

СТАТЬИ

УДК 502.5

DOI 10.17513/use.38312

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАРГАНЦА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТЕРЕК

Атабиева Ф.А., Отарова А.С.

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: atabieva0812@mail.ru

Целью исследования является изучение внутригодового распределения концентраций растворенных форм марганца в воде р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалушка, Терек, Баксан, Малка, Чегем, Черек, Урух за 2021–2023 гг. За этот период было отобрано и проанализировано более 400 проб воды. Диапазон изменчивости водородного показателя для исследованных рек находится в пределах 6,9–8,9 ед. рН, и по этим значениям вода рек классифицируется как слабощелочная. Минимальные концентрации марганца наблюдаются в основном в июле, максимальные отмечаются в мае и июне. Для исследуемых рек бассейна Терек, имеющих ледниковое питание, изменчивость средних значений концентраций марганца составляет 11–21 мкг/дм³, превышающие уровень ПДК_{рх}. В реках, где отсутствует ледниковое питание, средние концентрации марганца изменяются от 3,99 до 48,9 мкг/дм³. Значительная вариация концентраций марганца в исследованных реках, очевидно, объясняется разрушением горных пород, происходящим путем выветривания, и смывом их склоновыми процессами в воду рек. Следует отметить, что при рассмотрении изменчивости концентраций по фазам водного режима не везде наблюдается превышение ПДК_{рыб}, например, в пик половодья. Поэтому имеет значение не только определение средних значений концентраций загрязняющих веществ, но и их внутригодовое распределение для повышения эффективности водоохранных мероприятий.

Ключевые слова: бассейн р. Терек, качество, загрязненность, концентрация марганца, минерализация, нижнее течение, среднее течение

DISTRIBUTION OF MANGANESE IN THE TEREK RIVER BASIN

Atabieva F.A., Otarova A.S.

High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: atabieva0812@mail.ru

The purpose of this work is to study the intra-annual distribution of concentrations of dissolved forms of manganese in the water of the Lesken, Kurkuzhin, Nalchik, Shalushka, Terek, Baksan, Malka, Chegem, Cherek, Uruk rivers for the period 2021–2023. During this period, more than 400 water samples were collected and analyzed. The range of variability of the hydrogen index for the studied rivers is in the range of 6.9–8.9 pH units and according to these values, river water is classified as slightly alkaline. The minimum concentrations of manganese are observed mainly in July, the maximum is observed in May and June. For the studied rivers of the Terek basin, which have glacial nutrition, the variability of the average values of manganese concentrations is 11–21 micrograms/dm³, exceeding the MPCR level. In rivers where glacial nutrition is absent, the average concentrations of manganese vary from 3.99 to 48.9 micrograms/dm³. The significant variation in manganese concentrations in the studied rivers is obviously explained by the destruction of rocks, which occurs by weathering, and their flushing by slope processes into the river water. It should be noted that when considering the variability of concentrations by phases of the water regime, not everywhere there is an excess of the maximum permissible concentration, for example, at the peak of high water. Therefore, it is important not only to determine the average concentrations of pollutants, but also their intra-annual distribution to increase the effectiveness of water protection measures.

Keywords: Terek River basin, quality, pollution, manganese concentration, mineralization, lower reaches, middle reaches

Введение

Марганец относится к числу распространенных элементов и по содержанию в земной коре (среди тяжелых металлов) уступает лишь железу и титану. В земной коре он встречается преимущественно в виде оксидов, его среднее содержание составляет 0,1 % [1]. Важнейшими минералами марганца являются пиролюзит, манганит, псиломелан [2].

В России принято весьма жесткое нормирование уровня содержания марганца в водных объектах. ПДК растворенных форм марганца в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,1 мг/дм³, рыбохозяйственного назначения – 0,01 мг/дм³ [3]. Естественным источникам химиче-

ских элементов не всегда уделяется достаточное внимание, хотя их роль в формировании состава речных вод всегда очень важна [4, 5], особенно для рек, истоки которых расположены в горных и высокогорных районах.

Целью исследования является изучение изменчивости концентраций марганца по фазам водного режима в воде р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалушка, Терек, Баксан, Малка, Чегем, Черек, Урух бассейна р. Терек.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являются р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалушка, Терек, Баксан, Малка, Чегем, Черек, Урух. Их истоки расположены в хребтах северного склона Центрального Кавказа (рис. 1).

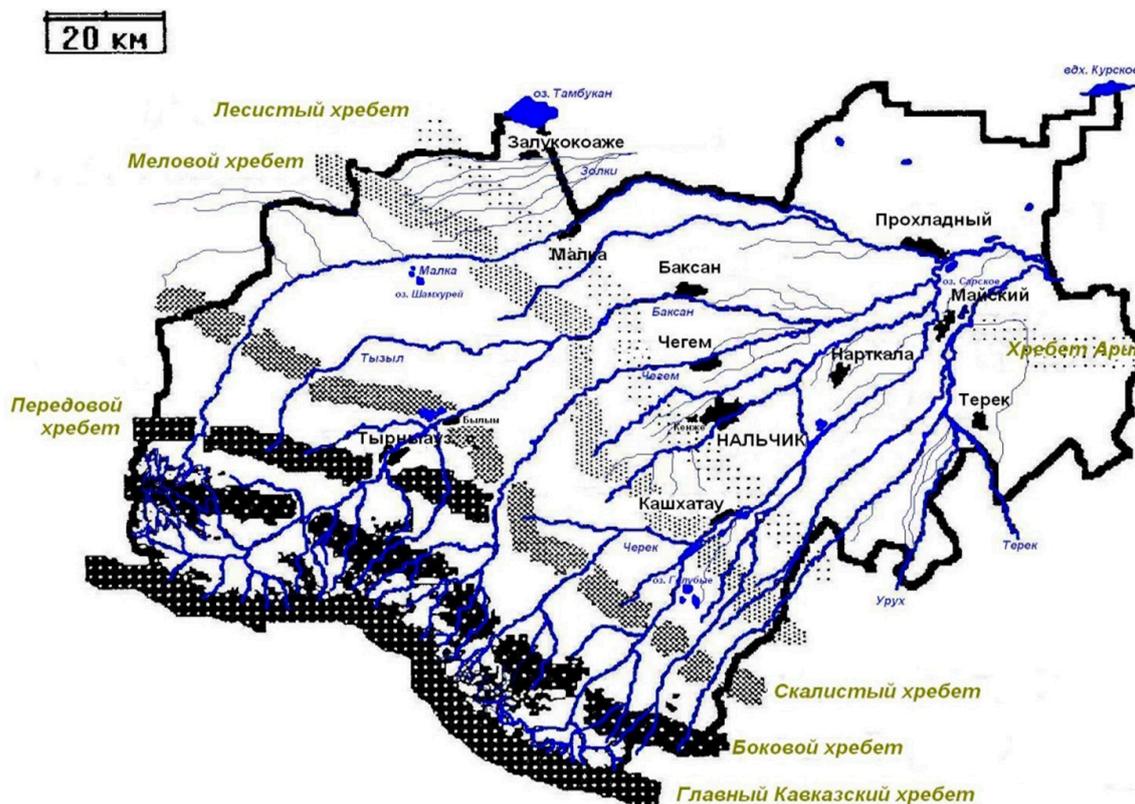


Рис. 1. Карта хребтов северного склона Центрального Кавказа [6]

Отборы проб воды и их анализ проводились сотрудниками испытательного лабораторного центра ФГБУ «Высокогорный геофизический институт» (аттестат аккредитации RA.RU.21AI34). Постоянные пункты отбора приведены в [6]. При проведении анализов использованы кондуктометрический метод и метод атомно-абсорбционной спектроскопии [7].

Результаты исследования и их обсуждение

За 2021–2023 гг. при маршрутно-экспедиционном обследовании изучаемой территории были отобраны и проанализированы более 400 проб воды. Среднегодовые значения водородного показателя (рН) воды исследуемых рек представлены в табл. 1.

Значение водородного показателя воды рек изменяется от 6,9 до 8,9 ед. рН, что позволяет классифицировать воду рек как слабощелочную (табл. 1). Изменение рН вниз по течению незначительно.

Полученные значения концентраций марганца представлены в табл. 2. На территории указанных водосборов отсутствуют какие-либо промышленные предпри-

ятия, которые могли быть источником загрязнения воды рек марганцем. Очевидно, формированию химического состава воды с различным уровнем содержания марганца способствует перемещение продуктов выветривания горных пород вниз склоновыми процессами и попадание рыхлого материала в воду рек.

Из данных табл. 2 следует, что в р. Баксан, Малка и Терек в среднем течении минимальные концентрации наблюдаются в пик половодья (июль). Вода исследуемых рек в марте относится к классу среднеминерализованных, а в июле – к классу маломинерализованных [8]. Максимальные уровни марганца в среднем течении рек отмечаются в мае и июне. В эти месяцы начинается подъем половодья и на территории водосборов выпадает наибольшее количество осадков [9].

Естественное разрушение горных пород, происходящее путем выветривания, и смыв их во время обильных дождей склоновыми процессами в воду рек неконтролируемо формирует химический состав воды, что, вероятно, приводит в данном случае к повышению концентрации марганца в этот период.

Таблица 1

Среднегодовые значения водородного показателя воды рек за 2021–2023 гг.
в среднем и нижнем течении

Река	Месяцы						
	II	III	V	VI	VII	IX	X
Баксан	$\frac{7,9}{7,65}$	$\frac{8,23}{8,0}$	$\frac{7,74}{7,70}$	$\frac{7,75}{7,65}$	$\frac{7,63}{7,27}$	$\frac{7,65}{7,45}$	$\frac{7,61}{7,68}$
Малка	$\frac{7,65}{7,6}$	$\frac{8,14}{7,99}$	$\frac{7,53}{7,70}$	$\frac{7,54}{7,59}$	$\frac{7,49}{7,49}$	$\frac{7,35}{7,45}$	$\frac{7,75}{7,60}$
Терек	$\frac{7,40}{7,55}$	$\frac{7,88}{7,85}$	$\frac{7,64}{7,66}$	$\frac{7,39}{7,40}$	$\frac{7,44}{7,54}$	$\frac{7,50}{7,50}$	$\frac{7,67}{7,65}$
Урух	$\frac{7,9}{7,7}$	$\frac{8,16}{8,15}$	$\frac{7,78}{7,83}$	$\frac{7,57}{7,68}$	$\frac{7,55}{7,75}$	$\frac{7,55}{7,85}$	$\frac{7,8}{7,8}$
Чегем	$\frac{7,8}{7,75}$	$\frac{8,20}{8,09}$	$\frac{7,8}{7,87}$	$\frac{7,95}{7,88}$	$\frac{7,83}{7,71}$	$\frac{7,8}{7,75}$	$\frac{7,83}{7,55}$
Черек	$\frac{7,85}{7,6}$	$\frac{8,27}{7,93}$	$\frac{7,93}{7,67}$	$\frac{7,54}{7,62}$	$\frac{7,76}{7,39}$	$\frac{7,75}{7,35}$	$\frac{7,83}{7,58}$
Лескен	$\frac{7,9}{7,6}$	$\frac{8,1}{7,7}$	$\frac{8,2}{8,0}$	$\frac{8,0}{7,6}$	$\frac{7,9}{7,5}$	$\frac{8,1}{7,8}$	$\frac{8,2}{7,6}$
Куркужин	$\frac{8,0}{7,7}$	$\frac{7,9}{7,7}$	$\frac{7,7}{7,8}$	$\frac{7,5}{7,8}$	$\frac{7,2}{7,0}$	$\frac{7,7}{7,6}$	$\frac{8,2}{7,8}$
Нальчик	$\frac{8,0}{7,9}$	$\frac{8,1}{7,9}$	$\frac{8,3}{8,2}$	$\frac{8,1}{8,0}$	$\frac{7,8}{7,6}$	$\frac{7,9}{7,8}$	$\frac{8,4}{8,1}$
Шалушка	$\frac{7,8}{8,4}$	$\frac{8,0}{7,9}$	$\frac{8,9}{8,4}$	$\frac{8,5}{8,4}$	$\frac{8,0}{7,9}$	$\frac{8,3}{8,3}$	$\frac{8,6}{8,2}$

Примечание. В числителе – среднее течение; в знаменателе – нижнее течение.

Таблица 2

Медиана, диапазоны изменчивости концентраций марганца в воде р. Терек, Баксан, Малка, Чегем, Черек, Урух и минерализация воды в среднем течении (2021–2023 гг.)

Показатель	Зимняя межень	Подъем половодья с дождевыми паводками	Пик половодья	Осенняя межень
р. Терек				
Медиана	17,97	21,2	4,21	16,05
Диапазон	(5,44–40,65)	(10,61–38,00)	(2,01–5,60)	(9,27–35,6)
Минерализация	243	167	178	224
р. Малка				
Медиана	16,16	22,0	8,69	16,85
Диапазон	(9,42–17,50)	(6,15–33,35)	(2,11–13,45)	(7,20–50,13)
Минерализация	360	222	186	314
р. Баксан				
Медиана	7,34	17,54	6,67	8,45
Диапазон	(4,32–15,55)	(6,96–35,15)	(3,86–8,67)	(3,64–17,10)
Минерализация	340	145	107	248
р. Чегем				
Медиана	6,40	18,14	12,69	7,61
Диапазон	(4,38–11,68)	(4,40–36,95)	(9,96–15,90)	(4,19–17,80)
Минерализация	227	113	87	163
р. Урух				
Медиана	9,21	20,01	9,57	7,03
Диапазон	(1,05–17,17)	(11,70–35,51)	(9,19–10,06)	(5,62–23,65)
Минерализация	143	104	70	108
р. Черек				
Медиана	11,25	24,04	18,35	24,55
Диапазон	(3,97–25,85)	(9,85–36,75)	(13,09–26,36)	(11,80–36,55)
Минерализация	377	121	103	252

Таблица 3

Медиана, диапазоны изменчивости концентраций марганца в воде р. Терек, Баксан, Малка, Чегем, Черек, Урух и минерализация воды в нижнем течении (2021–2023 гг.)

Показатель	Зимняя межень	Подъем половодья с дождевыми паводками	Пик половодья	Осенняя межень
р. Терек				
Медиана	20,38	19,76	3,86	13,37
Диапазон	(5,44–40,65)	(10,61–38,0)	(2,01–5,6)	(9,27–35,6)
Минерализация	292	165	154	249
р. Малка				
Медиана	15,45	14,3	5,39	10,1
Диапазон	(9,42–17,5)	(6,2–33,4)	(10,51–13,45)	(7,2–50,13)
Минерализация	331	169	128	247
р. Баксан				
Медиана	9,35	16,43	4,77	9,25
Диапазон	(6,32–18,22)	(8,85–72,80)	(3,86–8,67)	(5,35–24,0)
Минерализация	342	166	136	246
р. Чегем				
Медиана	5,88	15,63	5,27	6,92
Диапазон	(4,38–11,68)	(4,40–36,95)	(9,96–15,9)	(4,19–17,8)
Минерализация	200	125	113	180
р. Урух				
Медиана	18,11	18,08	4,50	15,39
Диапазон	(1,1–17,2)	(11,7–35,5)	(9,19–10,06)	(5,62–23,65)
Минерализация	194	172	162	190
р. Черек				
Медиана	19,37	25,75	5,58	12,27
Диапазон	(7,16–25,54)	(5,72–44,70)	(1,35–11,45)	(5,65–23,54)
Минерализация	359	177	132	261

Максимальные концентрации марганца в нижнем течении рек (табл. 3) фиксируются в мае и июне в воде р. Баксан, Чегем, Урух, Черек. В воде р. Малка и Терек максимальные концентрации марганца отмечаются в период зимней межени. В нижнем течении рек (табл. 3) минимальные концентрации марганца во всех исследуемых реках наблюдаются в пик половодья.

Если рассматривать концентрации марганца по участкам рек, то во время пика половодья вниз по течению наблюдается уменьшение концентрации Mn, что объясняется, очевидно, переходом его в донные отложения. В другие сезоны каких-либо закономерностей не обнаружено (табл. 2, 3).

Анализ внутригодового распределения марганца в воде рек проводился также по данным среднегодовых значений концентраций за 2021–2023 гг. (рис. 2 и 3).

Как было отмечено выше, минимальные концентрации марганца в воде рек, как видно из графиков, наблюдаются в июле.

На июль приходится пик половодья, в результате таяния ледников и сезонного снежного покрова значительно увеличивается расход воды в реках, что приводит к разбавлению воды рек и значительному уменьшению минерализации и концентрации марганца. Например, в пик половодья в нижнем течении рек (табл. 4) не наблюдается превышение ПДК_{рх}.

Были также проанализированы концентрации марганца в р. Лескен, Куркужин, Нальчик и Шалушка (табл. 4 и 5). Эти реки также относятся к бассейну р. Терек, но в них отсутствует ледниковое питание, на водосборах этих рек летом имеет место таяние сезонного снега.

Максимальные концентрации марганца, 48,9 мкг/дм³, наблюдаются в воде р. Куркужин в среднем течении. Во всех фазах водного режима (зимняя межень, весенний период, осенняя межень) отмечаются превышения ПДК_{рх}, исключением является летняя межень (рис. 4, а), в которой значения концентраций марганца ниже ПДК_{рх}.

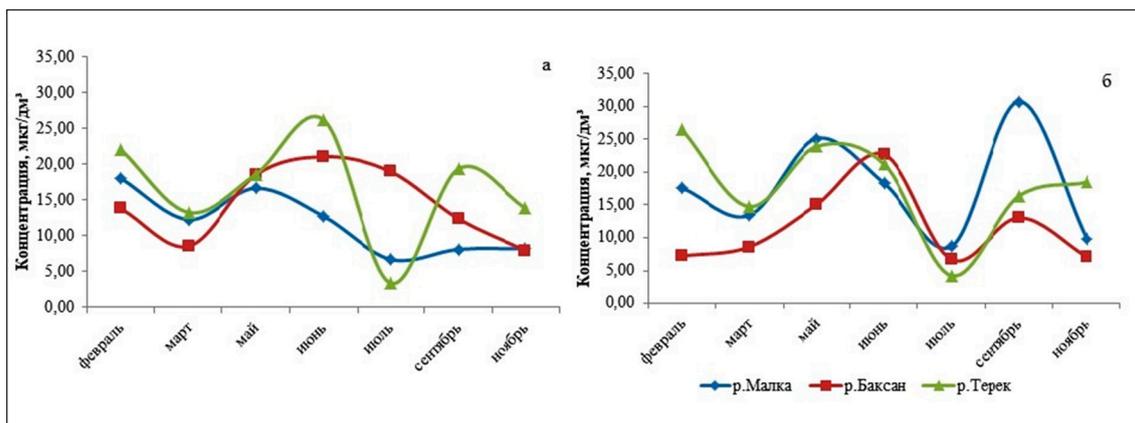


Рис. 2. Осредненное внутригодовое распределение марганца в воде р. Малка, Баксан, Терек в нижнем (а) и среднем (б) течении за 2021–2023 гг.

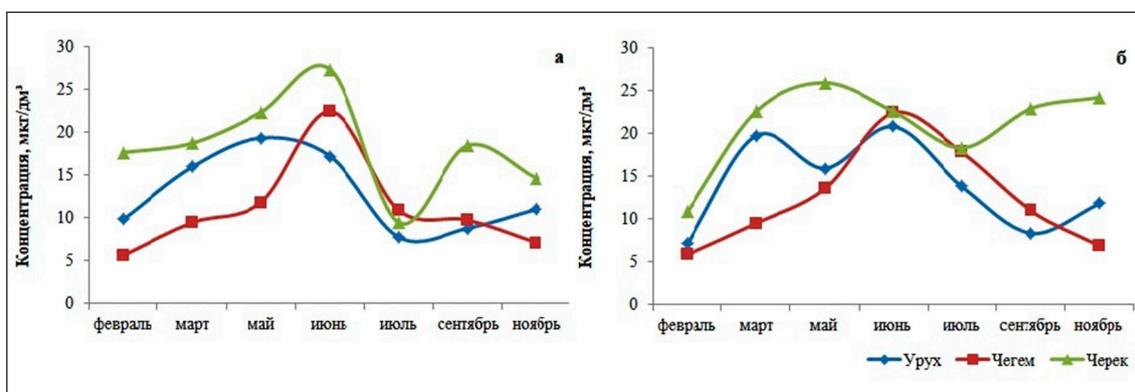


Рис. 3. Осредненное внутригодовое распределение марганца в воде р. Урук, Чегем, Черек в нижнем (а) и среднем (б) течении за 2021–2023 гг.

Таблица 4

Медиана, диапазоны изменчивости концентраций марганца в воде р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалущка и минерализация воды в среднем течении (2021–2023 гг.)

Показатель	Зимняя межень	Подъем половодья с дождевыми паводками	Пик половодья	Осенняя межень
р. Куркужин				
Медиана	48,9	22,2	7,81	17,7
Диапазон	(17,1–95,6)	(7,0–75,1)	(3,4–10,7)	(5,7–31,7)
Минерализация	367,4	323,2	305,3	340,0
р. Шалущка				
Медиана	7,8	5,8	10,2	6,8
Диапазон	(2,0–9,31)	(2,01–36,55)	(6,73–15,94)	(4,30–14,21)
Минерализация	167,2	171,3	128,0	177,0
р. Нальчик				
Медиана	11,1	7,1	8,43	8,25
Диапазон	(3,96–14,33)	(5,03–38,3)	(5,55–9,25)	(5,10–16,25)
Минерализация	224,4	187,2	163,3	216,0
р. Лескен				
Медиана	8,3	13,35	3,99	11,45
Диапазон	(2,69–20,76)	(2,2–23,8)	(3,32–7,29)	(7,43–16,8)
Минерализация	165,6	136,5	122,7	156,7

Таблица 5

Медиана, диапазоны изменчивости концентраций марганца в воде р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалушка и минерализация воды в нижнем течении (2021–2023 гг.)

Показатель	Зимняя межень	Подъем половодья с дождевыми паводками	Пик половодья	Осенняя межень
р. Куркужин				
Медиана	8,57	15,4	8,86	14,72
Диапазон	(3,9–11,99)	(2,31–32,35)	(2,33–10,07)	(4,10–34,15)
Минерализация	501,8	372,5	215,0	399,3
р. Шалушка				
Медиана	10,70	16,78	9,6	9,99
Диапазон	(1,73–14,49)	(4,94–42,85)	(4,32–33,3)	(6,48–17,5)
Минерализация	183,0	105,5	97,7	135,2
р. Нальчик				
Медиана	8,30	9,2	6,57	9,87
Диапазон	(5,05–12,22)	(4,70–36,40)	(5,64–9,32)	(4,1–23,35)
Минерализация	212,8	163,4	163,0	184,7
р. Лескен				
Медиана	14,15	14,04	3,99	7,58
Диапазон	(2,32–39,21)	(0,1–37,05)	(3,32–7,29)	(3,29–17,45)
Минерализация	170,6	145,8	109,7	159,0

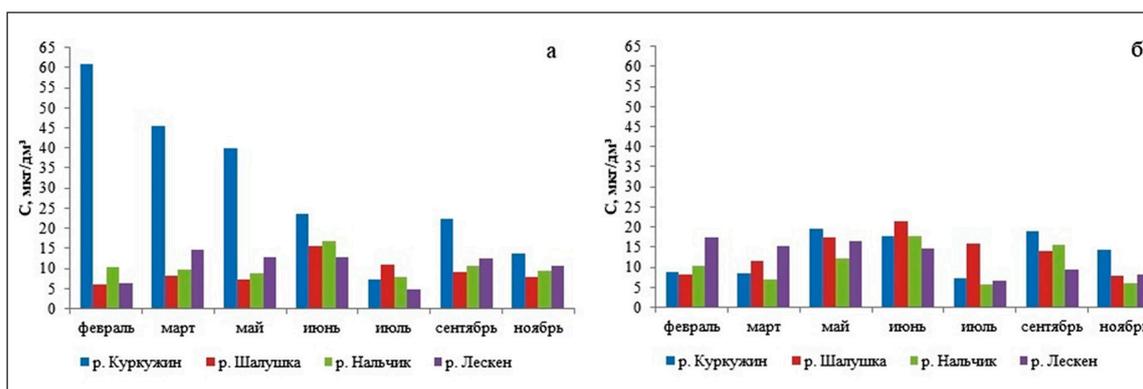


Рис. 4. Осредненное внутригодовое распределение марганца в воде р. Лескен, Куркужин, Нальчик, Шалушка в среднем (а) и нижнем течении (б) за 2021–2023 гг.

В воде р. Нальчик, Лескен, Шалушка в среднем течении (табл. 4) наблюдаются единичные случаи превышения ПДК_{рх} в различные фазы водного режима. Вниз по течению (рис. 4, б) наблюдается значительное уменьшение концентраций марганца, особенно в воде р. Куркужин, но в воде других рек (Шалушка, Лескен) концентрации незначительно увеличиваются.

Минимальные отмечены в воде р. Нальчик, в нижнем течении (табл. 5), где во все фазы водного режима значения концентрации марганца (6,57–9,87 мкг/дм³) ниже ПДК_{рх}.

Заключение

Значительная вариация концентраций марганца в исследованных реках, очевидно,

объясняется водным режимом рек и попаданием в воду рек склоновыми процессами выветриваемых горных пород, содержащих марганец. Для исследуемых рек бассейна Терек, имеющих ледниковое питание, изменчивость средних значений концентраций марганца составляет 11–21 мкг/дм³. Таким образом, средние концентрации марганца во всех реках с ледниковым питанием превышают единые общегосударственные нормативы качества воды (ПДК_{рыб}). В реках, где отсутствует ледниковое питание, средние концентрации марганца изменяются от 3,99 до 48,9 мкг/дм³.

Следует отметить, что при рассмотрении изменчивости концентраций по фазам водного режима не везде наблюдается пре-

вышение ПДК_{рыб}, например, в пик половодья. Поэтому имеет значение не только определение средних значений концентраций загрязняющих веществ, но и их внутригодовое распределение для повышения эффективности водоохранных мероприятий.

Список литературы

1. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
2. Шубин И.И., Когарко Л.Н. Геохимия и минералогия марганца нижней зоны Ловозерского редкометалльного месторождения (Кольский полуостров) // Геохимия. 2022. Т. 67, № 12. С. 1259–1270.
3. РД 52.24.467-2008 Массовая концентрация марганца в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с формальдоксимом. Ростов-на-Дону, 2008. 31 с.
4. 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.
5. Шилькрот Г.С., Кудерина Т.М., Лобковская Л.Г. Пространственная неоднородность химического состава вод горных рек Кабардино-Балкарии // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85, № 3. С. 415–421.
6. Атабиева Ф.А., Отарова А.С. Исследование уровня содержания и миграции меди в воде рек Центрального Кавказа // Успехи современного естествознания. 2023. № 9. С. 22–27. DOI: 10.17513/use.38098.
7. Атабиева Ф.А., Отарова А.С. Пространственно-временная изменчивость уровня содержания тяжелых металлов в реках Центрального Кавказа // Инновационная наука. 2023. № 10–2. С. 82–86.
8. Атабиева Ф.А., Вишневецкая Е.В. Изменчивость минерализации воды рек Центрального Кавказа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 7. С. 13–16. DOI: 10.17513/mjprfi.13406.
9. Погода круглый год в любой точке Земли. [Электронный ресурс]. <https://ru.weatherspark.com/> (дата обращения: 12.07.2024).