ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 556.114.6
DOI: 10.46698/VNC.2026.84.64.001

Оригинальная статья

Современное состояние вод р. Камбилеевки и её притоков

Н.В. Реутова, Т.В. Реутова, Ф.Р. Дреева, А.М. Хутуев

Кабардино-Балкарский научный центр РАН,
Россия, 360000, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2,
e-mail: reutova371@mail.ru

Статья поступила: 03.06.2026, доработана: 11.09.2026, принята к публикации: 16.09.2026

Резюме: Актуальность работы. Горная промышленность является самой высокоотходной отраслью. В результате деятельности комбинатов по обогащению цветных металлов накоплены миллионы тонн хвостов обогащения, которые привели к значительному загрязнению прилегающих территорий, в том числе и поверхностных вод. **Целью** данной работы является оценка современного состояния поверхностных вод бассейна р. Камбилеевки по содержанию потенциально токсичных элементов и соединений азота и фосфора. **Материалы и методы.** Был проведен сравнительный анализ уровней загрязнения поверхностных вод р. Камбилеевки (Республика Северная Осетия-Алания) и её притоков во время работы ОАО «Электроцинк» (2004–2018 гг.) и через 7 лет после его закрытия. Исследование современного состояния поверхностных вод было проведено в 2025 г. Отбор проб производили в период летнего паводка. Концентрации Al, As, Cu, Mn, Mo, Pb и Zn в растворённой форме определяли с использованием атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с электротермической атомизацией на приборе МГА-915. Концентрации нитритов, аммония и фосфатов определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-104Т». **Результаты работы**. В период работы предприятия концентрации меди, марганца, кадмия и молибдена в р. Камбилеевке в основном варьировали в пределах 3–5,5 ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения. Через 7 лет после закрытия ОАО «Электроцинк» концентрации этих металлов не превышают ПДК. Концентрации цинка остались повышенными до 6 ПДК. До закрытия завода регистрировались высокие концентрации цинка до 11–19 ПДК. В р. Собачьей балке снижение концентраций потенциально токсичных элементов проявилось в значительно большей степени. Концентрации кадмия и молибдена снизились в 5 раз, марганца и меди – в 10–12 раз. Концентрации цинка остались на прежнем уровне 6 ПДК (если не учитывать 2007 и 2013 гг.). В настоящее время повышенные концентрации цинка соответствуют уровню природного загрязнения и объясняются наличием геохимических аномалий в данном регионе, что подтверждается составом вод, не испытывающих антропогенной нагрузки. В р. Камбилеевке содержание аммония и фосфатов снизилось, а нитритов осталось высоким (8,4 ПДК). В р. Собачьей балке остался повышенный уровень загрязнения нитритами, аммонием и фосфатами. Таким образом, закрытие ОАО «Электроцинк» привело к снижению концентраций тяжелых металлов до уровня природного загрязнения. Загрязнение соединениями азота и фосфатами осталось высоким, что говорит об ином источнике их поступления.

Ключевые слова: поверхностные воды, потенциально токсичные элементы, ОАО «Электроцинк», р. Камбилеевка.

Для цитирования: Реутова Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Хутуев А.М. Современное состояние вод р. Камбилеевки и её притоков. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(3): 226–236. DOI: 10.46698/VNC.2026.84.64.001

GEOECOLOGY

DOI: 10.46698/VNC.2026.84.64.001

Original paper

The current status of the Kambileyevka River and its tributaries

N.V. Reutova, T.V. Reutova, F.R. Dreeva, A.M. Khutuev

Kabardino-Balkar Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
2 Balkarova Str., Nalchik 360000, Russian Federation,
e-mail: reutova371@mail.ru

Received: 03.06.2026, revised: 11.09.2026, accepted: 16.09.2026

Abstract: Relevance. Mining is the most waste-intensive industry. As a result of the activities of non-ferrous metal processing plants, millions of tons of wastes have accumulated, which have led to significant pollution of adjacent territories, including surface waters. **The aim** of this work is to assess the current state of the surface waters of the Kambileyevka River basin in terms of the content of potentially toxic elements and nitrogen and phosphorus compounds. **Materials and methods**. A comparative analysis of the surface waters pollution of the Kambileyevka River (Republic of North Ossetia-Alania) and its tributaries was carried out during the operation of "Electrozink" (2004–2018) and 7 years after its closure. The study of the current state of surface waters was conducted in 2025. Concentrations of Al, As, Cu, Mn, Mo, Pb, and Zn were determined using atomic absorption spectrometry (AAS). The concentrations of nitrites, ammonium, and phosphates were determined by capillary electrophoresis. **Results**. During the period of operation of the enterprise, concentrations of copper, manganese, cadmium and molybdenum in the Kambileyevka River varied within 3-5.5 MAC_{fish}. 7 years after the closure of the enterprise, the concentrations of these metals do not exceed the maximum permissible concentration. Zinc concentrations remained elevated to 6 $MAC_{fish.}$ During the operation of the plant, high concentrations of zinc were recorded up to 11–19 MAC_{fish}. In the Sobachya Balka River, a decrease in concentrations of potentially toxic elements was manifested much greater. Concentrations of cadmium and molybdenum decreased by 5 times, manganese and copper by 10-12 times. Zinc concentrations remained the same 6 MAC_{fish}. (excluding 2007 and 2013). Currently, the increased zinc concentrations correspond to the level of natural pollution and are explained by the presence of geochemical anomalies in the region. In the Kambileyevka River, the content of ammonium and phosphates decreased, while nitrites remained high (8.4 $MAC_{fish.}$). There is an increased level of pollution with nitrites, ammonium and phosphates in the Sobachya Balka River. Thus, the closure of "Electrozink" led to a decrease in heavy metal concentrations to the level of natural pollution. Ion pollution remained high, which indicates another source of their intake.

Keywords: surface waters, potentially toxic elements, Electrozink, Kambileyevka River.

For citation: Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M. The current status of the Kambileyevka River and its tributaries. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2026. 16(3): 226–236. DOI: 10.46698/VNC.2026.84.64.001

Введение

Горная промышленность является самой высокоотходной отраслью. В результате деятельности комбинатов по обогащению цветных металлов накоплены миллионы тонн хвостов обогащения, которые привели к значительному загрязнению прилегающих территорий, в том числе и поверхностных вод [Simion et al., 2019]. Вопросы устойчивого восстановления этих территорий привлекают пристальное внимание во всем мире [Braun et al., 2021; Hellweg et al., 2023; Yuanyuan et al., 2026].

Центральный Кавказ не является исключением. В верховьях бассейна р. Терек в г. Владикавказе расположены предприятия по переработке сырья цветных металлов.

В результате их деятельности р. Камбилеевка оказалась наиболее загрязненной рекой в бассейне Терека. Основным загрязнителем реки является приток Собачья балка, в который попадают стоки предприятий г. Владикавказа, расположенных в северо-восточной части города. Основными источниками загрязнения вод являлись: ОАО «Электроцинк», осуществлявший переработку цинкового и свинцового сырья с производством товарного свинца, кадмия, цинка и серной кислоты; ОАО «Победит», который производит продукцию из вольфрама и молибдена [Гаджиев и др., 2015]. «Электроцинк» начал свою работу в 1902 году. По данным В. Х. Дзапарова (2009), в результате деятельности этих предприятий в черте города скопилось более 3 млн т отходов, в составе которых содержится более 300 т ртути, 8 тыс. т мышьяка, по 25 тыс. т меди и свинца и 50 тыс. т цинка. Годовой объём сточных вод составлял 10000 тыс. м^3, из которых проходили очистку только 1500 тыс. т. Очистка производилась известковым молоком в отстойниках.

В «Государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году» [Государственный доклад…, 2009] отмечалось, что реки Камбилеевка и Собачья балка наряду с реками Баксан и Малка являются основными загрязнителями р. Терек.

ОАО «Электроцинк», который являлся основным источником поступления в реку Собачью балку тяжелых металлов, прекратил свою деятельность в 2018 году. Целью данной работы является оценка современного состояния поверхностных вод бассейна р. Камбилеевки по содержанию потенциально токсичных элементов (ПТЭ) и соединений азота и фосфора.

Материалы и методы

Описание места исследования

Река Камбилеевка является правым притоком р. Терек и впадает в него на 428-м км от устья в районе с. Карджин. Длина реки 103 км. Она берет свое начало на северном склоне Скалистого хребта на высоте 1850 м. Питание реки в основном формируется за счет подземных вод и дополняется атмосферными осадками. Площадь водосбора составляет 954 км^2, средняя высота водосбора – 990 м. Бассейн реки расположен на северном склоне Скалистого и передовых хребтов, Северо-Осетинской равнине и южном склоне Сунженского хребта [Панов и др., 2015].

В бассейне р. Камбилеевки расположен целый ряд промышленных предприятий: предприятия цветной металлургии, металлообработки, строительно-технологические, приборостроения, электронной промышленности и транспорта [Цгоев, Амбалов, 2020].

Методика исследования

Отбор проб производили в период летнего паводка в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 в 2025 г. Поскольку определяли только растворенную форму ПТЭ, все пробы фильтровали через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Консервацию проб для определения Al, As, Cu, Mn, Mo, Pb и Zn осуществляли азотной кислотой (ОСЧ) из расчета 0,5% в соответствии с ГОСТ Р 57162-2016. Транспортировку и хранение проб осуществляли при температуре 2–5 °С.

Концентрации ионов определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-104Т». Содержание остальных элементов определяли с использованием атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) на приборе МГА-915.

На рисунке 1 приведена карта-схема расположения пунктов отбора проб. Для сравнения приведены данные по составу поверхностных вод р. Терек на территории г. Владикавказа (№ 1). № 2 – верховья р. Камбилеевки до г. Владикавказа; № 3 – р. Камбилеевка до впадения р. Собачьей балки; № 4 – р. Камбилеевка в районе устья; №№ 5 и 6 – р. Собачья балка на территории г. Владикавказа и устье соответственно; № 7 – р. Жеко. Номера проб на рисунке 1 и в таблицах совпадают.

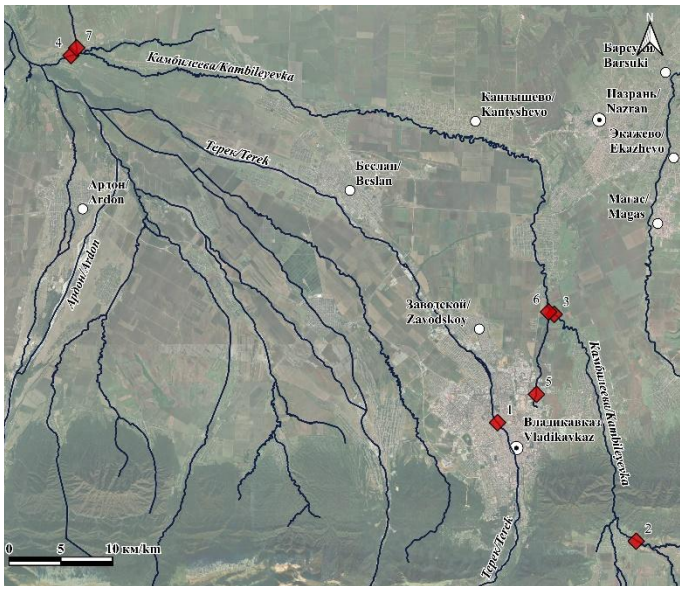

Рис. 1. Расположение пунктов отбора проб / Fig. 1. Location of sampling points

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены данные 2025 года по содержанию потенциально токсичных элементов в поверхностных водах р. Камбилеевки и её притока Собачьей балки, а также концентрации этих элементов в р. Терек на территории г. Владикавказа. Непосредственно по северо-восточной части города, где расположены промышленные предприятия, протекает р. Собачья балка, которая считается основной причиной загрязнения р. Камбилеевки. Небольшая р. Жеко, являющаяся правым притоком р. Камбилеевки, берет своё начало на южном склоне Сунженского хребта из родников. Она не подвергается антропогенному воздействию, поэтому состав ее воды отражает особенности природного загрязнения данного района. Также в таблице 1 приведены данные И.Д. Алборова и соавторов (2023) по реке Собачья балка. ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения приведены в соответствии с Приказом Росрыболовства от 26.05.2025 № 296.

Таблица 1 / Table 1

Содержание потенциально токсичных элементов в мкг/дм^3 в поверхностных водах / The content of potentially toxic elements μg/dm^3 in surface waters

№	Река (расстояние от истока, км) / River (distance from source, km)	Al	As	Cu	Mn	Mo	Pb	Zn
1	Терек (99,1) / Terek	55,87	1,64	1,73	5,79	0,49	0,84	53,29
2	Камбилеевка (14,8) / Kambileyevka	68,64	0,35	1,44	2,64	0,70	0,95	91,41
3	Камбилеевка (34,9) / Kambileyevka	40,61	0,62	1,37	1,52	0,32	0,23	69,49
4	Камбилеевка (96,8) / Kambileyevka	-	2,98	2,23	7,89	1,14	1,27	<ПО
5	Собачья балка (1,2) / Sobachya Balka	59,63	4,74	1,00	20,47	0,78	0,88	60,85
6	Собачья балка (7,4) / Sobachya Balka	40,84	2,93	1,12	5,38	0,76	0,01	63,50
7	Жеко (4,7) / Zheko	–	6,36	0,96	1,88	1,28	1,03	<ПО
Данные И.Д. Алборова с соавторами (2023) / Data by I.D. Alborov and co-authors (2023)								

	Собачья балка Sobachya Balka	425	4	2,6	68	2,3	9,4	160
	$ПДК_{рыбхоз}$ / MAC_{fish}.	40	50	1	10	1	6	10
	$ПДК_{питьев.}$ / MAC_{drink}	500	10	1000	100	250	30	50

<ПО – ниже предела определения / – below the definition limit
«–» – данные отсутствуют / no data available

Алюминий – самый распространенный металл в земной коре. Он является необходимым элементом для всех живых организмов. Но в то же время это один из токсичных элементов, вызывающих целый ряд заболеваний человека [Шугалей и др., 2012; Rondeau et al., 2009]. Концентрации алюминия во всех обследуемых водотоках невысокие и в основном не превышают ПДК. Они уменьшаются вниз по течению рек Камбилеевки и Собачьей балки.

Мышьяк считается одним из наиболее токсичных элементов для человека и может вызывать как канцерогенные, так и неканцерогенные заболевания. Высокие концентрации мышьяка в питьевой воде (≥50 мкг/л) являются причиной возникновения рака легких, печени, почек, мочевого пузыря и кожи [Saint-Jacques et al., 2014; Goswami et al., 2020; Middleton et al., 2020]. Повышенными концентрациями мышьяка отличается р. Собачья балка, а также р. Камбилеевка после впадения в нее р. Жеко. Самая высокая концентрация мышьяка отмечена в этой реке и, по-видимому, имеет природное происхождение [Reutova et al., 2023].

В настоящее время во всех изученных водотоках содержание меди находится в пределах $ПДК_{рыбхоз}$. Только в р. Собачьей балке на территории города концентрация марганца составила 2 $ПДК_{рыбхоз}$. В остальных изученных реках она не превышает ПДК. Концентрации молибдена и свинца не превышают допустимых значений. Только концентрации цинка составляют 6–9 $ПДК_{рыбхоз}$, но это характерно для региона верховий р. Терек, где расположено большое количество свинцово-цинковых месторождений [Письменный, 2021]. Это обусловливает наличие геохимических аномалий, что отражается на составе поверхностных вод. Таким образом, в настоящее время концентрации ПТЭ в реках Камбилеевке, Собачьей балке и Тереке на территории города в основном не превышают ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения. Исключение составляют только концентрации цинка во всех изученных реках и концентрация марганца в р. Собачьей балке на территории г. Владикавказа.

Данные, приведённые в работе И.Д. Алборова и соавторов (2023), значительно выше наших результатов, полученных в 2025 году.

Авторы провели сравнительный анализ состояния вод рек Камбилеевки и Собачьей балки в период с 2004 по 2024 годы с использованием доступных данных Министерства природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия-Алания. В основном имеющиеся данные относятся ко времени работы ОАО «Электроцинк» (2004–2018 гг.). В Государственных докладах «О состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия – Алания» за 2004–2024 годы приведены данные по кадмию, меди, марганцу, молибдену и цинку, а также разрозненные данные по нитритному азоту, аммонию и фосфатам.

На рисунке 2 приведены диаграммы по содержанию металлов в р. Камбилеевке после впадения р. Собачьей балки и в р. Собачьей балке. Поскольку в «Государственных докладах Министерства природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия-Алания» данные приведены в виде кратности превышения предельно допустимых концентраций, на рисунке 2 по оси ординат приведена кратность превышения $ПДК_{рыбхоз}$. За 2023 год приведены данные из работы И.Д. Алборова и соавторов (2023), за 2025 год – собственные данные.

Как видно из рисунка 2, за изучаемый период концентрации меди в р. Камбилеевке практически не изменялись. В основном они варьировали в пределах 3,5–5 ПДК, что соответствует 3,5–5 мкг/дм^3. В 2025 году содержание меди в воде р. Камбилеевки после впадения р. Собачьей балки составило 2,2 ПДК (табл. 1).

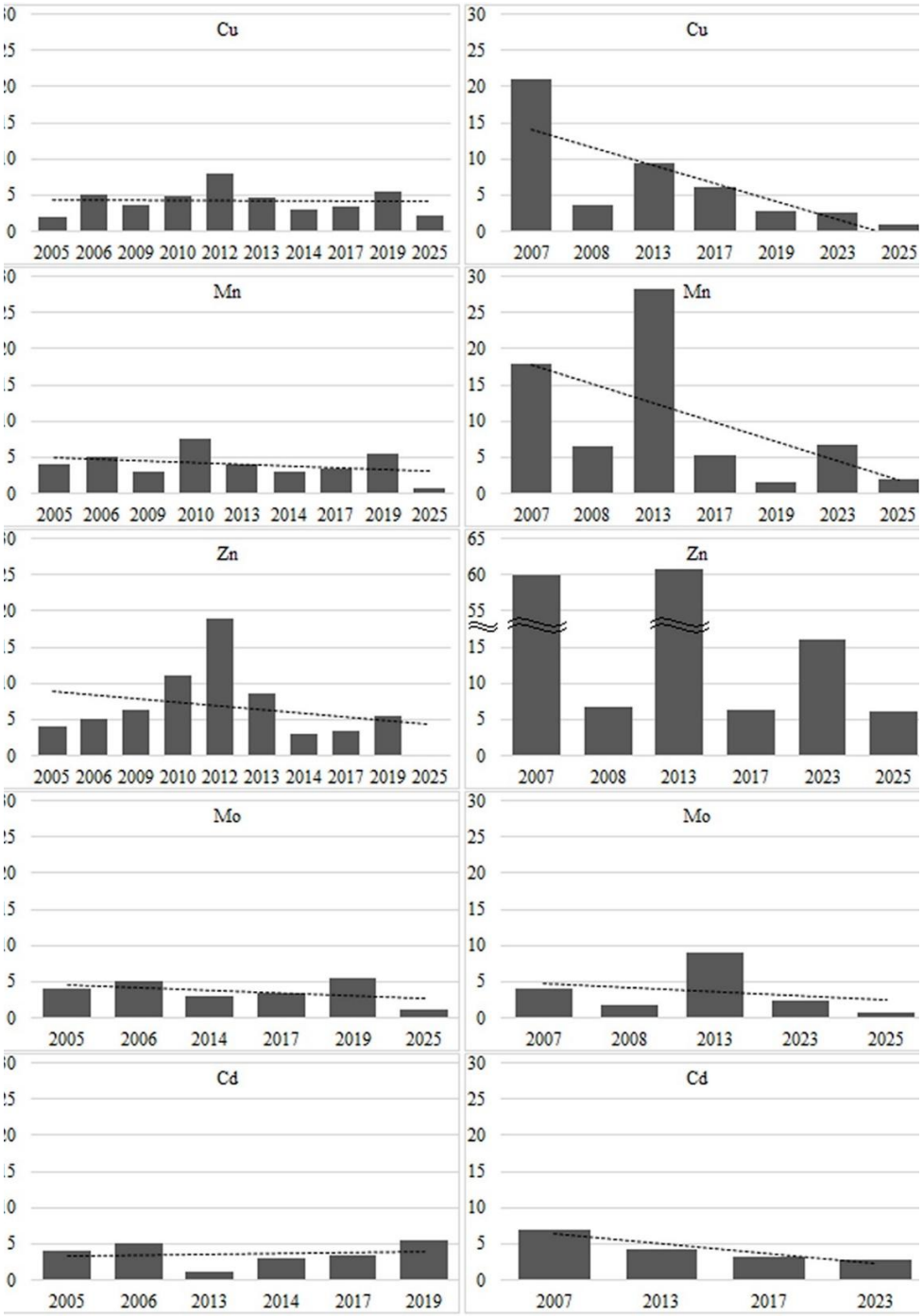

Рис. 2. Концентрации тяжелых металлов в р. Камбилеевке после впадения р. Собачьей балки (слева) и р. Собачья балка на территории г. Владикавказа (справа) /

Fig. 2. Heavy metals concentrations in the Kambileyevka river after the confluence of the Sobagya Balka River (left) and the Sobachya Balka River on the territory of Vladikavkaz (right)

Концентрации марганца в этом створе в среднем также составляли 3–5 ПДК, что соответствует 30–50 мкг/дм^3. В отдельные годы отмечались высокие концентрации. Так, в 2010 году концентрация марганца составляла 76 мкг/дм^3, а в 2019 году (после прекращения работы «Электроцинка») – 54 мкг/дм^3. В 2025 году марганца было только 7,8 мкг/дм^3. Концентрации цинка в основном изменялись от 50 до 80 мкг/дм^3 с очень высокими значениями 190 мкг/дм^3 в 2012 году и 110 мкг/дм^3 в 2010 году. В 2025 г. содержание цинка было ниже предела определения. Концентрации молибдена составляли 3–5 мкг/дм^3, а в 2025 году снизились до 1,1 мкг/дм^3. Содержание кадмия было высоким и колебалось от 3 до 5,4 ПДК, что соответствует 15–25 мкг/дм^3.

Особенно высокие концентрации отмечены в 2019 году (27 мкг/дм^3), уже после закрытия «Электроцинка». В настоящее время имеющиеся концентрации кадмия значительно ниже ПДК$_{рыбхоз.}$ (5 мкг/дм^3). Таким образом, в р. Камбилеевке до 2018 года концентрации Cd, Cu, Mn, Mo и Zn в основном оставались неизменными и колебались в пределах 3–5 ПДК. В 2025 году все они не превышали ПДК и соответствовали уровню природного загрязнения (р. Жеко). Только по меди и цинку составили 2,2 ПДК и 6 ПДК соответственно.

В р. Собачьей балке снижение концентраций потенциально токсичных элементов проявилось в значительно большей степени. Концентрации меди были сравнимы с её содержанием в р. Камбилеевке. Только в 2007 году зафиксирована очень высокая концентрация 21 мкг/дм^3. В настоящее время и в черте города, и в устье концентрации этого элемента соответствуют ПДК (табл. 1). Содержание марганца было очень вариабельным. В 2007 г. концентрации достигали 180 мкг/дм^3, а в 2013 г. – 283 мкг/дм^3. В настоящее время в черте города концентрация марганца остается повышенной (20,5 мкг/дм^3), а в устье снизилась до 5,5 мкг/дм^3. Концентрации цинка в 2007 и 2013 годах были очень высокими и достигали 600 мкг/дм^3. В остальные годы были на том же уровне, что и сейчас – 6 ПДК, что соответствует 60 мкг/дм^3. По данным Д.И. Алборова и соавторов (2023), содержание цинка в р. Собачьей балке было 160 мкг/дм^3. Концентрация молибдена в 2013 году достигала 9 мкг/дм^3. В остальные годы концентрация варьировала в пределах 2 мкг/дм^3, сейчас она ниже ПДК. Концентрации кадмия в 2007 г. составили 35 мкг/дм^3, в 2013 и 2017 гг. – 21 и 16 мкг/дм^3 соответственно. По данным [Алборов и др., 2023] в 2023 г. содержание кадмия составило 14 мкг/дм^3. Следовательно, состояние р. Собачьей балки значительно улучшилось после закрытия ОАО «Электроцинк».

Таким образом, в период работы предприятия концентрации меди, марганца, кадмия и молибдена в р. Камбилеевке в основном варьировали в пределах 3–5,5 ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения. Через 7 лет после закрытия ОАО «Электроцинк» концентрации этих металлов не превышают ПДК. Концентрации цинка остались повышенными до 6 ПДК, что объясняется наличием природных аномалий в данном районе [Письменный и др., 2021]. Это соответствует природному уровню загрязнения ряда рек РСО-Алания [Реутова и др., 2025]. В период работы комбината регистрировались высокие концентрации цинка до 11–19 ПДК. В р. Собачьей балке снижение концентраций потенциально токсичных элементов проявилось в значительно большей степени. Концентрации кадмия и молибдена снизились в 5 раз, марганца и меди – в 10–12 раз. Концентрации цинка остались на прежнем уровне 6 ПДК (если не учитывать 2007 и 2013 гг.).

Литературные данные по содержанию соединений азота и фосфора в водах рр. Камбилеевки и Собачьей балки очень разрозненны. В таблице 2 приведены имеющиеся данные за период работы «Электроцинка» и наши данные за 2025 г.

Таблица 2 / Table 2

Содержание соединений азота и фосфора в мг/дм^3 в поверхностных водах (превышение ПДК) / Nitrogen and phosphorus compounds mg/dm^3 in surface waters (exceeding MAC_{fish})

№	Река (расстояние от истока, км) / River (distance from source, km)	Год / Year	Азот нитритный / Nitrite nitrogen	Аммоний солевой / Ammonium salt	Фосфаты / Phosphates
1	Камбилеевка после впадения р. Собачьей балки/ Kambileyevka after the confluence of the Sobachya Balka River	2004	0,06 (3)	-	-
2		2009	–	1,4 (2,8)	–
3		2010	0,034 (1,7)	–	0,345 (2,3)
4		2012	0,266мг/л (13,3)	–	
5		2013	–	0,8 (1,6)	0,42 (2,8)
6		2017	–	1,7 (3,4)	–
7	Собачья балка / Sobachya Balka	2013	–	1,85 (3,9)	0,81 (5,4)
№	**Река (расстояние от истока, км) / River (distance from source, km)**	**Год / Year**	**Нитриты / Nitrite**	**Аммоний солевой / Ammonium salt**	**Фосфаты / Phosphates**
1	Терек (99.1) / Terek	2025	<ПО	0,10	<ПО
2	Камбилеевка (14.8) / Kambileyevka	2025	0,05	0,51	<ПО
3	Камбилеевка (34,9) / Kambileyevka	2025	0,08	0,08	0,02
4	Камбилеевка (96,8) / Kambileyevka	2025	0,67 (8,4)	0,40	Следы
5	Собачья балка (1,2) / Sobachya Balka	2025	0,34 (4,25)	2,0 (4,0)	0,10
6	Собачья балка (7,4) / Sobachya Balka	2025	<ПО	0,23	0,08
7	Жеко (4,7) / Zheko	2025	<ПО	0,03	<ПО
	$ПДК_{рыбхоз.}$ / MAC_{fish}.		0,08(0,02 азот / nitrogen)	0,5(0,4 азот/ nitrogen)	0,15(0,05 фосфор / phosphorus)

<ПО – ниже предела определения / < – below the definition limit

«–» – данные отсутствуют / no data available

В настоящее время реки Камбилеевка и Собачья балка остаются значительно загрязненными нитритами и аммонием. Наблюдается и наличие фосфатов, хотя и ниже ПДК. Если сравнивать современные данные с уровнем загрязнения поверхностных вод до закрытия предприятия «Электроцинк», то следует отметить, что в р. Камбилеевке ниже впадения р. Собачьей балки содержание нитритов повысилось до уровня более 8 ПДК. По данным Госдоклада Министерства природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия-Алания за 2012 год, такая высокая концентрация была зафиксирована однократно в 2012 году. Концентрации аммония снизились. До 2018 года они составляли примерно 2 ПДК, в 2025 году во всех створах р. Камбилеевки были ниже ПДК. Концентрации фосфатов также снизились. Если до 2018 года они колебались в пределах 2,3–5,4 ПДК, то в настоящее время не превышают ПДК. В р. Собачьей балке концентрации нитритов и аммония остались на прежнем уровне. Таким образом, уровень загрязнения рек Камбилеевки и Собачьей балки ионами не изменился, а по содержанию нитритов даже ухудшился после закрытия ОАО «Электроцинк». Следовательно, загрязнение поверхностных вод соединениями азота и фосфора не было связано с деятельностью этого предприятия.

Заключение

При проведении сравнительного анализа было выявлено, что в р. Камбилеевке концентрации меди, марганца и молибдена снизились в 2, 4–7 и 3–5 раз соответственно. В настоящее время они не превышают ПДК. Концентрации цинка остались на прежнем уровне (6 ПДК), что соответствует уровню природного загрязнения в данном регионе. В р. Собачьей балке снижение концентраций потенциально токсичных элементов проявилось в значительно большей степени. Концентрации кадмия и молибдена снизились в 5 раз, марганца и меди – в 10–12 раз. Концентрации цинка остались на прежнем уровне 6 ПДК (если не учитывать 2007 и 2013 гг.). В р. Камбилеевке содержание аммония и фосфатов снизилось, а нитритов осталось высоким (8,4 ПДК). В р. Собачьей балке остался повышенный уровень загрязнения нитритами, аммонием и фосфатами. Таким образом, закрытие ОАО «Электроцинк» привело к снижению концентраций тяжелых металлов в исследуемых водах до уровня природного загрязнения. Загрязнение соединениями азота и фосфора осталось высоким, что говорит об ином источнике их поступления. Данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Литература

1. Алборов И.Д., Тедеева Ф.Г., Вернигор В.В. Экологическое оздоровление бассейна реки Терек – основа рекреационной привлекательности и роста благосостояния населения // Вестник МАНЭБ. – 2023. – Т. 28. № 4. – С. 64–71.

2. Гаджиев, М.К., Зербалиев А.М., Омаргаджиева З.М. Экологическое состояние водных объектов Бассейна реки Терек // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Бассейн реки Терек: проблемы регулирования, восстановления и реабилитации водных объектов» / отв. ред. Э.В. Запорожченко. – Махачкала, Нальчик, Пятигорск: Севкавгипроводхоз, 2015. – С. 41–49.

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году» // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2011. – № 3(39). – С. 14–19.

4. Дзапаров, В. Х. Угроза безопасности жизнедеятельности региона РСО–Алания // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3(27). – С. 75–76.

5. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Река Терек. Гидрография и режим стока. – Ростов н/Д: Донской издательский дом, 2015. – 606 с.

6. Письменный А.Н. Горбачев С.А. Вертий С.Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000 Издание второе. Серия Кавказская. Лист K-38-IX,XV (Владикавказ) Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, – 2021. 224 с.

7. Реутова, Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р. Природное и антропогенное загрязнение микроэлементами верховий бассейна р. Ардон // Геология и геофизика Юга России. – 2025. – Т. 15. № 2. – С. 219–230. DOI 10.46698/VNC.2025.46.62.001.

8. Цгоев Т.Ф., Амбалов В.Б. Экологическое состояние малых рек на примере РСО-Алания // Национальная Ассоциация Ученых. – 2020. – Т. 58. № 3(58). – С. 24–27. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.3.58.284.

9. Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21. № 3. – С. 172–186.

10. Braun A.B., Visentin C., William Da Silva Trentin A., Thome A. List of relevant sustainability indicators in remediation processes and their validation by stakeholders // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 317. – Art. No. 128440. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128440.

11. Goswami R., Kumar M., Biyani N., Shea P.J. Arsenic exposure and perception of health risk due to groundwater contamination in Majuli (river island), Assam, India // Environmental Geochemistry and Health. – 2020. – Vol. 42. – pp. 443–460. DOI: 10.1007/s10653-019-00373-9.

12. Hellweg S., Benetto E., Huijbregts M.A.J., Verones F., Wood R. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2023. – Vol. 4. – pp. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.

13. Middleton D.R.S., McCormack V.A., Watts M.J., Schuz J. Environmental geochemistry and cancer: a pertinent global health problem requiring interdisciplinary collaboration // Environmental Geochemistry and Health. – 2020. – Vol. 42. – pp. 1047–1056. DOI: 10.1007/s10653-019-00303-9(0123.

14. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M. Arsenic in surface waters in the Central Part of The North Caucasus and correspondent health risk assessment // Geography, Environment, Sustainability. – 2023 – Vol. 4. No. 16. – pp. 52–62. DOI: 10.24057/2071-9388-2023-2748.

15. Rondeau V., Jacqmin-Gadda H., Commenges D., Helmer C., Dartigues J.-F. Aluminum and Silica in drinking water and the risk of alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID Cohort // American Journal of Epidemiology. – 2009. – Vol. 169. No. 4. – pp. 489–496. DOI: 10.1093/aje/kwn348.

16. Saint-Jacques N., Parker L., Brown P., Dummer T.JB. Arsenic in drinking water and urinary tract cancers: a systematic review of 30 years of epidemiological evidence // Environmental Health. – 2014. – Vol. 13. No. 44. DOI: 10.1186/1476-069X-13-44.

17. Simion A.F., Drebenstedt C., Lazar M. The Influence of tailings storage facilities in the eastern part of Jiu valley on the water quality // Mining Science and Technology (Russia). – 2019. – Vol. 4. No. 4. – pp. 292–301. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-4-292-301.

18. Yuanyuan L., Haihui F., Zhuo Z., Fang X., Shunyang W., Guanlin G., Kening W. Quantitative sustainability assessment and application of remediation technologies for heavy metal-contaminated sites based on multi-criteria decision-making method // Environmental Technology and Innovation. – 2026. – Vol. 42. – Art. No. 104860. DOI: 10.1016/j.eti.2026.104860.

References

1. Alborov I.D., Tedeeva F.G., Vernigor V.V. Ecological improvement of the Terek River basin is the basis for recreational attractiveness and population well-being growth. MANEB Bulletin. 2023. Vol. 28. No. 4. pp. 64–71. (In Russ.)

2. Gadzhiev, M.K., Zerbaliev A.M., Omargadzhieva Z.M. Ecological status of water bodies in the Terek River Basin. In: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Terek River basin: problems of regulation, restoration and rehabilitation of water bodies". Ed. E.V. Zaporozhchenko. Makhachkala, Nalchik, Pyatigorsk. Sevkavgiprovodkhoz. 2015. pp. 41–49. (In Russ.)

3. The State Report "On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2009". Water treatment. Water treatment. Water supply. 2011. No. 3(39). pp. 14–19. (In Russ.)

4. Dzaparov, V.H. The threat to the safety of life in the region of North Ossetia-Alania. Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. 2009. No. 3(27). pp. 75–76. (In Russ.)

5. Panov V.D., Bazelyuk A.A., Lurye P.M. The Terek River. Hydrography and flow regime. Rostov-on-Don. Donskoy Publishing House. 2015. 606 p. (In Russ.)

6. Pys'menny A.N., Gorbachev S.A. Verty S.N. et al. State Geological Map of the Russian Federation scale 1 : 200 000. Second edition. Series Caucasian. Sheet K-38-IX,XV (Vladikavkaz). Explanatory note. Moscow. VSEGEI. 2021. 224 p. (In Russ.)

7. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R. Natural and anthropogenic microelement pollution of the upper reaches of the Ardon River basin. Geology and Geophysics of Russian South. 2025. Vol. 15. No. 2. pp. 219–230. DOI: 10.46698/VNC.2025.46.62.001. (In Russ.)

8. Tsgoev T. F., Ambalov V.B. The ecological state of small rivers on the example of North Ossetia-Alania. National Association of Scientists. 2020. No. 58-3(58). pp. 24-27. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.3.58.284. (In Russ.)

9. Shugalei I.V., Garabadzhiu A.V., Ilyushin M.A., Sudarikov A.M. Some aspects of effect of aluminium and its compounds on living organisms. Environmental Chemistry. 2012. No. 21(3). pp. 172–186. (In Russ.)

10. Braun A.B., Visentin C., William Da Silva Trentin A., Thome A. List of relevant sustainability indicators in remediation processes and their validation by stakeholders. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 317. Art. No. 128440. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128440.

11. Goswami R., Kumar M., Biyani N., Shea P.J. Arsenic exposure and perception of health risk due to groundwater contamination in Majuli (river island), Assam, India. Environmental Geochemistry and Health. 2020. Vol. 42. pp. 443–460. DOI: 10.1007/s10653-019-00373-9.

12. Hellweg S., Benetto E., Huijbregts M.A.J., Verones F., Wood R. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2023. Vol. 4. pp. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.

13. Middleton D.R.S., McCormack V.A., Watts M.J., Schuz J. Environmental geochemistry and cancer: a pertinent global health problem requiring interdisciplinary collaboration. Environmental Geochemistry and Health. 2020. Vol. 42. pp. 1047–1056. DOI: 10.1007/s10653-019-00303-9(0123.

14. Reutova N.V., Reutova T.V., Dreeva F.R., Khutuev A.M. Arsenic in surface waters in the Central Part of The North Caucasus and correspondent health risk assessment. Geography, Environment, Sustainability. 2023 Vol. 4. No. 16. pp. 52–62. DOI: 10.24057/2071-9388-2023-2748.

15. Rondeau V., Jacqmin-Gadda H., Commenges D., Helmer C., Dartigues J.-F. Aluminum and Silica in drinking water and the risk of alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID Cohort. American Journal of Epidemiology. 2009. Vol. 169. No. 4. pp. 489–496. DOI: 10.1093/aje/kwn348.

16. Saint-Jacques N., Parker L., Brown P., Dummer T.JB. Arsenic in drinking water and urinary tract cancers: a systematic review of 30 years of epidemiological evidence. Environmental Health. 2014. Vol. 13. No. 44. DOI: 10.1186/1476-069X-13-44.

17. Simion A.F., Drebenstedt C., Lazar M. The Influence of tailings storage facilities in the eastern part of Jiu valley on the water quality. Mining Science and Technology (Russia). 2019. Vol. 4. No. 4. pp. 292–301. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-4-292-301.

18. Yuanyuan L., Haihui F., Zhuo Z., Fang X., Shunyang W., Guanlin G., Kening W. Quantitative sustainability assessment and application of remediation technologies for heavy metal-contaminated sites based on multi-criteria decision-making method. Environmental Technology and Innovation. 2026. Vol. 42. Art. No. 104860. DOI: 10.1016/j.eti.2026.104860.