water

Пункты отбора проб вод	Mn, мкг/л		Fe, мкг/л		Cu, мкг/л		Pb, мкг/л		Zn, мкг/л	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
р. Черек Балкарский и притоки										
р. Кара-Су	65,46	36,29	400	740	11,78	9,32	16,2	18,36	2,95	21,7
р. Метиан-Су	28,12	33,58	390	270	19,5	5,87	9,1	23,94	2,58	60,31
р. Черек Балкарский	26,23	36,73	420	750	8,22	2,49	11,4	40,52	8,93	23,35
р. Гюлчи-Су	29,66	30,51	450	600	1,92	3,85	4,74	19,07	2,09	21,65
р. Черек Балкарский (село)	44,91	51,04	520	160	8,28	1,28	5,66	19,96	1,91	9,5
р. Чегем и притоки										
р. Гара Аузусу	38,52	40,14	540	222	10,57	9,53	5,58	38,95	н/о	31,51
р. Башиль Аузусу	36,34	26,4	560	7	19,14	2,87	3,46	0,91	н/о	10,12
р. Баула-Су	31,14	23,52	540	290	5,93	4,68	2,94	н/о	4,54	н/о
р. Булунгу-Су	28,07	31,33	580	590	6,24	4,05	4	н/о	н/о	н/о
р. Чегем (6 км от слияния)	21,12	64,26	570	312	11,53	22,01	4,4	н/о	1,00	н/о
ПДК _{х-п,кб}	100		300		1000		10		10	
ПДК _{рх}	10		100		1		6		10	
Реки мира*	34		66		1,5		0,1		0,6	

Примечание: н/о – нет определения; * – среднее содержание в реках мира.

Концентрация Cu в воде р. Черек Балкарский и ее притоков составляет 2–20 мкг/л в зимнюю межень, 1–9 мкг/л в летнее половодье, что значительно превышает ПДК для веществ в воде водоемов рыбохозяйственного назначения – 1 мкг/л (табл. 1). Следует отметить, что в период летнего половодья концентрация меди значительно ниже по сравнению с показателями зимней межени, но почти все значения превышают ПДК_{рх}. Вода высокогорной части р. Чегем и ее притоков также содержит медь, концентрация которой превышает ПДК_{рх} более, чем в 20 раз в летнее половодье.

При изучении сезонных колебаний концентрации Pb в воде исследуемых рек обнаружено, что его содержание также увеличивается в летнее половодье. Превышение уровня ПДК_{рх} по Pb (6 мкг/л) в летнее половодье составило 3–8 ПДК_{рх}. Содержание Zn в воде рассматриваемых рек и их притоков значительно меняется в разные фазы водного режима от 1–9 мкг/л в зимнюю межень до 10–60 мкг/л – в летнее половодье. Возможно, этот факт можно объяснить увеличением растворимости солей цинка при повышении летом температуры воды и воздуха. В летнее половодье обнаружено превышения ПДК_{рх} (10 мкг/л) по Zn в 6 раз, в зимнюю межень превышения значения ПДК не наблюдается (табл. 1).

Содержание Fe в воде высокогорной части рек во всех анализируемых пробах превышает уровень ПДК_{рх} (100 мкг/л). Так, концентрация Fe в воде р. Черек Балкарский и ее притоках в зимнюю межень имела значения в пределах 390–520 мкг/л, в летнее половодье значения Fe варьируют от 160 до 750 мкг/л. Содержание Fe в р. Чегем и ее притоках вниз по течению в летнее половодье почти не изменялось. В реках Гара-Аузусу и Башиль-Аузусу концентрация равна 540 и 560 мкг/л соответственно. В воде р. Чегем на шестом км после слияния ее притоков концентрация Fe составляет 570 мкг/л, представленные величины почти аналогичны, что свидетельствует о постоянном литохимическом источнике. В водах р. Чегем и ее притоков в зимнюю межень наблюдается превышение ПДК_{рх} в 5 раз, в летнее половодье значения концентраций Fe также превышают норму и составляют 2–6 ПДК_{рх}.

Таким образом, для свинца и цинка наблюдается увеличение концентрации в летнее половодье, что можно объяснить более интенсивным выщелачиванием этих соединений из пород и почв водосборов. Для соединений меди картина обратная: концентрации в летнее половодье уменьшаются в сравнении с зимней меженью. В зимнюю межень реки переходят на грунтовое питание, поэтому источником этих элементов являются в основном подземные и грунтовые воды. Для железа и марганца закономерности не выявлены.

Для оценки интенсивности водной миграции Mn , Zn , Cu , Pb , Fe был рассчитан коэффициент водной миграции элемента K_x по уравнению А.И. Перельмана [14], отражающий отношение содержания элемента в воде и в

дренируемой горной породе. Чем больше K_x , тем сильнее элемент выщелачивается, тем интенсивнее его водная миграция (табл. 2). Положение каждого элемента в миграционном ряду не является постоянным, оно меняется под воздействием изменения факторов среды. Одни элементы, особенно переменной валентности (молибден, цинк, сера и др.), характеризуются контрастной миграцией в разных условиях, другие (алюминий, железо и др.) ведут себя более устойчиво, т. к. являются слабо подвижными [15–18].

Таблица 2. Значения коэффициентов миграции для Mn, Fe, Cu, Pb и Zn в воде рек Черек Балкарский и Черем

Table 2. Values of the migration coefficient for Mn, Fe, Cu, Pb, and Zn in the Chegem and the Cherk Balkarskiy rivers water

Пункты отбора проб воды	Коэффициент миграции элементов									
	K_{Mn}		K_{Fe}		K_{Cu}		K_{Pb}		K_{Zn}	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
р. Черек Балкарский и притоки										
р. Кара-Су	0,50	0,44	0,07	0,19	3,02	2,39	12,20	13,8	0,27	3,15
р. Метиан-Су	0,16	0,30	0,05	0,05	3,65	1,10	5,00	13,2	0,17	6,39
р. Черек Балкарский	0,14	0,64	0,05	0,28	3,05	0,92	12,38	43,9	0,58	4,88
р. Гюлчи-Су	0,25	0,34	0,08	0,01	0,45	0,91	3,28	13,2	0,21	2,89
р. Черек Балкарский (село)	0,34	0,26	0,08	0,18	0,89	0,14	1,79	6,3	0,17	0,58
р. Черем и притоки										
р. Гара-Аузусу	0,29	0,84	0,09	1,01	1,69	4,23	2,63	50,82	н/о	7,93
р. Башиль-Аузусу	0,31	0,52	0,10	0,003	3,48	1,21	1,85	1,13	н/о	2,42
р. Баула-Су	0,26	0,55	0,10	0,15	1,06	2,33	1,54	н/о	0,46	н/о
р. Булунгу-Су	0,23	0,42	0,10	0,17	1,09	1,15	2,06	н/о	н/о	н/о
р. Черем (6 км от слияния)	0,14	0,74	0,08	0,79	1,62	5,43	1,81	н/о	0,08	н/о

В зимнюю межень в воде исследуемых рек и их притоков установлен следующий ряд по значениям коэффициента миграции: $K_{Pb} > K_{Cu} > K_{Mn} > K_Z > K_{Fe}$, в летнее половодье – $K_{Pb} > K_{Zn} > K_{Cu} > K_{Mn} > K_{Fe}$. Из анализа данных рядов следует вывод, что в большей степени выщелачивается свинец и, соответственно, интенсивнее его водная миграция как в зимнюю межень, так и в летнее половодье. Периодом наиболее интенсивной миграции меди является зимняя межень, цинка – летнее половодье.

Полученные данные свидетельствуют о том, что природные фоновые значения концентраций соединений тяжелых металлов значительно превышают ПДК_{рх}. Следует отметить, что уровень содержания растворенных форм соединений тяжелых металлов в исследуемых реках также выше относительно их среднего содержания в реках мира [19] для Pb, Zn, Mn и Cu (табл. 1).

Очевидно, что различие геохимических и биоклиматических природных условий (высотная поясность) водосборной территории обусловили повышенное содержание растворенных соединений тяжелых металлов и значительную вариацию их концентраций в воде рек Чегем и Черек Балкарский. При повышенном содержании нескольких токсичных компонентов зачастую возникает синергизм, при котором суммарный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности. В итоге концентрация каждого отдельного компонента комплекса загрязняющих веществ может быть неопасной для живых организмов, тогда как их совокупное влияние становится угрожающим. Эти факты свидетельствуют о необходимости учета особенностей природной геохимической среды. При нормировании ПДК соединений тяжелых металлов для вод горных рек следует рассматривать и особенности бассейновых территорий. Разработка и внедрение бассейновых допустимых концентраций (БДК) позволит улучшить эффективность водоохраных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокогорная часть малых рек, протекающих на территории Кабардино-Балкарского высокогорного природного заповедника (Черек Балкарский, Чегем), расположена на значительном расстоянии от источников антропогенного воздействия и труднодоступна. Химический состав воды этих рек формируется только под влиянием природных факторов, характерных для данных высокогорных водосборов.

Концентрация растворенных форм тяжелых металлов в пробах воды рек Черек Балкарский, Чегем и их притоков характеризуется неоднородностью. Для Pb, Mn, Zn и Cu проявляется отчетливая тенденция к уменьшению их содержания вниз по течению рек с максимальными концентрациями на участке высокогорной зоны. Для Fe такая закономерность на рассматри-

ваемом участке рек не обнаружена. Для соединений цинка и свинца максимальные концентрации фиксируются в летнее половодье, для соединений марганца и меди характерно повышенное содержание растворенных форм зимой. Соединения железа ведут себя более однообразно, т. к. являются слабоподвижными. Согласно рассчитанным коэффициентам водной миграции на данной территории сильнее выщелачивается свинец и, соответственно, интенсивнее его водная миграция как в зимнюю межень, так и в летнее половодье. Периодом наиболее интенсивной миграции меди является зимняя межень, цинка – летнее половодье

Превышения ПДК в воде исследуемых рек наблюдаются по следующим соединениям тяжелых металлов: Zn (2 – 6 ПДК), Pb (2 – 7 ПДК), Fe (2 – 6 ПДК), Mn (2 – 6 ПДК), Cu (2 – 22 ПДК), что обусловлено естественным геохимическим фоном территории. Таким образом, природный фон исследуемой территории характеризуется повышенным содержанием указанных выше растворенных форм соединений тяжелых металлов, превышающих значения ПДКрх.

В настоящее время на разных уровнях признается несовершенство действующей системы нормирования и предлагаются нормативы, учитывающие факт формирования состава воды, свойственный данной водосборной территории, зависящий от природно-климатических условий. Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке нормативов бассейновых допустимых концентраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. Биология. 1998. № 5. С. 23–29.
2. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 310 с.
3. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / пер. с англ. М.: Мир, 1987. 288 с.
4. Бутаев А.М., Гурьев М.А., Магомедбеков У.Г., Осипова Н.Ф., Магомедрасулова Х.М., Магомедова А.Д., Мухучев А.А. Тяжелые металлы в речных водах Дагестана // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2006. № 26. С. 43–50.
5. Дреева Ф.Р., Реутова Т.В., Реутова Н.В. Особенности содержания тяжелых металлов в поверхностных водах горной части Центрального Кавказа // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов. 2015. С 150–152.
6. Реутова Т.В., Древа Ф.Р., Реутова Н.В. Природное и антропогенное загрязнение молибденом водных объектов Центрального Кавказа и его биоиндикация // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2018. № 2. С. 51–60.
7. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M., Kerimov A.A. Features of aluminum concentrations in rivers of the mountain zone of the Central Caucas. Russian Journal of General Chemistry. 2018. Vol. 88. No. 13. P. 2884–2892. DOI: 10.1134/S1070363218130091.

8. Гриднев Г.Д. Краткая геологическая характеристика Северного Кавказа. Гидрогеология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968. С. 30–45.
9. Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968. С. 187–196.
10. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М.: Изд-во МГУ, 1991. 184 с.
11. Ермаченко Л.А., Ермаченко В.М. Атомно-абсорбционный анализ с графитовой печью. М.: ПАИМС, 1999. 219 с.
12. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
13. Щербина В.В. Основы геохимии. М.: Недра, 1972. 296 с.
14. Кучменова И.И., Фролова Н.Л., Газаев Х.-М.А., Кондратьева Л.Е., Атабиева Ф.А. Обобщение результатов многолетних исследований по изучению основных показателей качества воды рек на территории Кабардино-Балкарского заповедника // Вода: химия и экология. 2018. № 10–12. С. 109–118.
15. Brunke M., Gonser T. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater [Freshwater Biology]. 2003. No. 1. P. 23–27 (In USA).
16. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 2000. 768 с.
17. Труфанов А.И. Геохимия окружающей среды. Вологда: ВоГУ, 2014. 78 с.
18. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 273 с.
19. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters // Treatise on Geochemistry. Vol. 5 / Ed by H.D. Holland, K.K. Turekian. Amsterdam: Elsevier, 2004. P. 225–272.

REFERENCES

1. Budnikov G.K. Heavy metals in ecological monitoring of aquatic systems. *Sorosovskiy obrazovatelniy zhurnal. Biologiya*. [Soros Educational journal. Biology], 1998, no 5, p. 23–29 (in Russ.).
2. Nikanoov A.M., Zhulidov A.V. Bio/monitoring of heavy metals in fresh water ecosystems. L.: Gidrometeoizdat, 1991. 310 p. (in Russ.).
3. Moor G., Ramamurti S. Heavy metals in natural waters: control and assessment of impact. М.: Mir, 1987. 288 p.
4. Butayev A.M., Guruyev M.A., Magomedgekov U.G., Osipova N.F., Magomedrasulova K.M., Magomedova A.D., Mukhuchev A.A. Heavy metals in river waters of Dagestan. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN [Bulletin of the Russian Academy of Sciences Dagestan Scientific Center]*, 2006, No 26, p. 43–50 (in Russ.).
5. Dreyeva F.R., Reutova T.V., Reutova N.V. Peculiarities of the heavy metals content in surface waters of the mountain part of the central Caucasus. *Fundamentalniye problemy vody i vodnykh resursov [Fundamental problems of water and water resources]*, 2015, p. 150–152 (in Russ.).
6. Reutova T.V., Dreyeva F.R., Reutova N.V. Natural and anthropogenic molybdenum pollution of water bodies of the Central Caucasus and its bio/indication. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokryologiya [Geo/ecology. Engineering geology, hydro/geology, and geo/cryology]*, 2018, No 2, p. 51–60 (in Russ.).
7. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreyeva F.R., Khutuev A.M., Kerimov A.A. Features of aluminum concentrations in rivers of the mountain zone of the Central Caucasus. *Rus-*

- sian Journal of General Chemistry*, 2018, vol. 88, no 13, p. 2884–2892. DOI: 10.1134/S1070363218130091 (in Russ.).
8. Gridnev G.D. Brief geological characteristic of the Northern Caucasus. *Gidrogeologiya SSSR*. [Hydrogeology of the USSR] Vol. IX, Northern Caucasus. M.: Nedra, 1968. p. 30–45 (in Russ.).
 9. Geology of the USSR V. IX. Northern Caucasus. M.: Nedra, 1968. P. 187–196 (in Russ.).
 10. Obukhov A.I., Plekhanova I.O. Atomic/absorption analysis in soil/biological studies. M.: Izd-vo MGU, 1991. 184 p. (in Russ.).
 11. Ermachenko L.A., Ermachenko V.M. Atomic/absorption analysis with a graphite furnace. M.: PAIMS, 1999. 219 p. (in Russ.).
 12. Dobrovolskiy V.V. Foundations of bio/geochemistry. M.: Vysshaya shkola, 1998. 413 p. (in Russ.).
 13. Shcherbina V.V. Foundations of geochemistry. M.: Nedra, 1972. 296 p.
 14. Kuchmenova I.I., Frolova N.L., Gazayev K.-M.A., Kondratyeva L.E., Atabieva F.A. Generalization of the results of many-year studies of the main quality indicators of river water on the territory of the Kabardino-Balkar natural reserve. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], 2018, no 10–12, p. 109–118 (in Russ.).
 15. Brunke M., Gonser T. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater [Freshwater Biology], 2003, no 1, p. 23–27 (In USA).
 16. Perelman A.I. Geo/chemistry of landscape. A.I. Perelman, N.S. Kasimov. M.: Astreya, 2000. 768 p. (in Russ.).
 17. Trufanov A.I. Geo/chemistry of environment. Vologda: VoGU, 2014. 78 p. (in Russ.).
 18. Linnik P.N. Nabivanets B.I. Metal migration forms in fresh surface waters. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 273 p. (in Russ.).
 19. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters. *Treatise on Geochemistry*. Vol. 5 / Ed. by H.D. Holland, K.K. Turekian. Amsterdam: Elsevier, 2004. P. 225–272.

Сведения об авторах:

Кучменова Ирина Ибрагимовна, аспирант, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2; e-mail: ira_kuchmenova@mail.ru

Ефимова Людмила Евгеньевна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, кафедра гидрологии суши, географический факультет, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы; e-mail: ef_river@mail.ru

Атабиева Фатимат Адраевна, канд. хим. наук, заведующая лабораторией, старший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2; e-mail: atabieva0812@mail.ru

Терская Елена Вячеславовна, научный сотрудник, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, географический факультет, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы; e-mail: elena_terskaya@mail.ru

About the authors:

Irina I. Kuchmenova, Postgraduate student of the High Mountain Geophysical Institute, pr. Lenina. 2, Nalchik, 360030, Russia; e-mail: ira_kuchmenova@mail.ru

Lyudmila E. Efimova, Candidate of Geographical Science, Senior Researcher, Department of Land Hydrology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Leninskiy Gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russia; email: ef_river@mail.ru

Fatimat A. Atabieva, Candidate of Chemical Sciences, Acting Head of the Laboratory of Analytical Chemistry at the Test Center of High-Mountain Geophysical Institute, pr. Lenina. 2, Nalchik, 360030, Russia; E-mail: atabieva0812@mail.ru

Elena V. Terskaya, Researcher, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Leninskiy Gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russia; e-mail: elena_terskaya@mail.ru