УДК 628.193 *https://doi.org/10.35567/1999-4508-2026-2-122-132*

Оригинальная статья/Original paper

О соединениях меди в бассейне реки Терек и необходимости введения региональных ПДК

Ф. А. Атабиева, А. С. Отарова, В. В. Селина

atabieva0812@mail.ru

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Цель исследования – анализ многолетних концентраций меди, одного из приоритетных загрязняющих веществ двойного генезиса в воде рек бассейна р. Терек, и проведение статистического анализа многолетней гидрохимической информации. Актуальность исследований объясняется тем, что не всегда концентрации химических веществ в воде поверхностных водных объектов, сформировавшиеся под влиянием природных факторов, соответствуют требованиям гигиенических или рыбохозяйственных нормативов. Поэтому разработка и принятие региональных предельно допустимых концентраций в таких ситуациях имеет большое значение для улучшения эффективности водоохранных мероприятий. **Методы.** Объектом исследований являются реки бассейна р. Терек – Баксан, Малка, Терек, Урух, Чегем, Черек. Измерения концентраций растворенных форм соединений меди в воде рек проведены с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915М. Для расчета региональных значений ПДК применялись методики, основанные на оценках непараметрических статистических показателей, позволяющие эффективно учитывать объем рассматриваемых статистических выборок и их изменчивость. **Результаты.** За период 2020–2024 гг. средние концентрации соединений меди в предгорной и равнинной зонах в исследуемых реках изменялись от 1,39 до 6,79 мкг/дм^3. Указанные концентрации превышают нормативы меди (1 мкг/дм^3) для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Проведен статистический анализ многолетней гидрохимической информации с использованием методик на основе оценок непараметрических статистических показателей. Рассчитанные региональные ПДК для меди превышают санитарно-гигиенические и рыбохозяйственные нормативы. Необходимость введения региональных ПДК соединений меди для воды рек бассейна р. Терек связана с повышенным естественным содержанием их в воде исследованных рек.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реки бассейна р. Терек, соединения меди, статистический анализ, региональные показатели, метод Вилькоксона – Манна – Витни.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Атабиева Ф. А., Отарова А. С., Селина В. В. О соединениях меди в бассейне реки Терек и необходимости введения региональных ПДК // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2026. № 2. С. 122–132. https://doi.org/10.35567/1999-4508-2026-2-122-132, EDN: XVTSCU

© Атабиева Ф. А., Отарова А. С., Селина В. В., 2026

On copper compounds in the Terek River basin and the need to introduce regional MPCs

Fatimat A. Atabieva, Asiyat S. Otarova, Victoria V. Selina

atabieva0812@mail.ru

Vysokogorny Geophysical Institute, Nalchik, Russia

ABSTRACT

Relevance. The purpose of the study is to analyze long-term concentrations of copper, one of the priority pollutants of dual genesis in the river waters of the Terek River basin, and to conduct a statistical analysis of long-term hydrochemical information. The relevance of the research is explained by the fact that concentrations of chemicals in the water of surface water bodies, formed under the influence of natural factors, do not always meet the requirements of hygienic or fisheries standards. Therefore, the development and adoption of regional MACS in such situations is of great importance for improving the effectiveness of water protection measures. **Methods.** The object of research is the rivers of the Terek River basin – Baksan, Malka, Terek, Urukh, Chegem, Cherek. Concentrations of dissolved forms of copper compounds in river water were measured using an atomic absorption spectrometer with electrothermal atomization "MGA-915M". To calculate the regional MPC values, methods based on estimates of nonparametric statistical indicators were used, which effectively take into account the volume of statistical samples under consideration and their variability. **Results.** During the period 2020-2024, the average concentrations of copper compounds in the foothill and plain zones in the studied rivers varied from 1.39 to 6.79 micrograms/dm3. The indicated concentrations exceed the copper standards (1mcg/dm3) for fishery water bodies. A statistical analysis of long-term hydrochemical information was carried out using methods based on estimates of nonparametric statistical indicators. The calculated regional MACS for copper exceed sanitary and hygienic and fisheries standards. The need to introduce regional maximum permissible concentrations of copper compounds for the river water of the Terek River basin is associated with their increased natural content in the water of the studied rivers.

KEYWORDS: rivers of the Terek River basin, copper compounds, statistical analysis, regional indicators, Wilcoxon-Mann-Whitney method.

FOR CITATION: Atabieva F. A., Otarova A. S., Selina V. V. The content of copper compounds in the Terek River basin and the need to introduce regional maximum permissible concentrations. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2026. No. 2. P. 122–132. https://doi.org/10.35567/1999-4508-2026-2-122-132; EDN: XVTSCU

ВВЕДЕНИЕ

Медь (Cu) относится к довольно распространенным элементам и входит в состав большого числа минералов. Медь в природе встречается в виде соединений – оксидов, сульфидов, карбонатов и солей. Большая часть меди (около 80 %) находится в земной коре в соединении с серой, около 15 % – в виде карбонатов, оксидов и силикатов, являющихся продуктами выветри-

вания первичных сульфидных медных руд. Наиболее распространенными из них являются халькопирит $CuFeS_2$, халькозин Cu_2S, ковеллин CuS, куприт Cu_2O, борнит Cu_2FeS_4 и др. [1]. Основным природным источником поступления меди в поверхностные воды являются процессы химического выветривания горных пород и минералов, сопровождающиеся их растворением. Повышенное содержание меди в воде оказывает токсическое воздействие на гидробионты и человека, в связи с этим содержание меди в поверхностных водах нормируется. ПДК растворенных форм меди в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет[1] 1 мг/дм^3, рыбохозяйственного назначения – 0,001 мг/дм^3.

Согласно Водному кодексу РФ[2], одним из основных принципов водного законодательства в нашей стране является бассейновый подход к регулированию водных отношений. Объективная необходимость комплексного управления водными ресурсами, основанного на бассейновом принципе, признана сегодня во всем мире [2].

Согласно информации [3], химический состав поверхностных вод в пределах конкретного бассейнового округа в природных (естественных) условиях характеризуется специфическими особенностями, которые определяются этими естественными условиями и которые должны учитываться при оценках экологического состояния водных объектов. Исследуемые реки относятся к Западно-Каспийскому бассейновому округу – бассейну р. Терек и других, впадающих в Каспийское море. Истоки рек расположены в высокогорье, и некоторая часть рек протекает по горной местности, где отсутствуют антропогенные факторы, т. е. загрязнение происходит за счет естественных природных процессов. Например, на северных склонах Главного Кавказского хребта, в междуречье Баксана и Чегема, а также в верховьях Черека Безенгийского, Черека Балкарского много гранитов, и в зоне их контакта с кристаллическими сланцами и мраморами расположены месторождения меди [4, 5].

Для речных вод практически всей территории бассейна Терека характерны природные концентрации алюминия, железа, меди и марганца, превышающие уровень ПДКрх. В воде некоторых рек отмечается превышение нормативных значений концентрации молибдена, вольфрама, сульфатов, магния, натрия, кальция, нитратов, фосфатов, кремния. Расчетные фоновые концентрации Fe, Al, Cu, Mn, иногда фосфатов, сульфатов и вольфрама (для Баксана) также превышают существующие ПДКрх, что отражает природную специфику данного региона [3].

В настоящее время в качестве критериев нормирования качества природных вод суши применяются одинаковые для всей территории России

1 РД 52.24.465-2011. Массовая концентрация меди в водах. Методика выполнения измерений денситометрическим методом с реактивной индикаторной бумагой. Ростов-на-Дону 2011. 18 с.

2 Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.12.2025).

нормативы. Они основываются только на виде водопользования и не учитывают региональные особенности химического состава природных вод, зависящих от климатических, гидрологических, физических, биологических и других процессов, протекающих на водосборной площади. Игнорирование такой ситуации приводит к ухудшению эффективности водоохранных мероприятий [6–9]. Цель исследования – анализ многолетних концентраций меди, одного из приоритетных загрязняющих веществ двойного генезиса в воде рек бассейна р. Терек, и проведение статистического анализа многолетней гидрохимической информации. Для расчетов условных фоновых концентраций был использован руководящий документ РД 52.24.622–2019[3], разработанный Гидрохимическим институтом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Истоки исследуемых рек (Баксан, Малка, Терек, Урух, Чегем, Черек) расположены в ледниках Главного Кавказского и Бокового хребтов. Картосхема пунктов отбора проб приведена на рис. 1. Отбор проводился на каждой реке в двух постоянных створах.

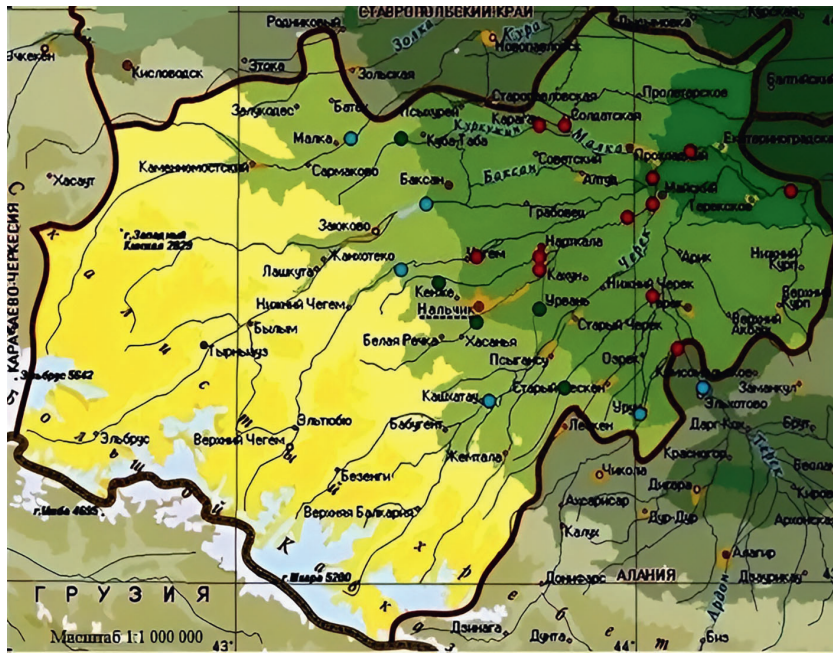
Створ I для каждой реки располагался в предгорной зоне, створ II – в равнинной части. Отборы проб воды проведены 7 раз (в зимнюю межень, во время половодья – на подъеме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и прохождении дождевого паводка и осенью); отобраны и проанализированы пробы воды 6 рек в 12 постоянных створах. За 2020–2024 гг. отобрано 420 проб воды, каждый год – по 84 пробы.

В период отбора проб воды в зимнюю межень (февраль) температура воды рек варьировала от +2,4°С до +10,1°С. В летний период (июль) температура воды изменялась от +11,5 °С до +24,9 °С. Пробы воды отбирали согласно РД 52.24.353-2012[4] в заранее подготовленные очищенные полиэтиленовые бутылки. Образцы помещали в портативный холодильник и в охлажденном виде транспортировали в лабораторию для дальнейшего анализа.

На месте отбора портативным кондуктометром HANNA (HI 991300) проводились измерения минерализации, электропроводности, водородного показателя и температуры воды исследуемого водного объекта. Пробы хранили в холодильнике при температуре от +2 до +5 °С. Для определения концентраций растворенных форм тяжелых металлов пробы воды фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат консервировали азотной кислотой из расчета 0,1 мл азотной кислоты на 100 мл воды.

3 РД 52.24.622-2019 Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод. Ростов-на-Дону, 2019. 95 с.

4 РД 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Ростов-на-Дону, 2012.



● – верхний створ на реке ледникового происхождения; ● – верхний створ на реке неледникового происхождения; ● – нижние створы рек

Рис. 1. Картосхема пунктов отбора проб

Fig. 1. Map-diagram of sampling points

Анализы проводили на атомно-абсорбционном спектрометре с электротермической атомизацией МГА-915М[5]. Контроль качества измерений осуществлялся согласно РД 52.54.509-2015[6]. Результаты были получены в аккредитованной лаборатории Высокогорного геофизического института (аттестат аккредитации RA.RU.21АИ34) при выполнении государственной темы «Анализ загрязнения рек Центрального Кавказа тяжелыми металлами и неорганическими соединениями азота по результатам ежегодных наблюдений». В данной статье рассматриваются результаты, полученные в предгорной зоне, т. к. здесь отсутствует антропогенный фактор, влияющий на уровень содержания меди в воде рек.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геохимические и биоклиматические различия водосборных площадей и разнообразие форм микроэлементов обусловливают сильную вариацию их концентраций в речных водах [10]. Например, согласно табл. 1, средние

5 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. 36 с.

6 РД 52.54.509-2015. Внутренний контроль качества гидрохимической информации. Ростов-на-Дону, 2015. 77 с.

концентрации растворенных микроэлементов в речных водах водосбора Карского моря (реки Обь и Енисей) [11] близки к средним концентрациям микроэлементов в водах рек мира (1,48 мкг/л) [12], что интерпретируется как результат нивелирования пространственной изменчивости химического состава поверхностных вод вследствие большой площади водосборов. Концентрация меди в речной воде р. Чамбал (Индия) и ее притоках колеблется в пределах 0,21–42,49 мкг/л [13]. Исследование концентраций меди [14] в 118 водных объектах Казахстана за 1997–2017 гг. выявило, что среднее содержание меди имеет диапазон от 1,6 до 158,2 мкг/л. Содержание меди в воде истока р. Баксан [15], расположенного на горе Эльбрус в ледниках Азау Большой и Азау Малый, достигает 5,8 мкг/л, что, по-видимому, связано с породами, обогащенными этим микроэлементом. Таким образом, концентрации соединений меди в поверхностных водных объектах разных регионов изменяются значительно, что объясняется природными и антропогенными факторами.

Таблица 1. Средняя концентрация растворимых форм соединений меди в воде рек разных регионов мира, мкг/л

Table 1. The average concentration of soluble forms of copper compounds in the water of rivers in different regions of the world, mcg/l

Водный объект	р. Обь	р. Енисей	р. Баксан	р. Чамбал	Реки Казахстана	Реки мира	Реки мира	Реки мира
Средняя концентрация, мкг/л	1,63	1,11	5,8	34,11	1,6–158,2	3	1,48	7
Ссылки	[11]	[11]	[15]	[13]	[14]	[16]	[12]	[10]

Исследуемые реки по водному режиму по классификации Б. Д. Зайкова относятся к классу рек с половодьем в теплую часть года – тянь-шаньскому типу, где половодье связано с таянием ледников. Физико-географические и геологические характеристики бассейна значительно влияют на концентрацию веществ в воде рек. Анализ внутригодового распределения меди

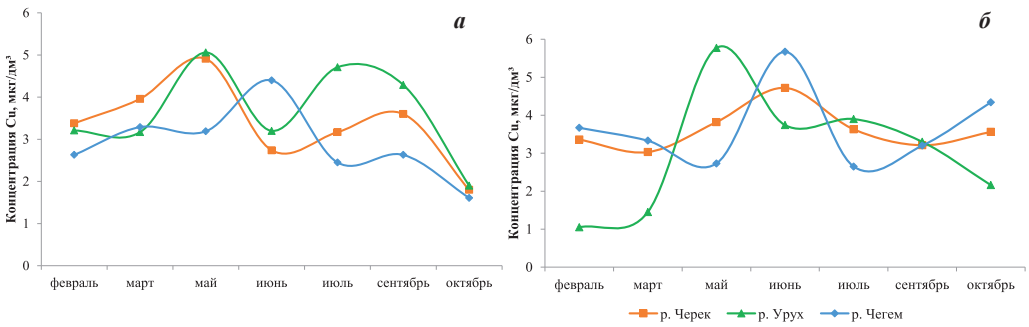


Рис. 2. Осредненное внутригодовое распределение уровня содержания соединений меди в воде рек Чегем, Урух, Черек в предгорной (*а*) и равнинной (*б*) зонах за 2020–2024 гг.

Fig. 2. Average intraannual distribution of the level of copper compounds in the water of the Chegem, Urukh, and Cherek rivers in the foothill (*a*) and plain (*б*) zones for 2020–2024

проводился по данным среднемноголетних уровней концентраций за 2020–2024 гг. (рис. 2, рис. 3) в разные фазы водного режима (в зимнюю межень; во время половодья – на подъеме, пике и спаде; во время летней межени – при наименьшем расходе и прохождении дождевого паводка; и осенью). Во внутригодовом распределении соединений меди максимальные концентрации в предгорной зоне наблюдаются в воде р. Урух (рис. 2*а*) во время подъема половодья (май), минимальные – в октябре. На равнине в реках Терек, Баксан, Малка (рис. 3*а*, 3*б*) минимальные концентрации меди отмечены в большинстве случаев в июле.

На июль приходится пик половодья в результате таяния ледников и сезонного снежного покрова, что приводит к разбавлению воды рек и значительному уменьшению минерализации и концентраций соединений меди.

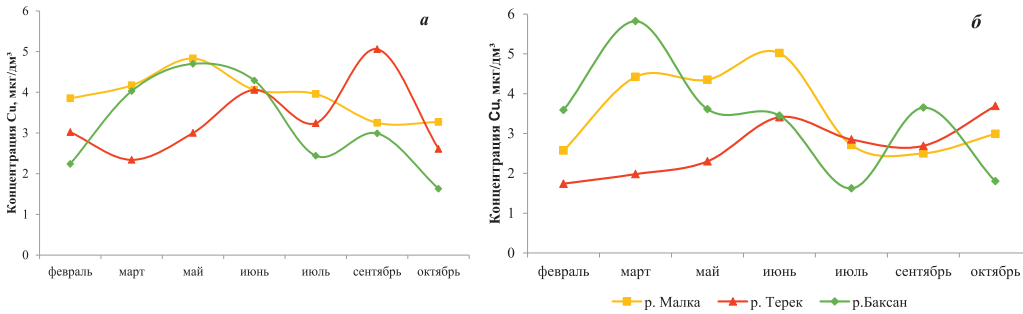


Рис. 3. Осредненное внутригодовое распределение уровня содержания соединений меди в воде рек Терек, Баксан, Малка в предгорной (*а*) и равнинной (*б*) зонах за 2020–2024 гг.

Fig. 3. Average intraannual distribution of the level of copper compounds in the water of the Terek, Baksan, and Malka rivers in the foothill (*a*) and plain (*б*) zones for 2020–2024

Следует отметить, что минимальные концентрации соединений меди в пик половодья превышают значения ПДК. Вниз по течению рек каких-либо закономерностей по изменчивости уровня содержания соединений меди не выявлено.

Таблица 2. Среднегодовые значения концентраций растворимых форм соединений меди в воде рек бассейна р. Терек в предгорной зоне за период 2022–2024 гг.

Table 2. Average concentrations of soluble forms of copper compounds in the river water of the Terek River basin in the foothill and plain zones for the period 2022–2024

Название реки	Среднегодовые значения концентраций Хср, мкг/дм³		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.
	Створ I	Створ I	Створ I
р. Чегем	2,08	4,00	2,68
р. Урух	2,75	6,36	1,57
р. Баксан	3,43	4,32	1,85
р. Черек	2,46	4,85	2,23
р. Малка	2,87	5,61	3,47
р. Терек	2,70	5,75	1,61

Среднегодовые значения концентраций растворимых форм соединений меди в воде предгорной части рек бассейна р. Терек, полученные за период 2022–2024 гг., представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, максимальные концентрации соединений меди наблюдаются в р. Урух. Диапазон колебаний составляет от 1,57 до 6,36 мкг/дм^3, что выше ПДК согласно СанПин 1.2.3685-21[7]. Необходимо отметить, что Северо-Кавказский регион не относится к промышленно развитым регионам, в горных районах Северного Кавказа антропогенные источники загрязнения водоемов тяжелыми металлами фактически отсутствуют [17]. На исследуемой территории не функционируют сельскохозяйственные предприятия, обогатительные фабрики, металлургические заводы, предприятия химической промышленности, за исключением Тырныаузского горно-обогатительного комбината, который давно законсервирован.

Условные фоновые концентрации соединений меди, рассчитанные по методике РД 52.24.622-2019[1], представлены в табл. 3. Размах вариации значений составляет от 3,39 до 4,22 мкг/дм^3.

Таблица 3. Значения условных фоновых концентраций соединений меди в реках бассейна Терека

Table 3. Values of conditional background concentrations of copper compounds in the rivers of the Terek River basin

Река	$C_{фон}$ по РД 52.24.622-2019, мкг/дм^3	Река	$C_{фон}$ по РД 52.24.622-2019, мкг/дм^3
Черек	3,81	Чегем	3,84
Малка	4,22	Урух	3,65
Терек	3,39	Баксан	3,82

Таким образом, природный фон концентраций соединений меди в воде исследованных рек превышает общепринятые ПДКрх, что свидетельствуют о необходимости введения региональных или бассейновых предельно допустимых концентраций по соединениям меди для воды рек бассейна Терека.

ВЫВОДЫ

Изменение средних концентраций меди в реках Баксан, Малка, Терек, Урух, Чегем, Черек в их предгорной и равнинной зонах за период 2020–2024 гг. характеризуется диапазоном 1,39–6,79 мкг/дм^3. Максимальные значения концентраций соединений меди наблюдаются в период подъема половодья (май, июнь) и объясняются тем, что в эти месяцы на территории водосборов выпадает наибольшее количество осадков, и, вероятно, в силу влияния склоновых процессов в воду рек попадает большое количество выветриваемых горных пород, содержащих медь. В большинстве случаев ми-

7 СанПин 1.2.3685-21.«Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 988 с.

нимальные концентрации отмечены в июле. На этот месяц приходится пик половодья в результате таяния ледников и сезонного снежного покрова, что приводит к разбавлению воды рек и значительному уменьшению минерализации и концентраций соединений меди, тем не менее их концентрации превышают ПДКрх. Условные фоновые концентрации соединений меди в предгорной части исследованных рек, рассчитанные по РД 52.24.622-2019, изменяются от 3,39 до 4,22 мкг/дм^3.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTERESTS
The authors declare no relevant conflict of interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольфсон Ф. И., Дружинин А. В. Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1982. 383 с.
2. Donzier J.-F., Ait Kadi M. The handbook for management and restoration of aquatic ecosystems in river and lake basins. March, 2015. 96 p.
3. Янин Е. П., Кузьмич В. Н., Иваницкий О. М. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. № 6. С. 3–72. EDN: WBALCN
4. Кайгородова Е. Н., Лебедев В. А., Чернышев И. В., Якушев А. И. Проявления неоген-четвертичного магматизма в Восточной Балкарии (Северный Кавказ, Россия): изотопно-геохронологические данные // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 496. № 1. С. 36–44. https://doi.org/10.31857/S2686739721010096
5. Парада С. Г., Маркин М. Ю., Столяров В. В., Чотчаев Х. О. Сопоставление химико-аналитических и геологических данных по золотоносных интервалам буровых скважин в пределах Зыгыркольской зоны Тырныаузского рудного поля // Геология и геофизика Юга России. 2019. № 9 (2). С. 56–68. https://doi.org/10.23671/VNC.2019.2.31977
6. Веницианов Е.В., Мирошниченко С. А., Лепихин А.П., Губернаторова Т. Н. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 3. С. 50–64. EDN: TYIJGX
7. Тимофеева Л. А., Фрумин Г. Т. Проблемы нормирования качества поверхностных вод // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. № 38. С. 215–229. EDN: TRSAWD
8. Селезнев В. А., Селезнева А. В., Беспалова К. В. Разработка бассейновых нормативов качества воды (на примере водных объектов Нижней Волги) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 2. С. 42–53.
9. Возняк А. А., Лепихин А. П. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример // Географический вестник. 2018. № 2 (45). С. 103–115. https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115
10. Добровольский В. В. Основы биогеохимии: учеб. пособие для геогр., биол., геолог., с.-х. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.
11. Савенко А. В., Савенко В. С., Покровский О. С. Новые данные по содержанию растворенных микроэлементов в водах рек российской Арктики // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491. № 2. С. 82–88. https://doi.org/10.31857/S2686739720040167

12. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. // Treatise on Geochemistry. Vol. 5. Amsterdam: Elsevier-Pergamon, 2004. P. 225–272.
13. Kapil Shrotil, Singh M. K., Jain V. K. Sediment Analysis of Some Physico-chemical Parameters of River Chambal near National Chambal Sanctuary Region // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. June 2018. Vol. 5. Iss. 6. P. 559–566.
14. Krupa E., Barinova S., Romanova S. The Role of Natural and Anthropogenic Factors in the Distribution of Heavy Metals in the Water Bodies of Kazakhstan // Turkish Journal of Fish and Aquatic Science. 19 (8). P. 707–718.
15. Ермакова В. В., Тютикова С. Ф., Дегтярева А. П., Данилова В. Н., Гуляева У. А., Догадкина Д. Н. Формирование биогеохимических аномалий в бассейне р. Баксан // Геохимия. 2020. Т. 65. № 10. С. 955–968. https://doi.org/10.31857/S0016752520100064
16. Bowen H. J. M. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press: London etc., 1979. 317 p.
17. Дементьев М. С., Дементьева Д. М. Проблема оценки фонового содержания тяжелых металлов водного тракта Кубань – Маныч // Гигиена и санитария. 2017. 96 (10). С. 946–949.

REFERENCES

1. Wolfson F. I., Druzhinin A. V. The main types of ore deposits. Moscow: Nedra. 1982. 383 p.
2. Donzier J.-F. , Ait Kadi M. The handbook for management and restoration of aquatic ecosystems in river and lake basins. March 2015. 96 p.
3. Yanin E. P., Kuzmich V. N., Ivanitsky O. M. Regional natural heterogeneity of the chemical composition of land surface waters and the need to take it into account when assessing their ecological status and the intensity of anthropogenic pollution. *Problems of the environment and natural resources.* 2016. No. 6. P. 3–72. EDN: WBALCN
4. Kaigorodova E. N., Lebedev V. A., Chernyshev I. V., Yakushev A. I. Manifestations of Neogene-Quaternary magmatism in Eastern Balkaria (North Caucasus, Russia): isotopic and geochronological data. *Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences*. 2021. Vol. 496. No. 1. P. 36–44. https://doi.org/10.31857/S2686739721010096
5. Parada S. G., Markin M. Yu., Stolyarov V. V., Chotchaev H. O. Comparison of chemical-analytical and geological data on gold-bearing intervals of drilling wells within the Zygyrkol zone of the Tyrnyauz ore field. *Geology and geophysics of the South of Russia*. 2019. No. 9 (2). P. 56–68. https://doi.org/10.23671/VNC.2019.2.31977
6. Venitsianov E. V., Miroshnichenko S. A., Lepikhin A. P., Gubernatorova T. N. Development and substantiation of regional water quality indicators for heavy metal content for water bodies in the Upper Kama basin. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management.* 2015. No. 3. P. 50–64. EDN: TYIJGX
7. Timofeeva L. A., Frumin G. T. The problem of rationing the quality of surface waters. *Scientific notes of the Russian State Hydro/meteorological University*. 2015. № 38. P. 215–229. EDN: TRSAWD
8. Seleznev V. A., Selezneva A. V., Bespalova K. V. Development of basin standards of water quality (on the example of water bodies of the lower Volga). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management.* 2013. No. 2. P. 42–53.
9. Wozniak A. A., Lepikhin A. P. Development of regional MPCs: necessity, methodology, example. *Geographical Bulletin.* 2018. No. 2 (45). P. 103–115. https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115
10. Dobrovolsky V. V. Fundamentals of biogeochemistry: textbook for geography, biology, geology, agricultural sciences, special universities. Moscow: Higher School of Economics, 1998. 413 p.

11. Savenko A. V., Savenko V. S., Pokrovsky O. S. New data on the content of dissolved trace elements in the waters of rivers of the Russian Arctic. *Reports of the Russian Academy of Sciences. Geosciences.* 2020. Vol. 491. No. 2. P. 82–88. https://doi.org/10.31857/S2686739720040167
12. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. *Treatise on Geochemistry*. Vol. 5. Amsterdam: Elsevier-Pergamon. 2004. P. 225–272.
13. Kapil Shrotil, Singh M. K., Jain V. K. Sediment Analysis of Some Physico-chemical Parameters of River Chambal near National Chambal Sanctuary Region. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. June 2018. Vol. 5. Iss. 6. P. 559–566.
14. Krupa E., Barinova S., Romanova S. The Role of Natural and Anthropogenic Factors in the Distribution of Heavy Metals in the Water Bodies of Kazakhstan. *Turkish Journal of Fish and Aquatic Science.* 19 (8). P. 707–718.
15. Ermakova V. V., Tyutikova S. F., Degtyareva A. P., Danilova V. N., Gulyaeva U. A., Dogadkina D. N. Formation of biogeochemical anomalies in the Baksan river basin. *Geochemistry.* 2020. Vol. 65. No. 10. P. 955–968. https://doi.org/10.31857/S0016752520100064
16. Bowen H. J. M. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press: London etc., 1979. 317 p.
17. Dementyev M. S., Dementyeva D. M. The problem of assessing the background content of heavy metals in the Kuban – Manych waterway. *Hygiene and sanitation*. 2017. 96 (10). P. 946–949.

Сведения об авторах:

Атабиева Фатимат Адраевна, канд. хим. наук, руководитель испытательного лабораторного центра, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360001, г. Нальчик, пр-т Ленина, 2; https://orcid.org/0000-0002-4452-0310; e-mail: atabieva0812@mail.ru

Отарова Асият Салиховна, младший научный сотрудник испытательного лабораторного центра, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360001, Нальчик, пр-т Ленина, 2; https://orcid.org/0000-0001-5623-7793; e-mail: otarova08@mail.ru

Селина Виктория Валерьевна, стажер-исследователь испытательного лабораторного центра, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, 360001, Нальчик, пр-т Ленина, 2; e-mail: selina1981@bk.ru

About the authors:

Fatimat A. Atabieva, Candidate of Chemical Sciences, Head, Testing Laboratory Center, Vysokogorny Geophysical Institute, 2, Lenin Ave., Nalchik, 360001, Russia; https://orcid.org/0000-0002-4452-0310; e-mail: atabieva0812@mail.ru

Asiyat S. Otarova, Junior Researcher, Testing Laboratory Center, Vysokogorny Geophysical Institute, 2, Lenin Ave., Nalchik, 360001, Russia; https://orcid.org/0000-0001-5623-7793; e-mail: otarova08@mail.ru

Victoria V. Selina, Intern Researcher at the Testing Laboratory Center, Vysokogorny Geophysical Institute, 2 Lenin Ave., Nalchik, 360001, Russia; e-mail: selina1981@bk.ru

Поступила в редакцию / Received 12.12.2025.
Поступила после рецензирования / Revised 27.02.2026**.**
Принята к публикации / Accepted 13.04.2026.