

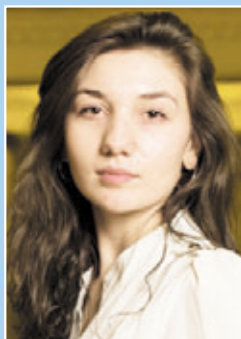
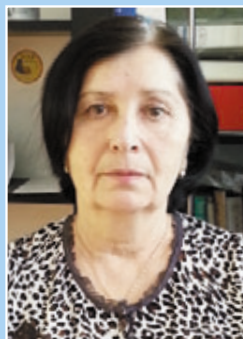
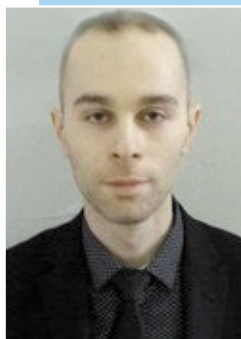
УДК 504.45; 064.2; 543.3.06.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕДНИКОВОЙ РЕКИ ЧЕГЕМ

© 2015 г. Х-М.М. Газаев, Ф.А. Атабиева, И.И. Кучменова,
Л.З. Жинжакова

Кабардино-Балкарский государственный высокогорный природный заповедник, Кабардино-Балкарская Республика, пос. Кашихатау

Ключевые слова: Кабардино-Балкарский высокогорный государственный заповедник, горно-ледниковая река Чегем, химический состав речных вод, пространственно-временная изменчивость ионного состава воды.



Х.-М. М. Газаев

Ф.А. Атабиева

И.И. Кучменова

Л.З. Жинжакова

По данным полевых работ 2014 г. в горно-ледниковом бассейне р. Чегем (Кабардино-Балкарский высокогорный государственный заповедник) проведен анализ пространственно-временной динамики макро- и микрокомпонентного состава речной воды. На исследуемом участке реки по тяжелым металлам обнаружено фоновое превышение соединений Mn.

Малые реки являются начальными звеньями гидрологической сети, формирующими более крупные водотоки. Главная особенность малых рек заключается в их уязвимости, особенно, в условиях климатических изменений, малых рек горно-ледникового происхождения. Вместе с тем, малые реки выполняют функцию регулятора водного режима ландшафтов, поддерживая водный баланс и перераспределяя влагу, определяют гидрологическую и гидрохимическую специфику средних и крупных рек [1].

Река Чегем является одной из малых рек горно-ледникового происхождения, высокогорная часть которой расположена на территории Кабардино-

Балкарского высокогорного государственного заповедника. Река Чегем и ее притоки участвуют в формировании гидролого-гидрохимического режима вод более крупных рек Баксан и Терек.

Чегем образуется от слияния двух рек Башиль-Аузусу и Гара-Аузусу. Площадь водосбора бассейна реки равна 931 км². Чегем, являясь правым притоком р. Баксан, впадает в нее на 33-м км от устья. Современное оледенение преимущественно сосредоточено в бассейнах рек Башиль-Аузусу и Гара-Аузусу. Кроме того, ледники представлены в истоках правого притока Чегема – р. Булунгу.

Гидрографическая сеть бассейна имеет древовидный вид. Притоков мало, их длина небольшая, 3–5 км. Наиболее крупными являются Булунгу, Джилгису, Джунгусу, Каярты. Общая длина притоков около 470 км. Коэффициент густоты речной сети в высокогорной зоне и предгорьях равен 0,47 км/км², в средней части бассейна – 0,68 км/км².

В питании р. Чегем основная роль принадлежит талым водам ледников и высокогорных снегов. Существенное значение имеют также и грунтовые воды. Снеговые и дождевые воды в питании рек играют незначительную роль. В предгорьях распределение стока в течение года крайне неравномерное. Эта неравномерность еще более увеличивается вверх по течению реки, где в отдельные годы в районе ледников в зимние месяцы поверхностного стока нет. Наиболее многоводными являются июль и август (более 50 % годового стока), маловодными – февраль и март, на которые приходится не более 3 % годового стока. В табл. 1 выборочно представлены значения расходов воды наиболее многоводных и маловодных месяцев года [2]. Современные данные о расходе воды отсутствуют в связи с тем, что на р. Чегем нет гидрологического поста.

Таблица 1. Средние и характерные расходы воды для р. Чегем по водомерному посту Нижний Чегем, 1926–1962 гг.

Расход, м ³ /с	Март	Апрель	Июль	Август
Средний	2,91	4,06	38,9	36,7
Наибольший	4,17	6,32	67,2	50,5
Наименьший	2,14	2,64	25,6	24,6

Геологическое строение исследуемой территории сложное, характеризуется частой сменяемостью литологических разностей горных пород, их различным возрастом и генезисом. В верховье р. Чегем залегают на глубину 300–350 м отложения: аргиллиты и глинистые сланцы ~ на 100 м; от 100 до 150 м – песчаники; третий слой отложений – конгломераты с примесью андезитовых порфириров до 320 м отметки, ниже – сланцы палеозоя. Аргиллиты нередко включают гальку и валуны гранитов. Выщелачивающая тол-

ща аргиллитов содержит значительное количество вулканогенных пород, наиболее мощно развитых в междуречье Черека Безенгийского и Чегема.

Отметим, что крупным центром мезозойского магматизма является междуречье Чегема и Черека. Анальцимсодержащие габброиды правобережья р. Чегем имеют возраст 130–120 млн лет, что подтверждает отнесение их к меловой формации субщелочных основных пород. Появление субщелочных габброидов отмечается в районе с. Булунгу (р. Чегем). К вулканоплутонической формации относятся лавы Чегемского вулканического плато и шток гранодиорит – порфир, который прослеживается в области протекания р. Джунгусу [3]. Исходя из этих данных, можно предположить, что в воде р. Чегем содержатся следующие ионы HCO_3^- ; SO_4^{2-} ; Cl^- ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} , Na^+ и K^+ .

В связи с малой изученностью гидрохимии р. Чегем, особенно ее высокогорной части, в 2014 г. проводились отборы проб воды с целью исследования макро- и микрокомпонентного состава, а также азотсодержащих биогенов. Пробы воды на р. Чегем отбирали на представленных в табл. 2 пунктах в основные фазы водного режима – зимняя межень и летнее половодье.

Таблица 2. Пункты отбора проб воды по длине р. Чегем, 2014 г.

Пункты отбора	Высота над уровнем моря, абс. м
Башиль-Аузусу (левый приток)	2050
Гара-Аузусу (правый приток)	1843
р. Чегем (6 км от слияния)	1482
р. Чегем (20 км)	1002
р. Чегем (47 км)	750

При проведении анализов использовали спектрофотометрические и аналитические методы, метод прямой потенциометрии с применением ионоселективных электродов [3–6]. Результаты проведенных исследований по изучению макрокомпонентного состава малой ледниковой р. Чегем приведены в табл. 3.

В табл. 3 отражено, что величина рН воды в зимнюю межень изменяется от 8,52 до 8,77; а в летнее половодье – от 8,03 до 8,78. Следует отметить, что значение рН в направлении от истока к устью увеличивается незначительно: зимой на 0,25; летом – на 0,75. По величине рН вода р. Чегем характеризуется как слабощелочная у истока в летний период и щелочная к устью. В зимний период вода реки на всем протяжении характеризуется как щелочная, что может быть связано с присутствием карбонатов и гидрокарбонатов натрия (NaCO_3 и NaHCO_3), содержание которых в воде можно объяснить наличием выхода минеральных источников на водосборе р. Чегем.

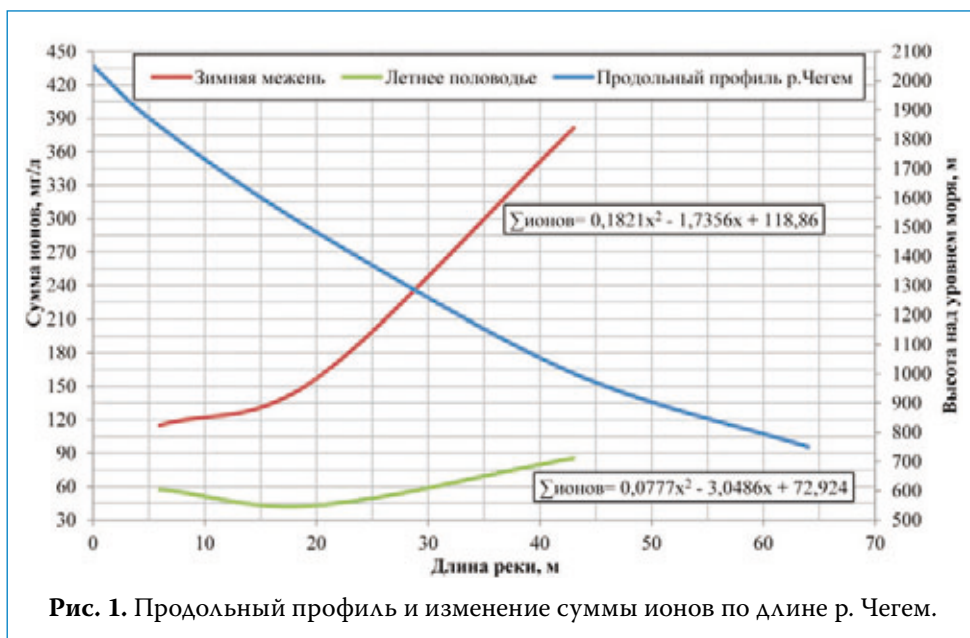
По показателю общей минерализации вода р. Чегем в течение всего года относится к ультрапресной (менее 200 мг/л) и только в зимнюю межень

Таблица 3. Химический состав вод ледниковой р. Чегем, 2014 г.

Пункты отбора	Показатель										
	рН	мг/л НСО ₃ ⁻	мг/л SO ₄ ²⁻	мг/л Cl ⁻	мг/л Ca ²⁺	мг/л Mg ²⁺	мг-экв/л Общая жесткость	мг/л NO ₂ ⁻	мг/л NO ₃ ⁻	мг/л NH ₄ ⁺	мг/л ΣИ
Башиль-Аузусу (левая составляющая)	8,52	79,30	7,92	0,36	15,23	3,4	1,04	0	13,64	0,16	120
	8,03	36,60	4,08	2,13	8,06	1,94	0,56	0,01	5,89	0,14	59
Гара-Аузусу (правая составляющая)	8,64	94,55	14,49	1,42	15,83	6,32	1,31	0,0083	11,16	0,17	144
	8,30	28,05	2,66	1,15	7,12	1,46	0,48	0,009	5,27	0,16	46
р. Чегем (6 км от слияния)	8,53	73,20	7,20	0,89	17,64	1,94	1,04	0,0069	11,16	0,16	112
	8,21	29,28	4,08	0,89	8,06	0,97	0,48	0,0078	5,27	0,13	49
р. Чегем (20 км)	8,65	97,60	17,28	1,42	19,24	5,35	1,39	0,0130	11,16	0,36	152
	8,45	26,84	3,84	1,67	8,06	1,46	0,52	0,0067	5,58	0,14	48
р. Чегем (47 км)	8,77	152,5	48,00	2,49	50,10	9,96	3,32	0,0080	18,60	0,38	282
	8,78	62,22	1,32	1,15	18,44	1,46	1,04	0,01	4,50	0,26	89

Примечание: в числителе – показатели зимней межени, в знаменателе – летнего половодья.

минерализация воды на 47-м км равна 282 мг/л, что характерно для пресных вод (200–500 мг/л). Минимальные значения минерализации в воде р. Чегем наблюдаются в период летнего половодья (59–89 мг/л). Значения минерализации увеличиваются в зимнюю межень до 120–282 мг/л. Следует отметить, что величина минерализации в воде р. Чегем в направлении от истока к устью увеличивается более чем в 2 раза (рис. 1).



В разные фазы гидрологического режима соотношение между главными ионами ионного состава воды не изменяется. Как в период зимней межени, так и в период летнего половодья в составе воды р. Чегем преобладают гидрокарбонаты и ионы кальция (табл. 3). По классификации природных вод О.А. Алекина вода р. Чегем гидрокарбонатно-кальциевая.

Общие изменения суммы главных ионов (Σ ионов) по длине реки в период летнего половодья могут быть описаны уравнением (рис.1)

$$\Sigma \text{ионов} = 0,0777L^2 - 3,0486L + 72,924,$$

а для зимней межени –

$$\Sigma \text{ионов} = 0,1821L^2 - 1,7356L + 118,86,$$

где L – расстояние от истока, км.

Общая жесткость воды обусловлена суммарным содержанием в ней ионов кальция и магния. По оценке жесткости вода исследованной р. Чегем относится к очень мягкой (0,48–1,39 мг-экв/л) и лишь в период зимней ме-

жени на 47-ом км значение общей жесткости равно 3,32, что характеризует воду на этом участке мягкой. Выявлены также сезонные колебания данного показателя (табл. 3). Таким образом, максимальная жесткость характерна для зимней межени, в сравнении со значениями в летнее половодье они более чем в два раза выше на всем протяжении исследуемого участка реки. Вероятно, это обусловлено тем, что жесткость уменьшается в сезон дождей, а также в период таяния снега и льда.

Впервые в водах высокогорной части р. Чегем в период летнего паводка методом атомно-абсорбционной спектрометрии определены концентрации следующих тяжелых металлов: Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Mo, Pb (табл. 4) [7]. В ходе анализа выявлено фоновое превышение концентрации марганца равное 4,8 ПДК, для остальных металлов значение концентрации в пределах нормы, это может быть связано с особенностями породообразующих составляющих рассматриваемой территории.

Таблица 4. Микроэлементный состав воды ледниковой р. Чегем в летний паводок 2014 г.

Пункты отбора	Показатель, мг/л					
	Mn	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr
Башиль-Аузусу (левый приток)	0,048	0,019	0,003	0,000012	0,00075	0,0026
Гара-Аузусу (правый приток)	0,057	0,018	0,002	0,000021	0,0011	0,0035
р. Чегем (6 км от слияния)	0,051	0,007	0,003	0,000014	0,0009	0,0032
р. Чегем (20 км)	0,046	0,011	0,001	0,00002	0,0004	0,0029
р. Чегем (47 км)	0,032	0,008	0,001	0,00009	0,0035	0,0015

Для металлов (Mn, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr) был рассчитан коэффициент водной миграции (K_x) в двух высотных зонах: 1428 м (исток) и 750 м (47 км) (табл. 5). Коэффициент водной миграции элементов позволяет лучше понять роль воды в процессах их миграции. Сущность этого коэффициента и механизм его расчета описал А.И. Перельман [8]. K_x позволяет сопоставить состав природных вод и почвообразующих пород данной местности:

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100\%}{a \cdot n_x},$$

где K_x – коэффициент водной миграции;

a – сумма минеральных веществ, растворенных в воде, мг/л;

m_x – содержание элементов в воде, мг/л;

n_x – содержание элементов в почвообразующих породах, %.

Благодаря этим коэффициентам, А.И. Перельман получил миграционные ряды, согласно которым по величине показателя порядка величины миграции n :

- элементы с показателем $K_x = n \cdot 10 - n \cdot 100$ являются очень подвижными;
- элементы с показателем $K_x = n - n \cdot 10$ ($n < 2$) являются легкоподвижными;
- элементы с показателем $K_x = 0, n - n$ (5) являются подвижными;
- элементы с показателем $K_x = 0, 0n$ и менее являются слабоподвижными [9].

Таблица 5. Коэффициент водной миграции элементов для воды р. Чегем

Элемент	Весовой кларк земной коры, % (по Виноградову, [10])	Коэффициент водной миграции элементов, K_x	
		6 км (1428 абс. м)	47 км (750 абс. м)
Mn	0,100	1,05	0,36
Zn	0,0083	1,75	1,08
Cr	0,0083	0,8	0,20
Cu	0,0047	1,3	0,24
Cd	0,000013	2,3	0,90
Ni	0,0058	0,32	0,67

Согласно полученным данным: кадмий и цинк относятся к легкоподвижным; кобальт, медь и марганец – легкоподвижным и подвижным; хром и никель – подвижным и слабоподвижным (табл. 5). Концентрация марганца в воде р. Чегем значительно больше концентрации кадмия и цинка, но K_x этих элементов вдвое выше, соответственно, кадмий и цинк мигрируют в два раза интенсивнее марганца. По данным табл. 5 $K_{Cd} > K_{Zn} > K_{Cu} > K_{Mn} > K_{Cr} > K_{Ni}$, следовательно, чем больше коэффициент водной миграции, тем сильнее элемент выщелачивается, и тем интенсивнее его водная миграция.

В результате проведенных исследований на изучаемом участке р. Чегем значения рН характеризуют воду как слабощелочную и щелочную. По общей жесткости вода относится к очень мягкой и мягкой, по общей минерализации – к ультрапресной и пресной. Величина концентрации гидрокарбонатов и ионов кальция обуславливает принадлежность вод к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе. На исследованном участке р. Чегем по тяжелым металлам обнаружено фоновое превышение содержания марганца равное 4,8 ПДК.

Для характеристики миграционной способности металлов в воде р. Чегем были рассчитаны коэффициенты водной миграции, по значению которых кадмий и цинк являются наиболее подвижными элементами, а хром

и никель – наименее подвижными. Результаты исследований могут быть использованы для сравнительного анализа, а также при разработке региональных бассейновых допустимых концентраций (БДК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Факторы пространственной неоднородности химического состава воды малых рек Саратовской области [Электронный ресурс] / Е.А. Бочкарева, А.А. Беляченко // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2012. Т. 2. № 4. С. 219–222.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 46 с.
3. Унифицированные методы мониторинга фоновое загрязнения природной среды. М.: Гидрометеиздат, 1986. 178 с.
4. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978. 535 с.
5. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1971. 375 с.
6. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 268 с.
7. 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, Zn в природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии, «МГА-915». М. 2009.
8. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966. 392 с.
9. Спицина С.Ф., Ткаченко Т.Н., Бахарев В.Г. Коэффициент водной миграции микроэлементов: меди, цинка, марганца, кобальта, бора и молибдена в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного ун-та. 2007. №11 (37). С. 35 – 38.
10. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. 1962. №7. С. 555 – 571.

Сведения об авторах:

Газаев Хаджи-Мурат Мухтарович, и.о. директора, Кабардино-Балкарский государственный высокогорный природный заповедник, 361800, Кабардино-Балкарская республика, Черекский район, пос. Кашхатау, ул. Мечиева, 78; e-mail: kb_zarovednik@rambler.ru

Атабиева Фатима Адраевна, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник, Кабардино-Балкарский государственный высокогорный природный заповедник, 361800, КБР, Черекский район, пос. Кашхатау, ул. Мечиева, 78.

Кучменова Ирина Ибрагимовна, младший научный сотрудник, Кабардино-Балкарский государственный высокогорный природный заповедник, 361800, Кабардино-Балкарская республика, Черекский район, пос. Кашхатау, ул. Мечиева, 78.

Жинжакова Лилия Зуберовна, старший научный сотрудник, Кабардино-Балкарский государственный высокогорный природный заповедник, 361800, Кабардино-Балкарская республика, Черекский район, пос. Кашхатау, ул. Мечиева, 78.