К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ МЕЖЕНИ И ЛЕТНЕГО ПОЛОВОДЬЯ

*Жинжакова Лилия Зуберовна¹,
Чередник Елена Александровна²*

*1 старший научный сотрудник
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
Нальчик*

*2 научный сотрудник
ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
Нальчик*

TO THE QUESTION OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SURFACE WATER IN THE CENTRAL CAUCASUS DURING WINTER BETWEEN AND SUMMER FLOOD

*Zhinzhakova Liliya Zuberovna¹
Cherednik Elena Alexandrovna²*

*1 Senior staff scientist
FGBU «High-Mountain Geophysical Institute»
Nalchik*

*2 Staff scientist
FGBU «High-Mountain Geophysical Institute»
Nalchik*

Аннотация. По многолетним наблюдениям проведена оценка загрязненности рек Центрального Кавказа путем сравнения рассчитанных коэффициентов комплексности загрязнения и удельного комбинаторного индекса загрязненности поверхностных вод, определены классы качества. Использованы результаты химического анализа уровней концентрации микропримесей (Mo, Pb, Zn, V, Ni, Cr, Mn, Ag) и неорганических соединений азота (NO_2^- , NO_3^- и NH_4^+) в водах 13 рек в двух постоянных створах каждого водотока. Представлены результаты расчета показателей загрязненности в водах рек зимней межени и летнего половодья. Выявлены наиболее загрязненные водотоки и повторяемость загрязнения в каждой реке, оцененные по значениям удельного комбинаторного индекса загрязненности воды, коэффициенту комплексности загрязнения, и представлен класс качества воды. Дана оценка наиболее загрязненных водных объектов в период зимней межени и летнего половодья по классификации качества вод. По многолетним наблюдениям представлены особенности водотоков и их отличия по уровню загрязнения.

Abstract. Based on long-term observations, the assessment of the pollution of the rivers of the Central Caucasus was carried out by comparing the calculated coefficients of the complexity of pollution and the specific combinatorial index of pollution of surface waters, and the quality classes were determined. The results of chemical analysis of the concentration levels of trace impurities (Mo, Pb, Zn, V, Ni, Cr, Mn, Ag) and inorganic nitrogen compounds (NO_2^- , NO_3^- and NH_4^+) in the waters of 13 rivers in two permanent sections of each watercourse were used. The results of calculating the indicators of pollution in the waters of rivers of winter low water and summer high water are presented. The most polluted watercourses and the frequency of pollution in each river are identified, estimated by the values of the specific combinatorial index of water pollution, the coefficient of complexity of pollution, and the class of water quality is presented. The assessment of the most polluted water bodies during the winter low-water period and summer flood is given according to the classification of water quality. According to long-term observations, the features of watercourses and their differences in terms of pollution are presented.

Ключевые слова. Реки, концентрация, загрязнение, микропримеси, неорганические соединения азота, индекс загрязнения, зимняя межень, летнее половодье.

Keywords. Rivers, concentration, pollution, trace impurities, inorganic nitrogen compounds, pollution index, winter low-water period, summer flood.

Вводная часть и новизна. В условиях глобального изменения климата происходит смещение сезонов года во времени «зима-лето-осень», изменение температурного режима. Сезонные температурные значения изменяются с высотой водосбора. Например, на высоте более 1000 м увеличение температур составляет больше на 1°C. Это способствует поднятию по высотам снеговых линий и увеличению зимних стоков в реках и уменьшению продолжительности весенних половодий. Резкие колебания температурного режима влекут

изменения в частоте и количестве осадков, усиливая таяние ледников, из которых формируются основные водные артерии республики, оказывают совместное влияние на общий сток рек. В последнее время в Кабардино-Балкарской республике отмечаются сильные половодья, наводнения, сход лавин, наблюдается сброс недостаточно очищенных стоков и загрязненных без очистки сточных вод. Наибольший сброс недостаточно очищенных сточных вод предприятиями осуществляется в реки Урвань, Баксан, Малку, Терек. Резкое снижение качества воды в реках республики обусловлено деятельностью спиртодрожжевых и крахмальных предприятий республики, катастрофической изношенностью очистных сооружений, загрязнением русел и пойм рек бытовыми отходами и отходами сельхозпредприятий. Негативное воздействие на окружающую среду оказывают отходы производства и потребления, количество которых имеет тенденцию к росту. Все перечисленное может привести к разнообразным экологическим последствиям, связанным с эрозийно-аккумулятивными процессами, что будет влиять на изменение химического состава и ухудшение качества речных вод, которые широко используются местным населением в различных целях, а в летний период являются зоной отдыха на берегах рек. Своевременное предупреждение, сохранение водных артерий и наблюдение за, возможно, возникающими экологическими проблемами является одной из важных проблем третьего тысячелетия, когда вода становится одним из ценных дорогих продуктов для жизни человека и всего живого. На основании многолетних наблюдений за содержанием микропримесей и соединений азота в речных водах Центрального Кавказа установлен состав и уровень загрязнения основных водотоков. Анализ содержания приоритетных загрязняющих веществ в водах рек, включая тяжелые металлы (Mo, Pb, Zn, V, Ni, Cr, Mn, Ag) и неорганические соединения азота (NO_2^- , NO_3^- и NH_4^+), проводится в аккредитованной лаборатории Высокогорного геофизического института более 12 лет. Результаты отражают уровни загрязнения речных вод [1-9].

Данные о методике исследования. Отбор проб речных вод проводили в 2 створах в зимнюю межень и летнее половодье [10]. Створ I для каждой реки располагался в предгорно-низкогорной зоне, а створ II - в равнинной. Схема расположения постоянных пунктов наблюдений показана на рисунке 1.

Содержание тяжелых металлов определяли современным чувствительным методом атомно-абсорбционной спектроскопии («МГА-915») [11], неорганических соединений азота с использованием [12-14].

Рисунок 1. Карта-схема пунктов отбора

- верхний створ на реке ледникового происхождения
- верхний створ на реке неледникового происхождения
- нижний створ рек

Информативными оценками, полученными по методу комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям, являются удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды [15].

Измерение концентраций микропримесей (Mo, Pb, Zn, V, Ni, Cr, Mn, Ag) и неорганических соединений азота (NO_2^- , NO_3^- и NH_4^+) проводилось в двух створах (предгорной и равнинной зонах) каждой реки в основные фазы водного режима. Прослежено изменение уровня загрязнения по значениям удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ) и качества вод в одном и том же створе.

На основании данных по многолетним наблюдениям проведена выборка концентраций перечисленных загрязняющих веществ.

Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Чем выше значение индекса, тем хуже качество воды в различных створах (пунктах). Классификация качества воды, проведенная на основании значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязненная; 3-й класс – загрязненная; 4-й класс – грязная; 5-й класс – экстремально грязная. Большей степени загрязненности воды комплексом загрязняющих веществ соответствует больший номер класса.

Диапазон значений УКИЗВ составлял $0,21 \div 3,09$ и $0,49 \div 4,32$ соответственно фазам водного режима в первом створе и во втором створе $0,47 \div 2,41$ в зимнюю межень и $1,14 \div 4,04$ в летнее половодье.

В таблице представлены результаты расчета УКИЗВ и повторяемости загрязнений в двух створах, где I – зимняя межень; II – летнее половодье, коэффициент комплексности (К, %) загрязнения воды 13 рек за период 2005-2014 гг. Коэффициент (К) оценивает комплексность загрязненности вод в каждом створе и является достоверной характеристикой антропогенного воздействия на качество воды поверхностных рек.

Таблица

**Результаты расчета загрязненности микропримесями и неорганическими соединениями азота рек
Центрального Кавказа**

Река	Фаза	К, %			УКИЗВ		Класс качества
		средн	макс	мин	створ 1	створ 2	
Малка	I	6,4	18,2	0	0,26	1,07	1-условно чистая
	II	30,9	72,7	9,1	2,48	3,48	4а-грязная
Терек	I	22,7	45,5	9,1	3,09	1,77	3а-загрязненная
	II	34,5	54,5	9,1	3,72	3,61	3б-очень загрязн.
Баксан	I	10,9	27,3	0	0,74	1,2	2-слабо загрязн.
	II	27,3	54,5	9,1	1,94	2,36	3а-загрязненная
Черек	I	8,2	18,2	0	0,21	1,47	2-слабо загрязн.
	II	21,8	36,4	0	1,69	3,36	3б-очень загрязн.
Чегем	I	1,8	18,2	0	0,62	-	1-условно чист.
	II	11,1	18,2	9,1	1,95	-	2-слабо загрязн.
Ардон	I	1,8	9,1	0	0,45	-	1-условно чист.
	II	9,1	36,4	0	1,93	-	2-слабо загрязн.
Урух	I	2,7	18,2	0	0,48	0,47	1-условно чист.
	II	9,1	36,4	0	0,93	1,36	2-слабо загрязн.
Куркужин	I	17,3	27,3	0	2,35	1,71	3б-очень загрязн.
	II	34,5	45,5	27,3	4,32	4,04	4а-грязная
Урвань	I	18,2	27,3	9,1	1,56	2,16	3а-загрязненная
	II	27,3	45,5	18,2	2,7	3,15	3б-очень загрязн.
Шалушка	I	8,2	27,3	0	0,65	1,24	1-условно чистая
	II	14,5	18,2	0	0,52	2,76	3а-загрязненная

Нальчик	I	0	0	0	0	1,09	1-условно чистая
	II	12,7	36,4	0	2,23	1,14	3а-загрязненная
Подкумок	I	13,6	27,3	0	0,4	2,41	3а-загрязненная
	II	12,7	27,3	0	0,49	1,81	2-слабо загрязн.
Лескен	I	4,5	18,2	0	0,45	0,57	1-условно чист.
	II	5,5	9,1	0	0,67	1,34	2-слабо загрязн.

Уровни загрязнения рек, оцененные по значениям УКИЗВ, в каждом створе и их изменение в зависимости от фазы водного режима представлены на рис 2.

Рисунок 2. Зависимость загрязненности рек от фазы гидрологического режима рек

Анализ значений УКИЗВ показал, что в зимнюю межень воды в исследованных реках квалифицировались «условно чистые» и «слабо загрязненные». Исключение составляли воды р. Куржун, где вода во 2-м створе оценивалась как «загрязненная».

Загрязнение вод во всех реках увеличивалось как за счет роста концентраций микропримесей, так и за счет добавления новых загрязняющих веществ, перевода воды в класс – «грязные», что прослеживается в водах Терека и Куржуна (I створ) в обе фазы водного режима. Во II створе, расположенном в равнинной части территории исследования, в период зимнего отбора были зафиксированы чистые воды рек - Чегем, Ардон, Урух, Лескен. Воды остальных рек относятся к «слабо загрязненным водам».

В летнее половодье отмечалась высокая загрязненность вод рек Малка, Терек, Черек, Куркужин и Урвань, которые оценивались как «грязные».

Отметим, что воды рек Черек, Малка и Баксан во втором створе в период летнего половодья классифицируются как «грязные». Загрязнение Нальчика и Урвани в летний период прослеживается уже в первом створе, что свидетельствует о наличии присущих региону природных примесей, однако за счет самоочищения рек коэффициент загрязненности к устью снижается. В устьевых зонах водами, свободными от вредных микропримесей, можно считать реки Урух, Нальчик, Лескен, к слабо загрязненным водам относятся воды рек Подкумок и Баксан. Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что воды исследуемых рек относятся к водам «слабо загрязненным» и только воды Терека и Куркужина стабильно «грязные».

Сравнительный анализ загрязненности водотоков бассейнов рек в створах 1 и 2 показал, что Урвань, Куркужин и Терек стабильно загрязнены, и загрязнение увеличивается к устью, что, скорее всего, связано с антропогенным влиянием дополнительного количества микропримесей от населенных пунктов.

Источником поступления соединений азота являются смывы бытовых свалок и фермерских хозяйств, промышленные стоки.

При оценке загрязнения речных вод учитывалось превышение уровня концентрации микропримесей над уровнем ПДК [16]. Классификация качества воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделить поверхностные воды на несколько классов в зависимости от степени их загрязненности.

Выводы и рекомендации. Анализ загрязненности рек по УКИЗВ подтвердил результат оценки загрязнения представленных рек, проводимый нами ежегодно путем сравнения уровней концентраций с ПДК и с экологическими классами поверхностных вод суши [17] с учетом числа загрязнителей. Использование расчетного метода позволяет более четко определять класс качества воды. Оценка загрязненности речных вод показала, что воды рек Урух, Ардон, Чегем и Лескен относятся к наиболее благополучным водам. Воды Терека, Куркужина и Урвани можно отнести к стабильно загрязненным водам в I створе, а в период летнего половодья во II створе еще и воды рек Малка, Лескен, Черек. Межгодовая изменчивость содержания компонентов загрязнения для этих рек высокая, т.е. коэффициент вариации >1 . По многолетним наблюдениям выявлены особенности каждого водотока и их отличия по уровню загрязнения.

В связи с изменением климата, связанным с изменением температурного режима, наблюдается выпадение интенсивных осадков, усиливается таяние ледников, отмечается сход снежных лавин, оползней, селевых потоков, что в целом будет влиять на состав общего стока рек. Целесообразно систематически проводить экологический мониторинг представленных рек для выявления степени загрязнения и загрязняющих компонентов, которыми богата республика.

Литература

1. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Реутова Т.В., Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Микропримеси в водах главных рек Центрального Кавказа // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2005. № 2. С.101-108.
2. Воробьева Т.И., Реутова Т.В., Жинжакова Л.З., Гущина Л.П., Чередник Е.А. Влияние паводков на перенос микропримесей основными реками Центрального Кавказа // Труды Всероссийской конференции по селям. 2008. С.221-228.
3. Воробьева Т.И., Реутова Т.В., Жинжакова Л.З., Гущина Л.П., Чередник Е.А. Динамика содержания микропримесей в водных артериях Центрального Кавказа // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Паводковые потоки и водные бассейны: Проблемы регулирования водотоков, безопасность и надежность ГТС, мониторинг водных объектов и защита водоохранных зон. 2007. С.183-192.
4. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Чередник Е.А., Жинжакова Л.З. Вынос токсичных ингредиентов в воды Терека основными реками Центрального Кавказа // Материалы III Международной конференции: Моделирование устойчивого регионального развития. 2009. С.172-177.
5. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Жинжакова Л.З., Реутова Т.В., Чередник Е.А., Машуков Х.Х. Динамика уровней содержания тяжелых металлов и неорганических соединений азота в водах рек Центрального Кавказа // Материалы научной конференции с международным участием: Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод. Ростов-на-Дону. 2010. С. 93-96.
6. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Чередник Е.А., Реутова Т.В., Жинжакова Л.З. Экологическое состояние водных артерий Центрального Кавказа // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Нальчик. 2010. № 1 (33). С.151-157.
7. Воробьева Т.И., Гущина Л.П., Жинжакова Л.З., Реутова Т.В., Чередник Е.А. Исследование содержания токсичных загрязняющих веществ в водах рек Центрального Кавказа // Труды ВГИ. 2013. Вып. 97. С. 103-115.

8. Воробьева Т.И., Реутова Т.В., Гущина Л.П., Жинжакова Л.З., Чередник Е.А. Оценка загрязненности рек Центрального Кавказа // Материалы научной конференции с международным участием: Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Ростов. 2015. С. 200-204.
9. Воробьева Т.И., Жинжакова Л.З., Чередник Е.А., Отарова А.С. Экологическое состояние водных артерий Центрального Кавказа // Коллективная монография. Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: Геология и геофизика Кавказа; Современные вызовы и методы исследований. Владикавказ. 2017. С. 535-542.
10. РД 52.24.353-2012. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. 2012. 27 с.
11. 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 атомно-абсорбционным методом «МГА-915». М., 2013. 36 с.
12. МВИ (ФР.1.31.2005.01738) Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов методом ионной хроматографии. М. 2008. 26 с.
13. МВИ (ФР.1.31.2005.01724) Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов методом ионной хроматографии. М. 2008. 30 с.
14. РД 52.24.367-2010 Руководящий документ. Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ИСЭ. 2010. 21 с.
15. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. - М.: Гидрометиздат. 2002. 49 с.
16. Перечень рыбохозяйственных нормативов ПДК и ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды, водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
17. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 229 с.

Referens

1. Vorobieva T.I., Gushchina L.P., Reutova T.V., Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. Trace impurities in the waters of the main rivers of the Central Caucasus // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2005. No. 2, pp.101-108. (In Russian).
2. Vorobieva T.I., Reutova T.V., Zhinzhakova L.Z., Gushchina L.P., Cherednik E.A. Influence of floods on the transport of trace impurities by the main rivers of the Central Caucasus // Trudy Vserossiyskoy konferentsii po selyam. 2008, pp. 221-228. (In Russian).
3. Vorobieva T.I., Reutova T.V., Zhinzhakova L.Z., Gushchina L.P., Cherednik E.A. Dynamics of the content of trace elements in the waterways of the Central Caucasus // Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Pavodkovyye potoki i vodnyye basseyny: Problemy regulirovaniya vodotokov, bezopasnost' i nadezhnost' GTS, monitoring vodnykh ob"ektov i zashchita vodookhrannykh zon. 2007, pp. 183-192. (In Russian).
4. Vorobieva T.I., Gushchina L.P., Cherednik E.A., Zhinzhakova L.Z. Removal of toxic ingredients into the waters of the Terek by the main rivers of the Central Caucasus // Materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii: Modelirovaniye ustoychivogo regional'nogo razvitiya. 2009, pp. 172-177. (In Russian).
5. Vorobieva T.I., Gushchina L.P., Zhinzhakova L.Z., Reutova T.V., Cherednik E.A., Mashukov Kh.Kh. Dynamics of levels of heavy metals and inorganic nitrogen compounds in the waters of the rivers of the Central Caucasus // Materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem: Sovremennyye problemy gidrokhimii i formirovaniya kachestva vod. Rostov-na-Donu. 2010, pp. 93-96. (In Russian).
6. Vorobieva T.I., Gushchina L.P., Cherednik E.A., Reutova T.V., Zhinzhakova L.Z. Ecological state of waterways of the Central Caucasus // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. Nal'chik. 2010. No. 1 (33), pp.151-157. (In Russian).
7. Vorobieva T.I., Gushchina L.P., Zhinzhakova L.Z., Reutova T.V., Cherednik E.A. Investigation of the content of toxic pollutants in the waters of the rivers of the Central Caucasus // Trudy VGI. 2013. Issue. 97, pp. 103-115.
8. Vorobieva T.I., Reutova T.V., Gushchina L.P., Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A. Assessment of pollution of the rivers of the Central Caucasus // Materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem: Sovremennyye problemy gidrokhimii i monitoringa kachestva poverkhnostnykh vod. Rostov. 2015, pp. 200-204. (In Russian).
9. Vorobieva T.I., Zhinzhakova L.Z., Cherednik E.A., Otarova A.S. Ecological state of waterways of the Central Caucasus // Kollektivnaya monografiya. Geologo-geofizicheskiye issledovaniya glubinnoy stroyeniya Kavkaza: Geologiya i geofizika Kavkaza; Sovremennyye vyzovy i metody issledovaniy. Vladikavkaz. 2017, pp. 535-542. (In Russian).
10. RD 52.24.353-2012. Rekomendatsii. Otbor prob poverkhnostnykh vod sushi i ochishchennykh stochnykh vod. 2012. 27 p. (In Russian).

11. PND F 14.1:2.253-09. Metodika vypolneniya izmereniy massovykh kontsentratsiy Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn v prirodnykh i stochnykh vodakh atomno-absorbtsionnym metodom "MGA-915". M., 2013. 36 p. (In Russian).
12. MVI (FR.1.31.2005.01738) Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii kationov metodom ionnoy khromatografii. M. 2008. 26 p. (In Russian).
13. MVI (FR.1.31.2005.01724) Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii anionov metodom ionnoy khromatografii. M. 2008. 30 p. (In Russian).
14. RD 52.24.367-2010 Rukovodyashchiy dokument. Massovaya kontsentratsiya nitratov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy potentsiometricheskim metodom s ISE. 2010. 21 p. (In Russian).
15. RD 52.24.643-2002. Metodicheskiye ukazaniya. Metod kompleksnoy otsenki stepeni zagryaznennosti poverkhnostnykh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. - M.: Gidrometizdat. 2002. 49 p. (In Russian).
16. Perechen' rybokhozyaystvennykh normativov PDK i oriyentirovochno bezopasnyy uroven' vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody, vodnykh ob'yektov, imeyushchikh rybokhozyaystvennoye znacheniye. M.: VNIRO, 1999. 304 p. (In Russian).
17. Nezhikhovsky R.A. Hydrological and ecological foundations of water management. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 229 p. (In Russian).