

СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ЛЕДНИКОВЫХ ВОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Х.-М. М. Газаев, Э. А. Агоева, А. Б. Иттиев

*Кабардино-Балкарский Государственный Высокогорный заповедник, Россия
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, Россия*

Поступила в редакцию 7 июня 2017 г.

Аннотация: Горная часть Кабардино-Балкарской республики является огромным хранилищем пресной воды, которая образует истоки рек Чегем, Терек, Малка, Баксан, Черек. Воды рек равнинных областей население использует для различных целей.

Исследование качества вод высокогорных районов Кавказа имеет чрезвычайно важное научно-практическое значение, так как этот регион является фоновой территорией по наблюдению природных изменений параметров окружающей среды на локальном региональном и глобальном уровнях.

Проведенный химический состав поверхностных вод высокогорных районов Безенгийского и Балкарского ущелий по содержанию железа позволил провести сравнительный анализ результатов по экологическим классам качества поверхностных вод, а также определить фоновые концентрации для рек Черек-Безенгийский и Черек-Балкарский.

Ключевые слова: состав поверхностных вод, высокогорный водосбор, талые воды, железо, геохимический фон, величина минерализации.

Abstract: Mountainous part of the republic of Kabardino-Balkaria is a huge repository of fresh water, which formed the origins of Chegem river Terek, Malka, Baksan, Cherek, water which the population of the plains, used for different purposes.

The study of water quality mountainous regions of the Caucasus is an extremely important scientific and practical importance, as is the background area, to change the parameters on which to judge the degree of local, regional and global pollution.

The chemical composition of river waters and mountainous areas Bezengi Balkar gorges on the iron content, allowed to provide a comparative analysis of the results from the environmental classes of surface water, as well as to present the background concentration for rivers Cherek-Bezengiisky and Cherek-Balkarsky.

Key words: the composition of the surface waters, alpine columbine, meltwater, iron, geochemical background, the amount of mineralization.

Северный склон Центрального Кавказа – территория нахождения Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника. Территория заповедника изрезана глубокими долинами рек, берущими начало с ледников Главного Кавказского хребта. Горный рельеф заповедника способствует интенсивному стоку дождевых и талых вод, что провоцирует интенсивное развитие водной эрозии, которая приводит, как показали более ранние исследования, к пространственно-временным изменениям в макро- и микроэлементном составе поверхностных вод [1, 2].

В 2015 году нами были проведены исследования содержания железа в водах высокогорных рек Черек-Безенгийский и Черек-Балкарский.

Определение содержания железа (3+) проводили спектрофотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой на приборе UNICO-2100 [7].

Описание гидрологической сети изучаемых реки и перечень пунктов наблюдения представлено в таблицах 1 и 2. Качество поверхностных вод оценивалось согласно [4, 5, 6, 11, 12]. Для водоемов, имеющих санитарно-бытовое значение, ПДК железа составляет 0,3 мгFe/дм³, а рыбохозяйственное значение – 0,1 мгFe/дм³. Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Главными источниками поступления соединений железа в поверхностные воды являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. В процессе взаимодействия с

Основные сведения о реках

Исследуемые реки	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²	Протяженность (км) в пределах КБГВЗ	Площадь (га) в пределах КБГВЗ	Средняя высота водосбора, м	Средний уклон реки, ‰
р. Черек-Безенгийский	46	627	12,00	13920	2480	60
р. Черек-Балкарский	54	701	35,00	44450	2570	35

Таблица 2

Перечень пунктов наблюдения

Пункт отбора	Водный объект	Расстояние, км	Местоположение пункта отбора	Высота м, н.у.м.
р. Черек-Безенгийский, левая составляющая р. Черек, левый приток р. Терек				
1.	р. Черек-Безенгийский	0	ледник Уллу-Чиран	2100
2.	р. Сюеме-суу	0,8	правый приток	1995
3.	р. Черек-Безенгийский		до впадения р. Мижирги	1995
4.	р. Мижирги	1	правый приток	1995
5.	р. Черек-Безенгийский	5	после впадения р. Мижирги	1875
6.	левый приток	7,0		1745
7.	р. Черек-Безенгийский	9,0	около кордона	1625
8.	р. Черек-Безенгийский	14,0	камнерезный цех	1420
9.	р. Черек-Безенгийский	35	с. Бабугент	765
р. Черек-Балкарский, правая составляющая р. Черек, левый приток р. Терек				
1.	р. Черек-Балкарский	0	исток – выше с. В. Балкария на 9 км	1800
2.	Правый приток		ручей у кордона	1800
3.	р. Гюльчи-Су	2,0	правый приток, выше с. В. Балкария	1800
4.	р. Черек-Балкарский	4,5	выше с. В. Балкария	1700
5.	р. Черек-Балкарский	9,0	с. В. Балкария	1600
6.	р. Рцывашки (р. Ишкырты)	14	правый приток, с. В. Балкария	1600
7.	р. Черек-Балкарский	15		1570
8.	р. Карасу	33	левый приток, выше с. Бабугент	1420
9.	р. Черек-Балкарский	46	с. Бабугент	1250

содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. На долю двух последних приходится 95-97 % валового его содержания. Наиболее распространенными природными минералами желе-

за являются магнетит (магнитный железняк Fe_3O_4 , гематит (красный железняк) FeO_3 , пирит (железный колчедан) Fe_2S_3 . Значительная часть железа поступает также с подземным стоком.

Соединения железа могут присутствовать в двух степенях окисления – Fe^{2+} и Fe^{3+} . На состав и формы нахождения соединений железа в водах

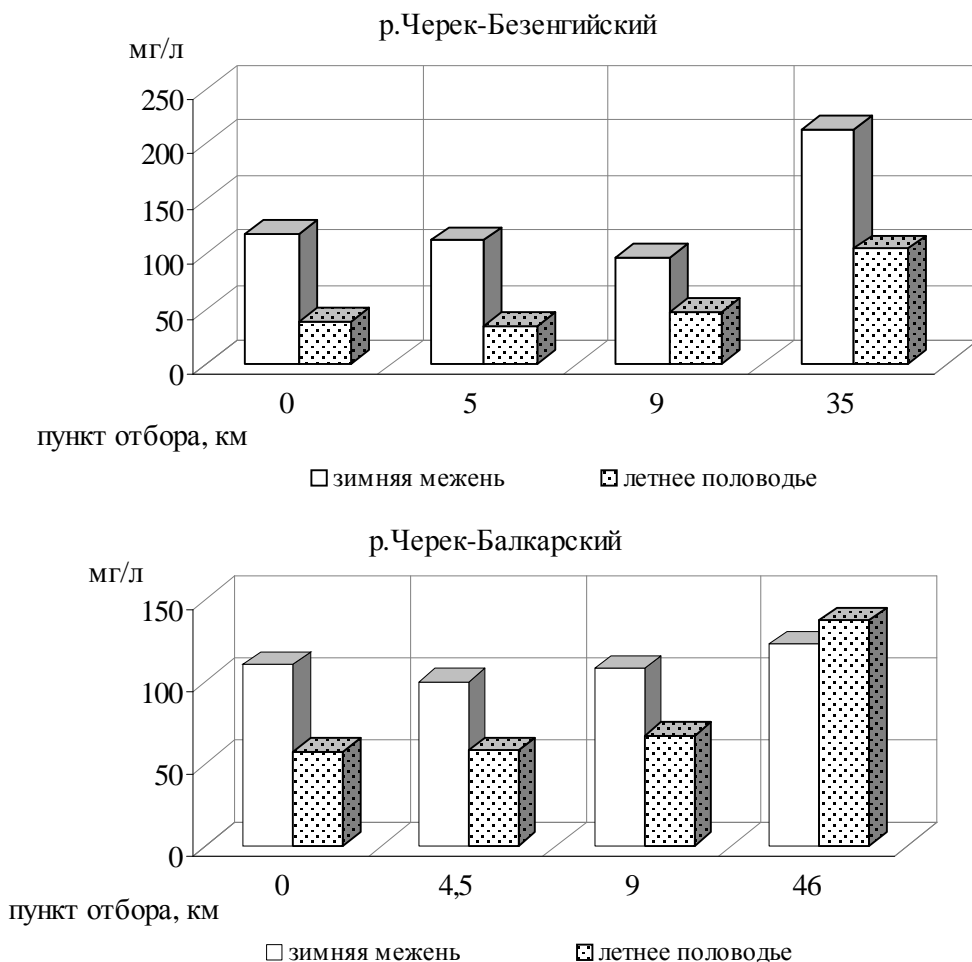


Рис. 1. Изменение величины минерализации

оказывают влияние: величина рН и Eh, присутствие природных комплексообразователей (гуминовых и фульвокислот), содержание растворенного кислорода, сероводорода, диоксида углерода, а также наличие микроорганизмов, окисляющих и восстанавливающих железо.

Растворенное железо представлено соединениями, находящимися в ионной форме, в виде гидроксокомплекса и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрирует, главным образом, Fe^{2+} , а Fe^{3+} в отсутствие комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии. Железо обнаруживается в основном в водах с низкими значениями Eh. В результате химического и биохимического (при участии железобактерий) окисления Fe^{2+} переходит в Fe^{3+} , который, гидролизуясь, выпадает в осадок в виде $Fe(OH)_3$. Основной формой нахождения Fe^{3+} в поверхностных водах являются комплексные соединения его с растворенными неорганическими и органическими

соединениями, главным образом гумусовыми веществами. При рН = 8,0 основной формой является $Fe(OH)_3$. Концентрация железа подвержена заметным сезонным изменениям, обусловленным как участием этого металла в физико-химических и биологических процессах, активно протекающих в водной среде, так и гидрологическим режимом водного объекта [3, 9, 13].

Обсуждение результатов

Величина рН. По полученным данным рН исследованных вод изменяется: в межень – от 8,22 до 8,6 ед.рН; в половодье – от 7,48 до 8,6 ед.рН. Это показывает, что воды заповедника относятся к нейтральным и слабощелочным.

Величина минерализации. Согласно полученным данным по величине минерализации содержание ее в межень и половодье различно (рис. 1).

Так, суммарная величина минерализации в водах реки Черек-Безенгийский составляет в зимнюю межень – 542,41 мг/л, а в половодье – 307,18 мг/л. В водах реки Черек-Балкарский в зимнюю межень минерализация равна 440,86 мг/л, а

Содержание железа в зимнюю межень и летнее половодье

П.О.* Ф.В.Р.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
р. Черек-Безенгийский										
ЗМ*	0,23	—	0,18	0,25	0,16	0,05	0,05	0,08	0,03	0
ЛП	0,18	0,05	0,11	0,15	0,09	0,05	0,03	0	0	0
р. Черек-Балкарский										
ЗМ	0,094	—	0,04	0,09	0,065	0,04	—	—	0	
ЛП	0,08	0	0,08	0,06	0,05	0	0,04	0,11	0,025	

* П.О. – пункт отбора; Ф.В.Р. – фаза водного режима; ЗМ – зимняя межень, ЛП – летнее половодье; — нет отбора.

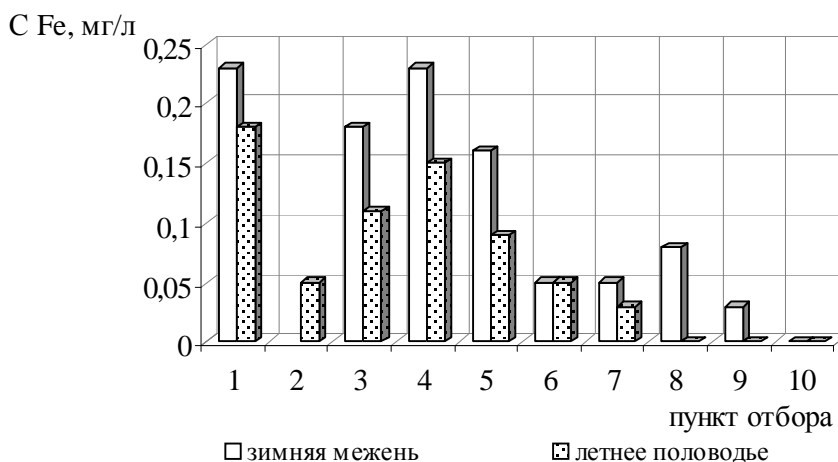


Рис. 2. Содержание железа в водах р. Черек-Безенгийский

в половодье – 319,27 мг/л. Таким образом, воды зимней межени являются более минерализованными по сравнению с половодьем, что связано с переходом рек на грунтовый тип питания, составляющий, кроме месяцев июнь-сентябрь – 23 % от годового стока. Также наблюдается пространственное увеличение величины минерализации на реках Черек Безенгийский и Балкарский: в межень – в 1,8 и 1,1 раза, а в половодье – в 7,2 и 2,4 раза соответственно. Таким образом, величина минерализации, имеет тенденцию к убыванию в период ледникового половодья, т.е. с ростом расходов воды, когда основным видом питания рек являются высокогорные снега и ледники, разбавляющие водоток. Рост минерализации в период зимней межени связан с малым расходом воды на реках и питанием их более минерализованным подземным стоком. Как показывают наши исследования для высокогорных водосборов ледникового питания характерно пространственно-временное изменение величины минерализации вод.

По результатам проведенных исследований (данные таблицы 3) построены гистограммы со-

держания железа в водах рек Черек-Безенгийский и Черек-Балкарский (рис. 2, 3).

Проведенные исследования выявили пространственно-временное изменение содержания железа (3^+) в водах реки Черек-Безенгийский (рис. 2).

Так, концентрация железа (3^+) в **зимнюю межень** у истока составила 0,23 мг/л, снижаясь далее по течению реки до 0 мг/л. Отмечено два случая превышения ПДК_{р.х.} для истока и притока Мижирги (пп. 1,4) в 2,3 и 2,5 раза соответственно. В двух левых притоках (пп.6-7) концентрация железа составила 0,05 мг/л.

В **летнее половодье**, также как и в межень, отмечено снижение концентрации железа в интервале от 0,18 до 0 мг/л. Содержание железа в притоках остается на одном уровне, изменяясь от 0,05 до 0,03 мг/л, за исключением притока Мижирги, в котором отмечено превышение ПДК_{р.х.} в 1,5 раза.

Как показали исследования, среднее содержание железа (3^+) в межень и половодье на исследуемом участке реки составляет 0,155 и 0,9 мг/л соответственно. Таким образом, содержание железа в межень в 1,2 раза больше, чем в половодье.

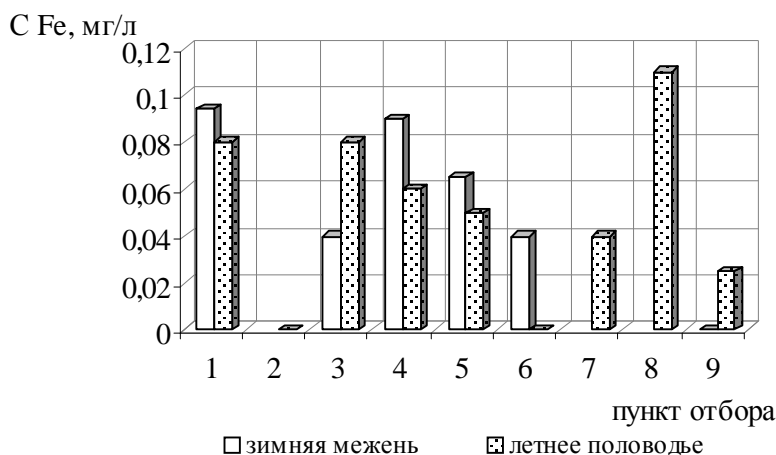


Рис. 3. Содержание железа в водах р. Черек-Балкарский

Концентрация железа (3^+) в **зимнюю межень** реки Черек-Балкарский у предполагаемого истока (25 км от истинного истока) составила 0,094 мг/л, далее снижаясь на 35-ом км до 0 мг/л (рис. 3). В отобранных пробах воды двух притоков содержание железа (3^+) остается на одном уровне и составляет 0,04 мг/л.

В **летнее половодье** отмечено уменьшение содержания железа (3^+) колеблется от 0,08 до 0,025 мг/л, снижаясь, таким образом, в 3,2 раза. Отмечено однократное превышение ПДК_{р.х.} для притока Карасу в 1,1 раза. Превышения ПДК_{р.х.} железа (3^+) и повышенные значения величины минерализации вод для притока Карасу, связанно с выходом сульфатно-кальциевых минеральных вод в русло реки [13].

Как показали исследования, среднее содержание железа в межень и половодье на исследуемом участке реки составляет 0,078 и 0,054 мг/л соответственно. Следовательно, содержание железа в межень в 1,44 раза больше, чем в половодье.

Таким образом, полученные данные по присутствию железа (3^+) в водах левого и правого истока р. Черек показали, что суммарная микроэлементная нагрузка по железу на природные воды рек Черек-Безенгийский и Черек-Балкарский в период: зимней межени составляет – 1,1 мг/л, и 0,329 мг/л; половодья – 0,66 мг/л и 0,445 мг/л соответственно.

Таким образом полученные данные по содержанию железа (3^+) в поверхностных водах высокогорных водосборов северного склона Центрального Кавказа, а также в виду отсутствия антропогенных факторов воздействия, позволяют утверждать, что выявленные концентрации, связаны с растворением подстилающих горных пород, и отражают естественный геохимический фон райо-

нов исследования, т.к. геологическое строение бассейнов исследуемых рек сложено кристаллическими сланцами, гранитом, вулканогенными породами, полевым шпатом, гнейсом, амфиболитами, туфам и другими породами, формирующими состав вод в разные фазы водного режима [3].

Согласно экологическим классам качества поверхностных вод суши [13] исследуемые поверхностные воды высокогорной части Безенгийского и Балкарского ущелий по содержанию железа (3^+) можно отнести к очень чистым. Также полученные данные по содержанию железа (3^+) являются фоновыми по сравнению с равнинными частями рек, данные которых можно использовать при разработке бассейновых предельно-допустимых концентраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние изменения климата на гидролого-гидрохимический режим высокогорной реки Черек-Безенгийский / М. А. Газаев [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 1. – С. 36-43.
2. Газаев Х.-М. М. Формирование микроэлементного состава вод р. Черек-Балкарский в период зимней межени / Х.-М. М. Газаев, Э. А. Агоева, А. Б. Иттиев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2016. – № 1. – С. 65-72.
3. Геология СССР. – Москва : Недра, 1968. – Т. 9 : Северный Кавказ, ч. I. – С. 187-196.
4. ГОСТ 2874-82 Питьевая вода. Гигиенические требования и контроль за качеством (с Изменениями 1, 2). – Москва : Издательство стандартов, 1997. – 6 с.
5. Качество поверхностных вод Российской федерации 2010 : ежегодник / под ред. А. М. Никанорова. – Ростов-на-Дону : Росгидромет, 2011. – 573 с.
6. Перечень рыбохозяйственных нормативов ПДК и ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды, водных объектов. – Москва : ВНИРО, 1999. – 380 с.

7. ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 (ФР 1.31.2007.03779) Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. – Москва : Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия, 2011. – 22 с.
8. Проект организации и ведения заповедного хозяйства Кабардино-Балкарского Государственного Высогогорного заповедника главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР. Т. 1. Объяснительная записка. – Воронеж, 1985. – 224 с.
9. РД 52.24.358-2006. Массовая концентрация железа общего в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином. – Ростов-на-Дону, 2006. – 25 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – Т. 8. Северный Кавказ. – С. 93.
11. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. – 46 с.
12. СанПиН 2.1.4.556-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Минздрав России. – Москва : Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. – 46 с.
13. Справочник по геохимии / Г. В. Войткевич [и др.]. – Москва : Недра, 1990. – 480 с.
14. Нежиховский Р. А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства / Р. А. Нежиховский. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1990. – 229 с.
3. Geologiya SSSR. – Moskva : Nedra, 1968. – Т. 9 : Severnyy Kavkaz, ch. I. – S. 187-196.
4. GOST 2874-82 Pit'yevaya voda. Gигiyenicheskiye trebovaniya i kontrol' za kachestvom (s Izmeneniyami 1, 2). – Moskva : Izdatel'stvo standartov, 1997. – 6 s.
5. Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiyskoy federatsii 2010 : ezhegodnik / pod red. A. M. Nikanorova. – Rostov-na-Donu : Rosgidromet, 2011. – 573 s.
6. Perechen' rybokhozyaystvennykh normativov PDK i oriyentirovochno bezopasnyy uroven' vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody, vodnykh ob'yektov. – Moskva : VNIRO, 1999. – 380 s.
7. PND F 14.1:2:4.50-96 (FR 1.31.2007.03779) Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii obshchego zheleza v pit'yevykh, poverkhnostnykh prirodnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s sul'fosalitsilovoy kislotoy. – Moskva : Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya, 2011. – 22 s.
8. Proyekt organizatsii i vedeniya zapovednogo khozyaystva Kabardino-Balkarskogo Gosudarstvennogo Vysokogornogo zapovednika glavnogo upravleniya okhotnich'yego khozyaystva i zapovednikov pri Sovete Ministrov RSFSR. T. 1. Ob'yasnitel'naya zapiska. – Voronezh, 1985. – 224 s.
9. RD 52.24.358-2006. Massovaya kontsentratsiya zheleza obshchego v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s 1,10-fenantrolinom. – Rostov-na-Donu, 2006. – 25 s.
10. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1973. – Т. 8. Severnyy Kavkaz. – S. 93.
11. SanPiN 2.1.4.1074-01 Pit'yevaya voda. Gигiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. – Moskva: Informatsionno-izdatel'skiy tsentr Minzdrava Rossii, 2002. – 46 s.
12. SaNPIn 2.1.4.556-96. Pit'yevaya voda. Gигiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva. Minzdrav Rossii. – Moskva : Informatsionno-izdatel'skiy tsentr Goskomsan-epidnadzora Rossii, 1996. – 46 s.
13. Spravochnik po geokhimii / G. V. Voytkovich [i dr.]. – Moskva : Nedra, 1990. – 480 s.
14. Nezhikhovskiy R. A. Gidrologo-ekologicheskiye osnovy vodnogo khozyaystva / R. A. Nezhikhovskiy. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1990. – 229 s.

REFERENCES

1. Vliyaniye izmeneniya klimata na gidrologo-gidrokhimicheskiy rezhim vysokogornoy reki Cherek-Bezengiyskiy / M. A. Gazayev [i dr.] // Problemy regional'noy ekologii. – 2015. – № 1. – S. 36-43.
2. Gazayev KH.-M. M. Formirovaniye mikroelementnogo sostava vod r. Cherek-Balkarskiy v period zimney mezheni / KH.-M. M. Gazayev, E. A. Agoyeva, A. B. Ittiyev // Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy. – 2016. – № 1. – S. 65-72.
- Газаев Хаджи-Мурат Мухтарович
директор Кабардино-Балкарского высокогорного Государственного природного заповедника, Черекский район, п. Кашхатау, т. 8(86636) 41-7-18, 41-9-07, E-mail: kb_zapovednik@rambler.ru
- Агоева Элеонора Анатольевна
старший научный сотрудник Кабардино-Балкарского высокогорного Государственного природного заповедника, Черекский район, п. Кашхатау, т. 8928-713-33-03, E-mail: eleonora_agoeva@mail.ru
- Иттиев Абдуллах Биякаевич
кандидат химических наук, научный сотрудник Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова, г. Нальчик, т. 8(86636) 41-7-18, 41-9-07, E-mail: kb_zapovednik@rambler.ru
- Gazaev Haji-Murat Mukhtarovich
Director of the Kabardino-Balkar mountainous National Nature Reserve Chereksky district, Kaskhatau, tel. 8(86636)41-7-18, 8(86636)41-9-07, E-mail: kb_zapovednik@rambler.ru
- Agoeva Eleonora Anatolievna
Senior Researcher of the Kabardino-Balkar mountainous National Nature Reserve Chereksky district, Kaskhatau, tel. 8928-713-33-03, E-mail: eleonora_agoeva@mail.ru
- Ittiyev Abdullah Bijkaevich
Candidate of chemical Sciences, associate Professor of chemistry Kabardino-Balkarian state agricultural University. V.M. Kokov, Nalchik, tel. 8(86636) 41-7-18, 41-9-07, E-mail: kb_zapovednik@rambler.ru