

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93>**ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ РЕК
БАСЕЙНА Р. ТЕРЕК**

Научная статья

Атабиева Ф.А.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-4452-0310;¹Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (atabieva0812[at]mail.ru)

Аннотация

Исследованию уровня содержания металлов Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd и Cu в воде рек бассейна р. Терек: Баксан, Малка, Чегем, Урух уделяется достаточное внимание. Однако внутригодовое распределение их в воде указанных рек не изучалось. Поэтому основной целью работы является анализ внутригодового распределения соединений Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd и Cu в воде рек Терек, Баксан, Малка, Чегем, Урух бассейна р.Терек. Полученные результаты показывают, что для исследуемых рек бассейна Терека средние концентрации молибдена, марганца и меди превышают единые общедоказательные нормативы качества воды (ПДК_{рх}). При рассмотрении изменчивости концентраций по фазам водного режима не везде наблюдается превышение ПДК_{рх}, например, в пик половодья, концентрации марганца в реках Терек, Баксан, Урух и концентрации молибдена в реках Малка, Урух, Чегем не превышают ПДК_{рх}. Поэтому имеет значение не только определение средних значений концентраций загрязняющих веществ, но и их внутригодовое распределение для повышения эффективности водоохраных мероприятий.

Ключевые слова: бассейн р. Терек, поверхностные воды, соединения тяжелых металлов, внутригодовое распределение концентраций.

**ANNUAL DISTRIBUTION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN RIVER WATER OF THE TEREK RIVER
BASIN**

Research article

Atabieva F.A.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-4452-0310;¹High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (atabieva0812[at]mail.ru)

Abstract

Sufficient attention has been paid to the study of the content of metals Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd and Cu in the water of the rivers of the Terek River basin: Baksan, Malka, Chegem, Uruk. However, their annual distribution in the water of these rivers has not been studied. Therefore, the main objective of this work is to analyse the annual distribution of Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd and Cu compounds in the water of the Terek, Baksan, Malka, Chegem and Uruk rivers of the Terek basin. The obtained results show that for the examined rivers of the Terek basin, the average concentrations of molybdenum, manganese and copper exceed the unified federal water quality standards (MAC_{рх}). When reviewing the variability of concentrations by phase of the water regime, not all rivers exceed MAC_{рх}, for example, during the peak of the flood period, manganese concentrations in the Terek, Baksan and Uruk rivers and molybdenum concentrations in the Malka, Uruk and Chegem rivers do not go above the MAC_{рх}. Therefore, it is important not only to determine the average values of pollutant concentrations, but also their annual distribution in order to improve the effectiveness of water protection measures.

Keywords: Terek River basin, surface water, heavy metal compounds, annual distribution of concentrations.

Введение

Единые общедоказательные предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в поверхностных водных объектах в настоящее время для всей территории России являются едиными. Территория России характеризуется большим разнообразием ландшафтов, что определяет разнообразие физико-географических условий водосборов и, соответственно, условий формирования химического состава поверхностных вод [1]. То есть природные, физико-географические особенности территорий водосборов приводят к формированию такого химического состава воды, где концентрации некоторых загрязняющих веществ не соответствуют принятым ПДК. Истоки исследуемых нами рек (Малка, Баксан, Терек, Чегем, Урух) сосредоточены в высокогорной зоне и берут начало с ледников Главного Кавказского и Бокового хребтов Большого Кавказа. Горные условия обуславливают высокую интенсивность эрозионных процессов на водосборах, в связи с чем уровень содержания соединений тяжелых металлов в значительной мере определяется степенью взаимодействия воды с дренируемой горной породой [2]. Большинство ионов тяжелых металлов относятся к I-II классу опасности, они отличаются канцерогенными, мутагенными свойствами и обладают кумулятивным эффектом. Для тяжелых металлов не существует надежных механизмов самоочищения. Тяжелые металлы лишь перераспределяются из одного природного источника в другой, взаимодействуя с различными живыми организмами и повсюду оставляя видимые нежелательные последствия этого взаимодействия. Тяжелые металлы накапливаются микроорганизмами водных объектов, почвы и растениями,

попадают затем в корм домашних животных, и по естественной пищевой цепочке в организм человека [3], [4], [5], [6], [7].

Для водосборов исследуемых ледниковых рек характерной является ситуация, когда условно фоновая концентрация отдельных соединений тяжелых металлов (вещества двойного генезиса) обусловленная природными факторами, превышает единые общедоказательные нормативы качества воды (ПДК) [8]. Поэтому оценка состояния водных экосистем с учетом геологических особенностей и природных условий является одной из важнейших задач гидроэкологии [9], [10]. Изучению уровня содержания металлов Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd и Cu в воде рек бассейна р. Терек: Баксан, Малка, Чегем, Урух уделяется достаточное внимание [2], [8]. Однако внутригодовое распределение их в воде указанных рек не анализировалось. Целью работы является представление результатов анализов по внутригодовому распределению соединений Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb, Ag, V, Cd и Cu в поверхностных водах бассейна р. Терек, с учетом природных особенностей водосборов рек.

По итогам выявленных закономерностей внутригодового распределения возможно прогнозирование поведения загрязняющих веществ в водных объектах, подверженных антропогенному воздействию.

Методы и принципы исследования

Объектом исследований являются поверхностные воды рек бассейна р. Терек: Малка, Баксан, Урух, Терек, Чегем в нижнем течении. Истоки рек расположены в ледниках Главного Кавказского и Бокового хребтов (рис. 1).

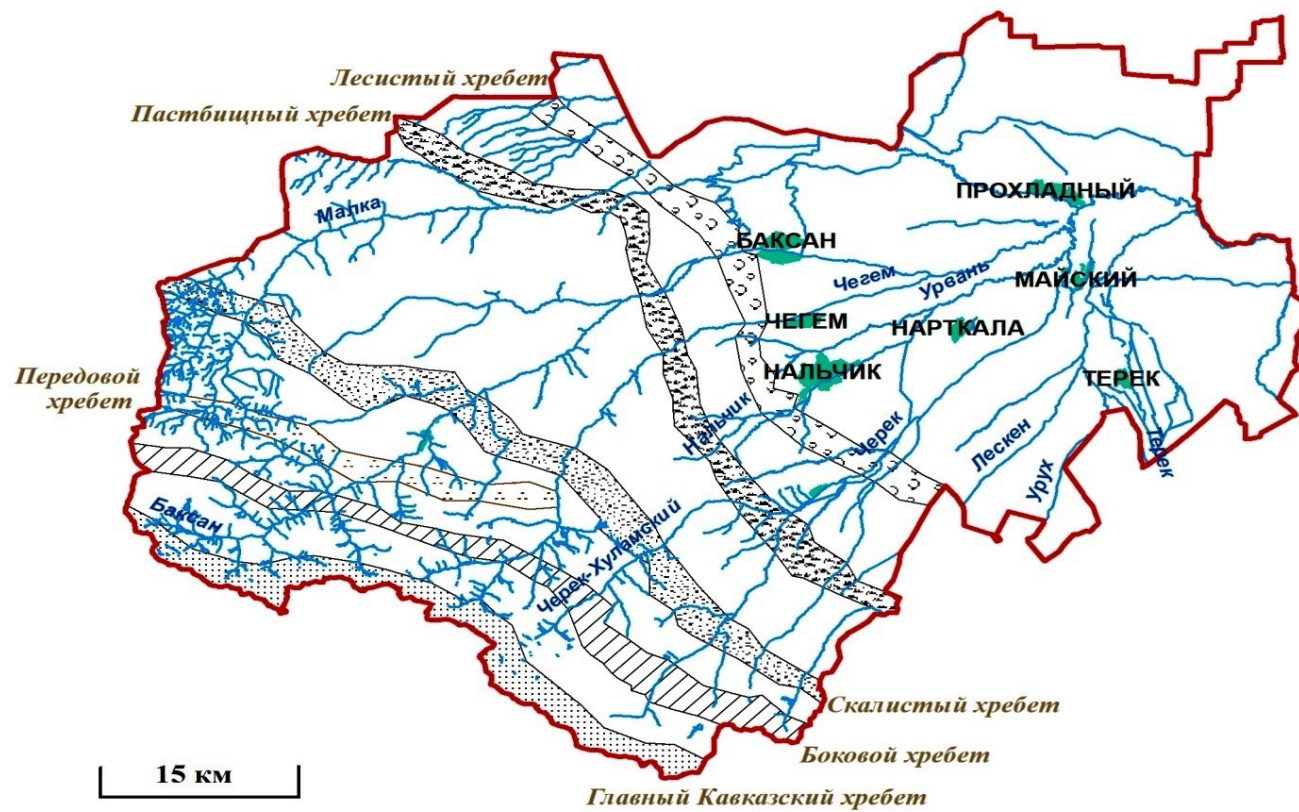


Рисунок 1 - Карта-схема хребтов северного склона Центрального Кавказа
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.1>

У истоков в летний период эти реки имеют ледниковое питание, вниз по течению тип питания рек меняется. Притоки р. Терек Малка, Баксан, Урух, Чегем пересекают хребты (рис. 1) поперечными долинами, которые в этих местах имеют вид узких ущелий. С 2020 года отбор проводится в постоянных створах 7 раз в год (в зимнюю межень, во время половодья — на подъеме, пике и спаде; во время летней межени — при наименьшем расходе и прохождении дождевого паводка и осенью).

В статье приведены результаты, полученные в нижнем течении рек. Пункты наблюдений приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень створов на реках Малка, Баксан, Чегем, Урух, Терек в нижнем течении рек

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.2>

Водный объект, (длина)	Расстояние от истока, км	с.ш., в.д.	Пункт отбора	Местоположение створа
р. Малка (210 км)	190	43.735917 44.073036	г. Прохладный	4 км ниже города
р. Баксан (169 км)	169	43.728386 44.061449	г. Прохладный	ж/д мост
р. Чегем (102 км)	87	43.576162 43.586777	г.Чегем-2	Ниже города
р. Урух (106 км)	105	43.472409 44.079697	ст. Александровская	в лесу
р. Терек (578 км)	230	43.681515 44.368029	с. Хамидие	напротив села

При отборе проб воды измеряли водородный показатель (рН), минерализацию и электропроводность с использованием кондуктометра рН-метр/кондуктометр HANNA HI 991300 [11], фиксировали также время и температуру воздуха. Для определения концентраций растворенных форм соединений металлов, пробы воды фильтровали через фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат консервировали азотной кислотой (HNO₃) из расчета 0,1 мл на 100 мл пробы. Концентрацию измеряли атомно-абсорбционным спектрометром «МГА-915М» [12]. Отборы проб воды и анализы проводятся сотрудниками испытательного лабораторного центра ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» (аттестат аккредитации № RA.RU.21AI34).

Основные результаты

Концентрации соединений хрома, никеля, серебра, ванадия, кадмия за многолетний период наблюдений не превышают уровни ПДК_{рх}. Наиболее распространенными загрязняющими металлами, в воде всех исследуемых рек являются соединения марганца, молибдена и меди (табл. 2), по этим металлам в воде всех исследуемых рек наблюдаются превышение ПДК_{рх}.

Таблица 2 - Среднегодовые уровни содержания металлов за 2021-2023 гг. в нижнем течении рек

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.3>

Концентрация, мкг/дм ³	Нижнее течение			ПДК _{рх} мкг/дм ³
	X _{ср}	X ₅₀	X _{мин} -X _{мах}	
р. Терек, с. Хамидие				
Mo	3,18	3,0	0,1-9,68	1,0
Mn	16,69	15,95	1,28-48,40	10,0
Cu	3,11	2,91	0,63-5,73	1,0
р. Малка, г. Прохладный				
Mo	4,09	3,2	0,3-12,26	1,0
Mn	12,34	11,2	3,23-25,6	10,0
Cu	3,99	3,55	0,66-7,96	1,0
р. Баксан, г. Прохладный				
Mo	5,08	3,44	0,1-18,19	1,0
Mn	15,79	9,35	3,73-72,80	10,0

Cu	4,36	3,24	0,84-11,70	1,0
р. Черем, г. Черем-2				
Mo	1,55	1,41	0,1-4,15	1,0
Mn	11,04	8,25	3,29-43,6	10,0
Cu	4,86	4,77	0,75- 8,85	1,0
р. Урух, ст. Александровская				
Mo	1,63	1,3	0,1-4,68	1,0
Mn	15,24	14,85	1,77-33,95	10,0
Cu	3,37	2,91	0,01-8,39	1,0

Поэтому внутригодовое распределение рассматривается по этим трем металлам. В нижнем течении рек средние концентрации по молибдену изменяются от 1,55 до 18,19; по марганцу от 11,04 до 16,69 и по меди от 3,11 до 4,86 мкг/дм³. По соединениям цинка, свинца наблюдаются единичные случаи превышения ПДК_{рх}.

Максимальные значения молибдена (18,19 мкг/дм³) наблюдаются в р. Баксан. В Баксанском ущелье был расположен Тырнаузский горно-обогатительный комбинат, специализировавшийся на добыче и обогащении вольфрамо-молибденовых руд. Наследие Тырнаузского горно-обогатительного комбината в виде гигантского заброшенного хвостохранилища представляет собой большую экологическую угрозу для района, подверженного селям. Данные за апрель 2024 года (табл. 3) показывают, что концентрации молибдена в озере Гижгит и в дренажном ручье, вытекающем из-под хвостохранилища значительно, превышают нормативы как для водных объектов рыбохозяйственного назначения, так и для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) назначения. На повышенное содержание солей указывает также минерализация воды и электропроводность. Значение минерализации для воды дренажного ручья составляет 744 мг/дм³, электропроводность 1450 мкСм/см. В настоящее время экологическая угроза, связанная с хвостохранилищем сохраняется.

Таблица 3 - Концентрация молибдена

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.4>

Место отбора	Концентрация Мо, мкг/дм ³	pH, ед.	Электропроводность, мкСм/см	Минерализация, мг/дм ³
Озеро Гижгит	326,0	8,2	600	313
Дренажный ручей	14920,0	10,0	1450	744

Реки по водному режиму по классификации Б. Д. Зайкова относятся к классу рек с половодьем в теплую часть года – Тянь-Шаньский тип, где половодье связано с таянием ледников. Физико-географические и геологические характеристики бассейна значительно влияют на концентрацию веществ в воде рек и минерализацию. Во время максимального таяния ледников (пик половодья) увеличивается расход и за счет разбавления воды минерализация уменьшается в несколько раз [8].

Концентрация металлов по фазам водного режима рек изменяется значительно (табл. 4).

Таблица 4 - Медиана и диапазон изменчивости (в скобках) концентраций металлов, в пробах воды исследуемых рек по фазам водного режима в нижнем течении рек за период 2021-2023 гг.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.5>

Металл	Терек, мкг/дм ³	Баксан, мкг/дм ³	Малка, мкг/дм ³	Урух, мкг/дм ³	Черем, мкг/дм ³
Mo					
Зимняя межень	0,99 (0,59-4,30)	4,37 (4,37-18,6)	1,18 (0,1-5,95)	0,82 (0,1-2,61)	2,32 (0,23-3,33)
Подъем половодья	1,35(0,1-4,7)	7,8(3,73-16,0)	1,9 (0,1-2,95)	0,89(0,1-4,09)	0,53(0,1-1,5)
Пик половодья	3,58(0,22-4,30)	7,07(3,52-8,18)	0,15(0,1-2,69)	0,2(0,1-0,86)	0,77(0,1-1,39)
Осенняя межень	2,8(1,41-3,76)	7,6(5,94-15,97)	2,8(1,08-3,75)	0,85(0,72-2,81)	2,3(1,41-4,13)
Mn					

Зимняя межень	17,97(5,44- 40,65)	5,96(4,32- 15,55)	16,2(9,42- 17,5)	9,21(1,1-17,2)	6,4 (4,38- 11,68)
Подъем половодья	21,7 (10,61- 38,0)	19,1(6,96- 35,15)	22,5(6,2-33,4)	20,5(11,7- 35,5)	18,8(4,40- 36,95)
Пик половодья	5,02(2,01-5,6)	7,49(3,86- 8,67)	12,11 (10,51- 13,45)	9,45 (9,19- 10,06)	12,2(9,96- 15,9)
Осенняя межень	16,1(9,27- 35,6)	8,1(3,64-17,1)	11,5(7,2- 50,13)	6,05(5,62- 23,65)	7,7(4,19-17,8)
Cu					
Зимняя межень	1,86 (1,2-6,3)	1,79 (1,43- 4,78)	2,3 (1,4-3,1)	4,42(0,95- 6,08)	3,98(3,14- 4,83)
Подъем половодья	2,53(1,52- 6,43)	3,3(3,8-7,1)	3,8(3,44-6,24)	3,05(2,82-6,8)	5,45(5,32- 5,69)
Пик половодья	4,2 (1,0-7,52)	3,2(1,27-5,3)	3,8(2,49-7,95)	6,3(1,11-11,6)	5,04(3,4-5,44)
Осенняя межень	4,5(2,52-8,95)	3,6(0,72-4,95)	4,52(1,09-7,2)	5,45(1,41- 5,67)	2,1(0,89-3,5)

Максимальные уровни молибдена (рис. 2) наблюдаются во время подъема половодья (май, июнь), в р. Баксан. В эти месяцы на территории водосборов выпадает наибольшее количество осадков [13], вероятно склоновыми процессами в воду рек попадает большое количество выветриваемых горных пород, содержащих молибден. Минимальные концентрации отмечаются во время пика половодья в реках Малка, Урух, Чегем, что связано с разбавлением воды рек во время интенсивного таяния ледников. В воде рек Терек и Баксан минимальные концентрации фиксируются в зимнюю межень во время перехода рек на грунтовое питание.

Максимальные концентрации марганца во всех исследуемых реках наблюдаются во время подъема половодья (рис. 3), достигая в среднем 20 мкг/дм³. Минимальные отмечены в пик половодья и осеннюю межень.

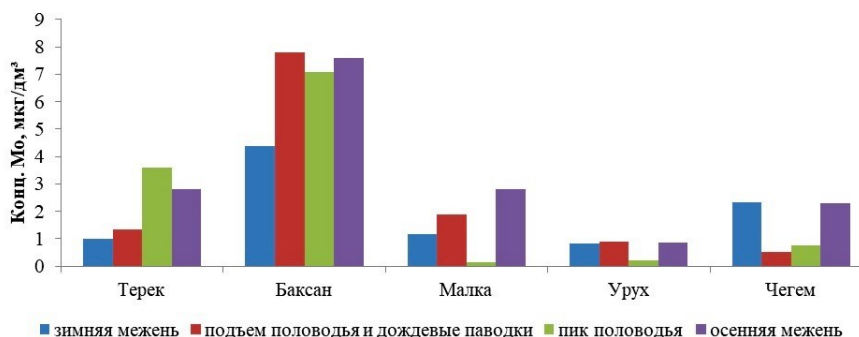


Рисунок 2 - Внутригодовое распределение молибдена в воде рек Терек, Малка, Баксан, Урух, Чегем в нижнем течении
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.6>

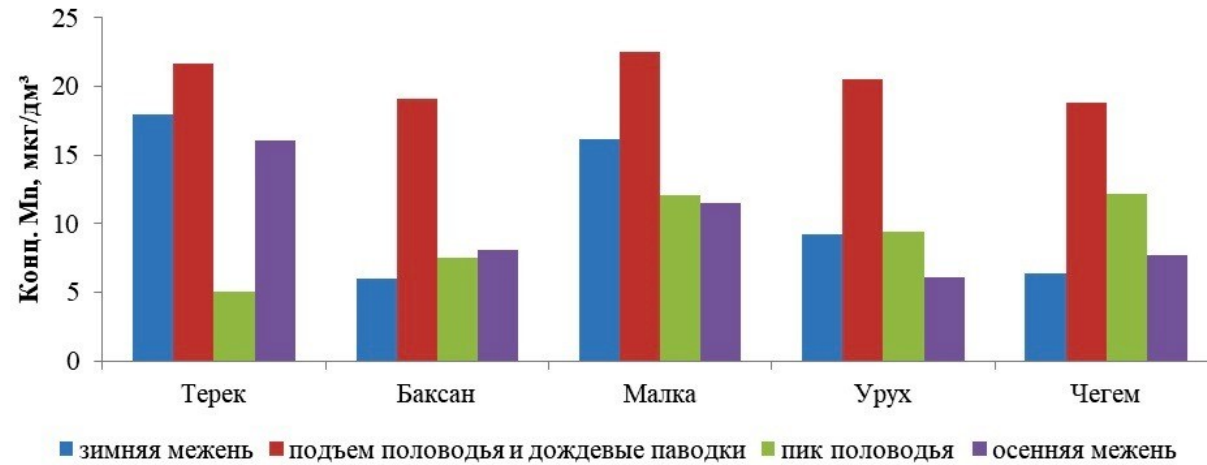


Рисунок 3 - Внутригодовое распределение марганца в воде рек Терек, Малка, Баксан, Урух, Чегем в нижнем течении
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.7>

Во внутригодовом распределении меди в отличие от марганца и молибдена максимальные концентрации наблюдаются в воде р. Урух (рис. 4), в пик половодья, минимальные в воде рек Терек и Баксан в зимнюю межень.

Таким образом, значительная вариация концентраций молибдена, марганца и меди в исследованных реках, очевидно, объясняется водным режимом рек и попаданием в воду рек склоновыми процессами выветриваемых горных пород, содержащих эти металлы. Для исследуемых рек бассейна Терека средние концентрации молибдена, марганца и меди (табл. 2) превышают единые общедоказательные нормативы качества воды (ПДК_{рх}), но при рассмотрении изменчивости концентраций по фазам водного режима (табл. 4), не везде наблюдается превышение ПДК_{рх}, например, в пик половодья, концентрации марганца в реках Терек, Баксан, Урух и концентрации молибдена в реках Малка, Урух, Чегем не превышают ПДК_{рх}. Поэтому имеет значение не только определение средних значений концентраций загрязняющих веществ, но и их внутригодовое распределение для повышения эффективности водоохраных мероприятий.

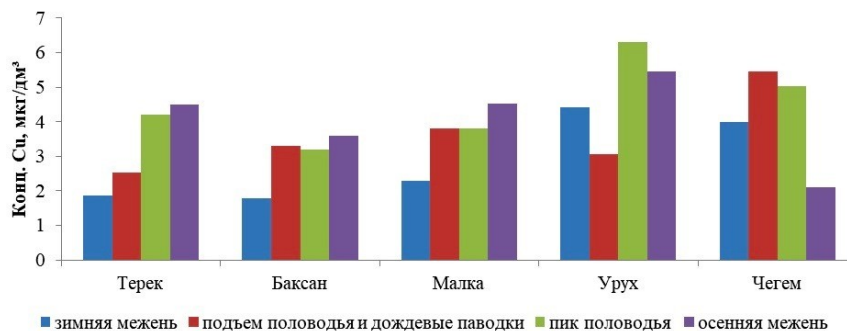


Рисунок 4 - Внутригодовое распределение меди в воде рек Терек, Малка, Баксан, Урух, Чегем в нижнем течении
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.93.8>

Заключение

Определены средние значения концентраций молибдена, марганца и меди в нижнем течении рек Малка, Баксан, Урух, Терек, Чегем, диапазоны их изменчивости, и внутригодовое распределение. Установлено, что концентрации указанных металлов в исследуемых реках постоянно превышают значения ПДК_{рх}. Полученные результаты указывают на особенности химического состава природных вод данного водосборного бассейна, по соединениям молибдена, марганца и меди, которые необходимо учитывать при нормировании предельно допустимого вредного воздействия (ПДВВ) на поверхностные водные объекты.

Значительная изменчивость концентраций молибдена, марганца и меди, постоянно превышающие значения ПДК_{рх} в исследованных реках, очевидно, объясняется водным режимом рек и попаданием в воду склоновыми процессами выветриваемых горных пород, содержащих указанные металлы.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Янин Е.П. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения / Е.П. Янин, В.Н. Кузьмич, О.М. Иваницкий // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. — 2016. — № 6. — С. 3–72.
2. Алита С.Л. Качественная оценка уровня природного содержания соединений тяжелых металлов в бассейнах рек Малка, Урух, Черек, Чегем / С.Л. Алита, Ф.А. Атабиева, Е.А. Чередник // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2021. — № 5. — С. 97–111.
3. Бабкина С.С. Определение и прогнозирование содержания в природной воде ионов тяжелых металлов / С.С. Бабкина, А.Г. Горюнова, А.Р. Гагаулина [и др.] // Ученые записки Казанского университета. — 2013. — Т. 155. — Кн. 1. — С. 87–94.
4. Вишневецкий В.Ю. Экологическое прогнозирование загрязнения водных сред тяжелыми металлами / В.Ю. Вишневецкий, В.С. Ледяева // Инженерный вестник Дона. — 2014. — № 4. — Ч. 2. — С. 1–13.

5. Дьяченко В.В. Геохимия и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа : дис. ... д-ра. географ. наук / Дьяченко Владимир Викторович. — Новороссийск, 2004. — 326 с.
6. Мур Дж. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / Дж. Мур, С. Рамамурти. — М. : Мир, 1987. — 288 с.
7. Ермаков В.В. Формирование биогеохимических аномалий в бассейне р. Баксан / В.В. Ермаков, С.Ф. Тютиков, А.П. Дегтярев [и др.] // Геохимия. — 2020. — Т. 65. — № 10. — С. 955–968.
8. Атабиева Ф.А. Содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа (бассейн реки Терек) / Ф.А. Атабиева, А.С. Огарова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2023. — № 3. — С. 89–101.
9. Тимофеева Л.А. Проблемы нормирования качества поверхностных вод / Л.А. Тимофеева, Г.Т. Фрумин // Ученые записки. — № 38. — С. 215–229.
10. Веницианов Е.В. Современные проблемы оценки, регулирования и мониторинга качества поверхностных вод / Е.В. Веницианов, Г.В. Аджиенко, А.А. Возняк [и др.] // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2018. — № 1. — С. 47–59.
11. Инструкция по эксплуатации портативного рН-метра // Кондуктометра HANNA HI 991300. — 2021.
12. 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.
13. Погода круглый год в любой точке земли. — URL: <https://ru.weatherspark.com/> (дата обращения: 12.07.2024).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Janin E.P. Regional'naja prirodnaia neodnorodnost' himicheskogo sostava poverhnostnyh vod sushi i neobhodimost' ee ucheta pri ocenkah ih jekologicheskogo sostojanija i intensivnosti tehnogennoho zagraznenija [Regional natural heterogeneity of the chemical composition of surface waters on land and the need to take it into account when assessing their ecological state and the intensity of technogenic pollution] / E.P. Janin, V.N. Kuz'mich, O.M. Ivanickij // Problemy okružhajushhej sredy i prirodnyh resursov [Problems of the Environment and Natural Resources]. — 2016. — № 6. — P. 3–72. [in Russian]
2. Alita S.L. Kachestvennaja ocenka urovnja prirodnogo sodержanija soedinenij tjazhelyh metallov v bassejnah rek Malka, Uruh, Cherek, Chegem [Qualitative assessment of the level of natural content of heavy metal compounds in the Malka, Uruk, Cherek, Chegem river basins] / S.L. Alita, F.A. Atabieva, E.A. Cherednik // Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management]. — 2021. — № 5. — P. 97–111. [in Russian]
3. Babkina S.S. Opredelenie i prognozirovanie sodержanija v prirodnoj vode ionov tjazhelyh metallov [Definition and forecasting of the content of heavy metal ions in natural water] / S.S. Babkina, A.G. Gorjunova, A.R. Gataulina [et al.] // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta [Scientific Notes of Kazan University]. — 2013. — Vol. 155. — Book 1. — P. 87–94. [in Russian]
4. Vishneveckij V.Ju. Jekologicheskoe prognozirovanie zagraznenija vodnyh sred tjazhelymi metallami [Environmental forecasting of water pollution by heavy metals] / V.Ju. Vishneveckij, V.S. Ledjaeva // Inženernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. — 2014. — № 4. — Pt. 2. — P. 1–13. [in Russian]
5. D'jachenko V.V. Geohimija i ocenka sostojanija landshaftov Severnogo Kavkaza [Geochemistry and assessment of the state of landscapes of the North Caucasus] : dis. ... of PhD in Geography / D'jachenko Vladimir Viktorovich. — Novorossijsk, 2004. — 326 p. [in Russian]
6. Mur Dzh. Tjazhelye metally v prirodnyh vodah: Kontrol' i ocenka vlijanija [Heavy metals in natural waters: Monitoring and assessment of impact] / Dzh. Mur, S. Ramamurti. — M. : Mir, 1987. — 288 p. [in Russian]
7. Ermakov V.V. Formirovanie biogeohimicheskikh anomalij v bassejne r. Baksan [Formation of biogeochemical anomalies in the Baksan River basin] / V.V. Ermakov, S.F. Tjutikov, A.P. Degtjarev [et al.] // Geohimija [Geochemistry]. — 2020. — Vol. 65. — № 10. — P. 955–968. [in Russian]
8. Atabieva F.A. Soderzhanie tjazhelyh metallov v vode rek Central'nogo Kavkaza (bassejn reki Terek) [The content of heavy metals in the water of the rivers of the Central Caucasus (Terek River basin)] / F.A. Atabieva, A.S. Otarova // Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management]. — 2023. — № 3. — P. 89–101. [in Russian]
9. Timofeeva L.A. Problemy normirovanija kachestva poverhnostnyh vod [Problems of standardization of surface water quality] / L.A. Timofeeva, G.T. Frumin // Uchenye zapiski [Scientific Notes]. — № 38. — P. 215–229. [in Russian]
10. Venicianov E.V. Sovremennye problemy ocenki, regulirovanija i monitoringa kachestva poverhnostnyh vod [Modern problems of assessment, regulation and monitoring of surface water quality] / E.V. Venicianov, G.V. Adzhienko, A.A. Voznjak [et al.] // Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management]. — 2018. — № 1. — P. 47–59. [in Russian]
11. Instrukcija po jekspluatácii portativnogo rN-metra [Operating instructions for the portable pH meter] // Konduktometra HANNA HI 991300 [Conductometer HANNA HI 991300]. — 2021. [in Russian]
12. Metodika vypolnenija izmerenij massovyh koncentracij Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn v prirodnyh i stocznyh vodah metodom atomno-absorbcionnoj spektroskopii s ispol'zovaniem atomno-absorbcionnogo spektrometra s jelektrotermicheskoj atomizaciej «MGA-915» [Methodology for measuring mass concentrations of Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn in natural and waste waters by atomic absorption spectroscopy using an atomic absorption spectrometer with electrothermal atomization "MGA-915"]. — M., 2009. [in Russian]
13. Pogoda kruglyj god v ljuvoj tochke zemli [Weather all year round anywhere on earth]. — URL: <https://ru.weatherspark.com/> (accessed: 12.07.2024). [in Russian]