

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.82>

## КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ CD, CR, NI И PB В ВОДАХ ЛЕДНИКОВЫХ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Научная статья

Жинжакова Л.З.<sup>1,\*</sup>, Чередник Е.А.<sup>2</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2226-1001;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0432-0653;<sup>1,2</sup>Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (zhinzhakova[at]mail.ru)

### Аннотация

Приведены результаты исследования содержания токсичных растворенных металлов Ni, Cr, Cd, Pb в водах истоков ледниковых рек Чегемского и Черекского ущелий Кабардино-Балкарской Республики, протекающих по территории высокогорной зоны. Пробы воды отбирали в августе в период интенсивного таяния ледников. Определение содержания тяжелых металлов проводилось с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии. Представлены пространственное распределение концентраций микроэлементов в верхнем течении рек и в устьевых зонах и результаты исследования содержания экологически токсичных микроэлементов в воде горных рек Центрального Кавказа ледникового происхождения, формирующих истоки бассейнов рек Чегем и Черек. Выявлены концентрации токсичных микроэлементов в воде рек и их притоках. Показаны особенности уровня концентраций загрязняющих элементов высокого класса опасности в воде верхнего течения.

**Ключевые слова:** ледниковые реки, токсичные микроэлементы (Ni, Cr, Cd, Pb), загрязнение, концентрация.

## TOXIC METAL CONCENTRATIONS OF CD, CR, NI AND PB IN THE WATERS OF THE GLACIAL RIVERS OF THE CENTRAL CAUCASUS

Research article

Zhinzhakova L.Z.<sup>1,\*</sup>, Cherednik E.A.<sup>2</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2226-1001;<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0432-0653;<sup>1,2</sup>High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

\* Corresponding author (zhinzhakova[at]mail.ru)

### Abstract

The results of a study of the content of toxic dissolved metals Ni, Cr, Cd, Pb in the waters of the outlet of the glacial rivers of the Chegem and Cherek gorges of the Kabardino-Balkarian Republic flowing in the high mountain zone are presented. Water samples were taken in August during the period of intensive glacier melting. The content of heavy metals was determined using atomic absorption spectroscopy. The spatial distribution of concentrations of trace elements in the upstream of the rivers and in the estuaries and the results of a study of the content of ecologically toxic trace elements in the water of mountain rivers of the Central Caucasus of glacial origin, which form the sources of the Chegem and Cherek river basins, are presented. Concentrations of toxic microelements in water of the rivers and their inflows are defined. The specifics of the level of concentrations of polluting elements of high hazard class in the water of the upper reaches are demonstrated.

**Keywords:** glacial rivers, toxic trace elements (Ni, Cr, Cd, Pb), pollution, concentration.

### Введение

Оценивая качество речных вод высокогорной зоны, необходимо уделять большое внимание токсичным тяжелым металлам (Ni, Cr, Cd, Pb). Их соединения в природных водах обладают опасной токсичностью. Кларки перечисленных элементов в земной коре залегают по-разному и варьируют: Ni в пределах 58-180 мг/кг, Cr – 83-330 мг/кг, Cd – 0,013-5 мг/кг, а для Pb – до 16 мкг/кг. Известно, что средние концентрации микроэлементов в речных водах составляют 2,5 мкг/дм<sup>3</sup> по Ni, а для Cr и Pb – по 1 мкг/дм<sup>3</sup> [1], [2]. Предельно допустимые концентрации металлов в поверхностных водах составляют для Ni и Cr 10 и 20 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно, для Cd всего 1 мкг/дм<sup>3</sup>, а Pb – 6 мкг/дм<sup>3</sup> [3]. Повышенное содержание солей тяжелых металлов в водных экосистемах может быть обусловлено как загрязнением среды, так и геохимическими особенностями региона. На основе аналитических данных о содержании того или иного токсичного элемента в воде можно судить об опасности для живых организмов.

Цель работы – выявление уровня концентраций токсичных микроэлементов Ni, Cr, Cd, Pb в водах верхнего течения высокогорных рек Череха и Чегема с ледниковым питанием. Данные по содержанию токсичных металлов в водах представленных рек в литературных источниках очень малы или отсутствуют вовсе.

### Методы и принципы исследования

Химический состав речных вод бассейнов Череха и Чегема в верхнем течении формируется в результате природных факторов. В ранее опубликованных работах выявлено, что природно-климатические условия, характер водовмещающих пород и почв благоприятствуют формированию состава речных вод [4].

Объектом нашего исследования являлись реки ледникового происхождения, протекающие по территории высокогорной зоны. Наблюдения проводили от истоков до устья (равнинная зона). Отбор проб проводился по рекомендации [5] с 15 по 17 августа 2020 года в период интенсивного таяния ледников и сезонного снега – в одну из основных фаз водного режима. В этот период происходит значительное изменение химического состава вод за счет притока большого количества талых вод в русло рек и их разбавления.

Анализ содержания растворенных форм токсичных металлов Ni, Cr, Cd, Pb проводили в аккредитованном испытательном лабораторном центре ВГИ методом атомной абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией МГА-915 [6].

### Основные результаты

Река Черек является наиболее значительным притоком р. Баксан. Длина реки – 115 км, площадь водосбора – 3070 км<sup>2</sup>. Бассейн реки охватывает северный склон Главного хребта, Боковой и Скалистый хребты. В верховьях он разделен отрогами Бокового и Скалистого хребта на две части. Западную часть занимает Черек Безенгийский. Истоками реки Черек Безенгийский являются р. Безенги, берущая начало с самого большого долинного ледника Кавказа – Безенги, и р. Мижирги, берущая начало с одноименного ледника. Сток р. Чегем образуется от слияния ледниковых речек Башиль-Аузусу (13 км) и Гара-Аузусу (15 км) [4]. По р. Черек Безенгийский начальный пункт отбора располагался у подножия ледника Уллу-Чиран, конечная точка отбора проб воды – на 115 км от истока, а для р. Чегем – от двух истоков вниз по течению реки до 74 км (см. рис. 1).

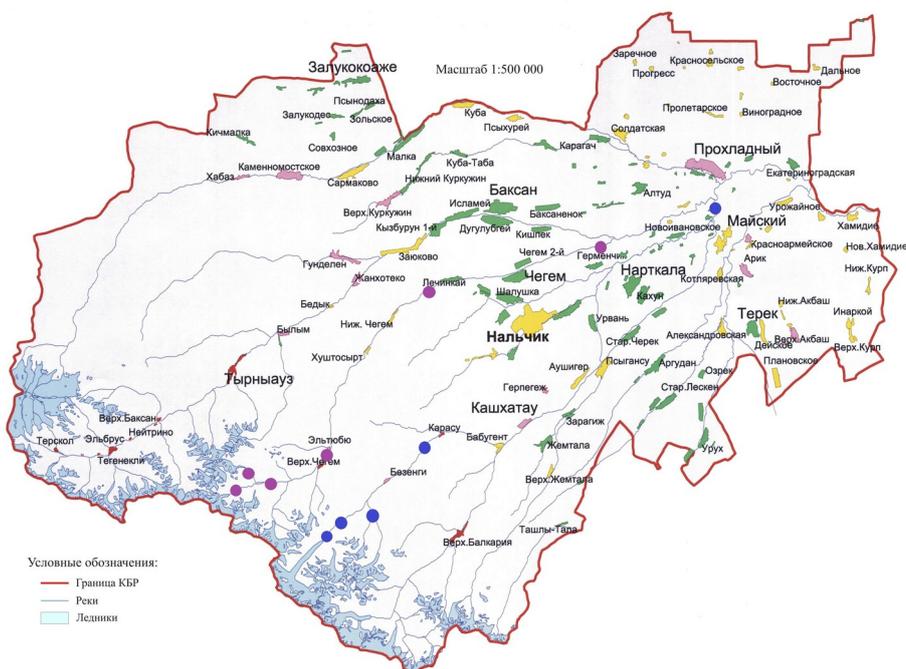


Рисунок 1 - Карта-схема расположения пунктов отбора проб воды  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.82.1>

По данным Ю.В. Ефремова [7], преобладающим источником питания рек Черек и Чегем с притоками является подземное питание (37,0–41,4%). На долю ледникового и снегового питания приходится до 25,6% и 22–30% соответственно. Дождевое питание характерно для обеих рек и составляет небольшой процент, особенно у рек с ледниковым питанием.

В бассейне представленных рек расположены альплагеря, поселения местного населения. Промышленных предприятий нет, отсюда отсутствие антропогенного влияния.

В опубликованных ранее работах [8, С. 82], [9, С. 144], [10, С. 3] проводился мониторинг рек Центрального Кавказа на наличие в водах загрязняющих компонентов. В данной статье представлены результаты анализа, полученные по исследованию содержания токсичных металлов в верхнем течении ледниковых рек, протекающих по высокогорной зоне Чегемского и Черекского ущелий. Измеренные концентрации тяжелых металлов представлены на рис. 2 и 3.

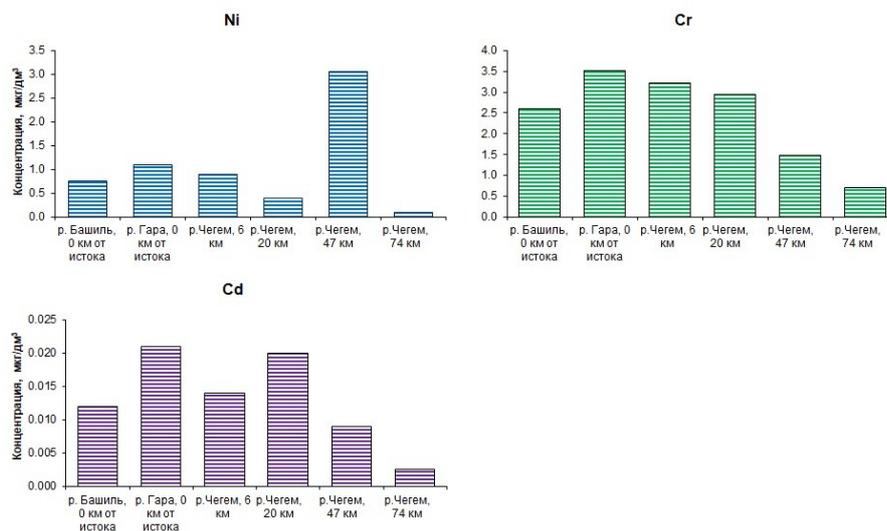


Рисунок 2 - Концентрации токсичных металлов в воде реки Чегем в верхнем течении и ее притоках в период летнего половодья

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.82.2>

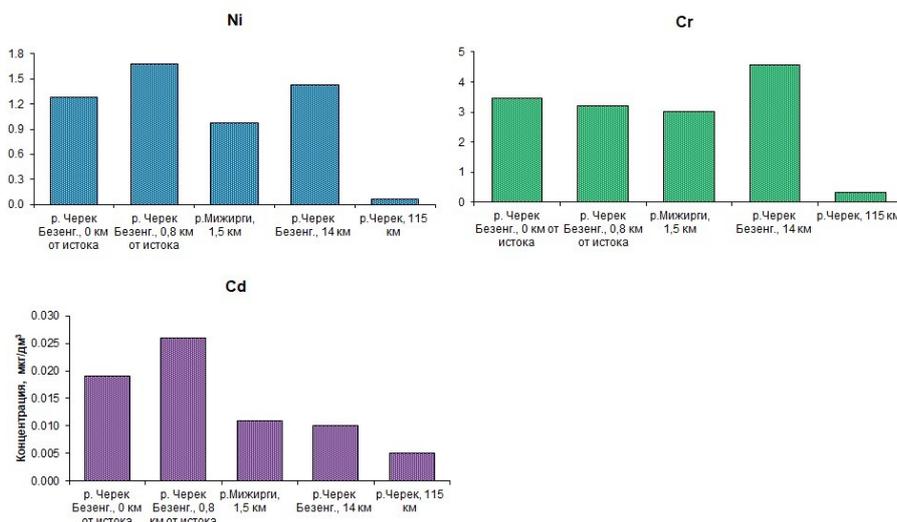


Рисунок 3 - Концентрации токсичных металлов в воде реки Черек и ее притоках в верхнем течении в период летнего половодья

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.82.3>

## Обсуждение

Никель содержался в водах исследуемых районов в широких пределах концентраций от 0,10 до 3,05 мкг/дм<sup>3</sup> в водотоках бассейна Чегем и от 0,10 до 1,68 мкг/дм<sup>3</sup> в водах бассейна Череха. Концентрации Ni более чем в два раза ниже кларковых значений. Каких-либо закономерностей в их динамике не выявлено. В зоне формирования р. Чегем ледниковые истоки, образующие его начальный сток, содержат 0,75 мкг/дм<sup>3</sup> и 1,10 мкг/дм<sup>3</sup> Ni в водах рек Башиль-Аузсу и Гара-Аузсу соответственно. Концентрации Ni были зафиксированы во всех водных объектах верхнего течения рек Чегем и Черек, а также в их притоках. В устьевых зонах на равнине содержание Ni убывало более чем в 10 раз.

В отличие от содержания Ni в истоках и водотоках исследуемых рек определены концентрации Cr, которые изменялись от 1,47 мкг/дм<sup>3</sup> до 3,51 мкг/дм<sup>3</sup> (воды Чегема) и несколько выше в водах р. Черек 3,02-4,56 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрации Cr также не превышали кларковые значения и каких-либо закономерностей в их динамике при смене высотно-климатических зон выявлено не было.

Более низкие концентрации характерны для Cd и не превышают сотых долей мкг/дм<sup>3</sup>, что совпадает с имеющимися литературными данными. Ряд наблюдений за содержанием самого токсичного микроэлемента Cd в водах Чегема и Череха также представлен на рис. 2 и 3. Его концентрации фиксировались в «следовых» количествах и не превышали 0,021 и 0,026 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. В русле р. Чегем с 6 км по 47 км содержание Cd снижалось от 0,014 мкг/дм<sup>3</sup> до 0,009 мкг/дм<sup>3</sup>, причем в речках Башиль-Аузсу (12 км от истока) и Гара-Аузсу (14 км от истока) до объединения и формирования стока р. Чегем, концентрации кадмия соответствовали 0,012 и 0,021 мкг/дм<sup>3</sup>

соответственно. Наибольший вклад по содержанию Cd вносят воды р. Гара-Аузсу ледникового происхождения – одного из истоков Чегема. Для вод бассейна Черек также характерны низкие концентрации Cd. От истока к замыкающему створу его концентрации убывали и по всей длине реки не превышали ПДК. Полученные результаты по содержанию Cd в речных водах обеих рек говорят о значительном уменьшении концентрации от истоков к устьевым зонам: 0,003 мкг/дм<sup>3</sup> в водах р. Чегем и 0,005 мкг/дм<sup>3</sup> в р. Черек.

### Закключение

Для речных вод высокогорья характерен специфический гидрохимический фон. Уровни концентраций представленных микроэлементов содержатся в незначительных количествах. Установлено, что загрязнение вод токсичными металлами носит природный характер и связано это с вымыванием микропримесей из залегающих горных пород. Выявлено, что концентрации убывают от зоны истоков к замыкающим створам вниз по течению рек, и наблюдается уменьшение содержания микроэлементов в несколько раз, а для некоторых элементов до следовых количеств. Повышенное или аномально высокое содержание металлов Ni, Cr, Cd не зарегистрировано. Присутствие Pb в водах исследуемых рек высокогорной зоны не обнаружено. Данных по содержанию токсичных металлов в речных водах верхнего течения немного. Необходимо проводить постоянные наблюдения за изменением уровня загрязненности и в целом за качеством вод для сохранения благоприятной экологической обстановки.

### 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. Войткевич Г.В. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников и др. — М.: Недра, 1990. — 480 с.
2. Справочник по гидрохимии / под ред. Никанорова А.М. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 392 с.
3. Российская Федерация. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ Росрыболовства от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения с изменениями на 12 октября 2018 года» — М.: 2016.
4. Панов В.Д. Ледники бассейна реки Терека / В.Д. Панов, П.М. Лурье — Л.: Гидрометиздат, 1971. — 296 с.
5. Р 52.24.353-2012. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод (утв. заместителем Руководителя Росгидромета 10.05.2012). — М.: 2012. — 27 с.
6. ПНД Ф 14.1:2.253-09. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zr в природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии, «МГА-915». — М., 2009.
7. Ефремов Ю.В. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей / Ю.В. Ефремов, В.Д. Панов, П.М. Лурье и др. — Краснодар: Кубанский государственный университет, 2007. — 338 с.
8. Газаев М.А. Исследование содержания микроэлементов в водах летнего паводка реки Черек Безенгийский. / М.А. Газаев, Л.З. Жинжакова, Э.А. Агоева и др. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук. — 2013. — 4(54). — с. 82-86.
9. Жинжакова Л.З. Состав ледниковых и речных вод бассейна реки Чегем. / Л.З. Жинжакова, Е.А. Чередник // Вода: химия и экология. — 2019. — 10-12. — с. 144-148.
10. Реутова Т.В. Динамика содержания основных микроэлементов в ледниковых реках Центрального Кавказа. / Т.В. Реутова, Ф.Р. Дреева, Н.В. Реутова // Вода: химия и экология. — 2015. — 4(82). — с. 3-9.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Voitkevich G.V. Spravochnik po geokhīmii [Reference Book on Geochemistry] / G.V. Voitkevich, A.V. Kokin, A.E. Miroshnikov et al. — M.: Nedra, 1990. — 480 p. [in Russian]
2. Spravochnik po gidrokhīmii [Handbook of Hydrochemistry] / ed. by Nikanorov A.M. — L.: Gidrometeoizdat, 1989. — 392 p. [in Russian]
3. Russian Federation. Perechen normativov kachestva vodi vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predelno dopustimikh kontsentratsii vrednikh veshchestv v vodakh vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya. Prikaz Rosribolovstva ot 13 dekabrya 2016 g. № 552 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vodi vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predelno-dopustimikh kontsentratsii vrednikh veshchestv v vodakh vodnikh obektov ribokhozyaistvennogo znacheniya s izmeneniyami na 12 oktyabrya 2018 goda» [List of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance. Order of the Federal Agency for Fishery dated

December 13, 2016 No. 552 “On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance, as amended on October 12, 2018”] — M.: 2016. [in Russian]

4. Panov V.D. Ledniki bassejna reki Tereka [Glaciers of the Terek River Basin] / V.D. Panov, P.M. Lur'e — L.: Gidrometizdat, 1971. — 296 p. [in Russian]

5. R 52.24.353-2012. Rekomendacii. Otbor prob poverhnostnyh vod sushi i ochishchennyh stochnyh vod (utv. zamestitelem Rukovoditelja Rosgidrometa 10.05.2012) [R 52.24.353-2012. Recommendations. Sampling of surface waters of land and treated wastewater (appr. by the Deputy Head of Roshydromet on 10.05.2012)] — M.: 2012. — 27 p. [in Russian]

6. PND F 14.1:2.253-09. Metodika vypolneniya 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 stochnyh vodah metodom atomno-absorbcionnoj spektroskopii, «MGA-915» [PND F 14.1:2.253-09. Method for measuring the 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 the method atomic absorption spectroscopy, "MGA-915"]. — M. 2009. [in Russian]

7. Yefremov Yu.V. Orografiya, oledenenie, klimat Bolshogo Kavkaza: opit kompleksnoi kharakteristiki i vzaimosvyazei [Orography, Glaciation, Climate of the Greater Caucasus: an Experience of Complex Characteristics and Relationships] / Yu.V. Yefremov, V.D. Panov, P.M. Lure et al. — Krasnodar: Kuban State University, 2007. — 338 p. [in Russian]

8. Gazaev M.A. Issledovanie sodержaniya mikroelementov v vodax letnego pavodka reki Cherek Bezengijskij [Investigation of the Content of Microelements in the Waters of the Summer Flood of the Cherek Bezengi River]. / M.A. Gazaev, L.Z. Zhinzhakova, E.A. Agoeva et al. // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. — 2013. — 4(54). — p. 82-86. [in Russian]

9. Zhinzhakova L.Z. Sostav lednikov'x i rechny'x vod bassejna reki Chegem [Composition of Glacial and River Waters of the Chegem River Basin]. / L.Z. Zhinzhakova, E.A. Cherednik // Voda: ximiya i e'kologiya [Water: Chemistry and Ecology]. — 2019. — 10-12. — p. 144-148. [in Russian]

10. Reutova T.V. Dinamika sodержaniya osnovny'x mikroelementov v lednikov'x rekax Central'nogo Kavkaza [Dynamics of the Content of the Main Microelements in the Glacial Rivers of the Central Caucasus]. / T.V. Reutova, F.R. Dreeva, N.V. Reutova // Voda: ximiya i e'kologiya [Water: Chemistry and Ecology]. — 2015. — 4(82). — p. 3-9. [in Russian]