

Дж. А. Абдушукуров

Физико-технический институт имени С. У. Умарова Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

З. Н. Салибаева

Центр биотехнологии Таджикского национального университета, Душанбе, Таджикистан

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕК ТАДЖИКИСТАНА ВАРЗОБ И КАФИРНИГАН

Введение. Воды рек различаются по химическому составу. Эти различия связаны с климатической зоной и особенностями местности. На состав воды влияют выпадающие осадки, таяние снегов, половодье и притоки, впадающие в более крупную реку, а также длительное антропогенное воздействие. Для оценки качества воды в водном объекте или в источнике водоснабжения используются физические, химические и санитарно-бактериологические показатели. В воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования Гигиеническими нормативами определены предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, в том числе и для 34 металлов [1].

Реки Варзоб и Кафирниган составляют основу водозабора города Душанбе. Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками не в состоянии дать реальную оценку, складывающуюся в бассейнах этих рек, так как не охвачены мониторингом их притоки, которые во многом определяют качество воды в реках в целом.

В рамках международного эксперимента «Навруз» проводилось изучение качества воды в трансграничных реках Центральной Азии. При выполнении работ были определены физико-химические параметры воды и отобраны образцы для проведения нейтронно-активационного анализа (НАА) состава веществ. Отбор проб воды был произведён практически на всех основных реках Таджикистана. Подготовленные образцы направлялись в Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан (город Улугбек) для проведения НАА. Результаты анализов отсылались в Сандийскую национальную лабораторию США для создания базы данных по состоянию радиационной ситуации и геохимии трансграничных рек Центральной Азии.

Полученная в результате исследований информация стала основой для проведения научных обобщений. Данная работа посвящена результатам обработки и интерпретации физико-химических характеристик рек Варзоб и Кафирниган и содержания в них растворённых солей металлов.

Для измерения основных физико-химических параметров воды в реке Варзоб были выбраны две точки: Варзоб 1 (18 км выше Душанбе) и Варзоб 2 (9 км ниже Душанбе), — а также притоки Сиома, Тагоб, Оби чаппа и Оджук. Река Кафирниган начинается на склоне Гиссарского хребта, где сливаются воды рек Сардаи Миёна и Сорбо. Были выбраны три точки отбора проб на реке Кафирниган, а также на притоках Ханака, Рогова и Елок.

Физико-химические параметры качества воды в этих реках могут характеризовать общее экологическое состояние в бассейнах рек. Знания о чистоте воды этих рек может быть полезно для выявления источников загрязнения. Физико-химические параметры качества воды включают в себя содержание тяжёлых металлов, следы органических соединений, общее количество взвешенных частиц и мутность. Содержание растворённых в водах металлов является очень важным экологическим параметром, напрямую зависящим от геохимических характеристик окружающей среды в бассейне этих рек и степени техногенного загрязнения рек.

Основная часть. Отбор образцов был произведён в период половодья (май—июнь), без учёта метеорологических особенностей. Пробоотбор проводился с соблюдением требований методических указаний [2]. Пробы воды собирались как минимум из пяти точек в рассматриваемом створе, фильтровались и фиксировались азотной кислотой не позднее одного часа после отбора. Одновременно с отбором проб воды прибором «Hydrolab DS-5» (США) производились измерения физико-химических параметров воды [3]. Отобранные образцы вод доставлялись в лабораторию, где производилось упаривание воды при температуре 70°C. Из 5-литрового объёма воды получалась проба, равная 50 мл, т. е. степень обогащения составляла $\frac{1}{100}$. При проведении анализов концентрация металлов пересчитывалась на полный объём воды. Собранные пробы отправлялись для НАА в институт ядерной физики.

Измерения физико-химических параметров воды показали, что воды этих рек являются слабощелочными, значения рН находятся в пределах от 7,50 до 8,14. Наименьшие значения рН соответствуют притокам Кафирнигана — Сарбо и Сардаи Миёна. Самое высокое значение рН соответствует притоку реки Варзоб Оби чаппа — 8,14.

В экологической химии окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) используется для определения степени окисления воды или изменения условий распространения в воде растворённых металлов. В природной воде значение ОВП колеблется от -400 до +700 мВ, что определяется совокупностью происходящих в ней окислительно-восстановительных процессов. Полученные показатели ОВП меняются в зависимости от места отбора образцов и лежат в пределах от +334 до +470 мВ. Наибольшее показание ОВП приходится на точку отбора на реке Елок.

Концентрация растворённого кислорода является важным биохимическим параметром вод. В застойных водах концентрация кислорода сильно уменьшается, в горных реках, в условиях бурного течения, происходит повышенное обогащение кислородом. В статических водных объектах с увеличением глубины водного слоя концентрация кислорода уменьшается вследствие ослабления фотосинтеза, за счёт потребления его на окисление органических веществ и дыхания водных организмов. Минимальная концентрация растворённого кислорода, необходимая для нормального развития рыб, составляет около 5 мг / л, понижение её до 2 мг / л вызывает их массовую гибель. Неблагоприятно и перенасыщение воды кислородом. Проведённые исследования показали, что все горные реки в достаточной степени насыщены кислородом (от 8,1 до 10,8 мг / л). Наибольшая концентрация растворённого кислорода наблюдалась в реке Сиома и составила 10,8 мг / л.

В природных поверхностных водах содержится множество органических веществ, большую часть которых составляют гумусовые вещества, проникающие в воду из почв. Остальная часть органических веществ, растворимых в воде, представляет собой продукты жизнедеятельности организмов. Все они претерпевают различные превращения в водной среде, в то же время являясь своего рода комплексообразующими реагентами, связывающими ионы металлов в комплексы и уменьшающими тем самым токсичность вод.

Концентрация общего состава растворённых в водах веществ находится в пропорциональной зависимости от солей, растворённых в воде, и хорошо согласуются с общим представлением о биогеохимическом составе вод. Наибольшее содержание растворимых веществ (387,6 мг / л) и солей (300 мг / л) приходится на реку Елок. Наименьшее содержание растворимых веществ и, соответственно, солей и органической части приходится на реки Сарбо, Хонако, Сиома и Оджук. Воды реки Варзоб и её притоков являются пресными, со значением минерализации ниже 90 мг / л.

Измеренные параметры удельного сопротивления в водах хорошо согласуются с картиной распределения солей и общего состава растворённых веществ, что, в свою очередь, свидетельствует о правильности произведённых измерений.

В проанализированных пробах были определены соединения 23 элементов: As, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn. Из этих элементов кальций, железо, марганец и натрий относятся к группе макроэлементов, остальные являются микроэлементами.

Нами были обработаны данные о содержании растворённых в воде соединений макроэлементов: натрия, кальция, железа и марганца (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Содержание макроэлементов (мг / л) в водах рек

Река	Ca	Fe	Mn	Na
Сиома	12,79 ± 13	0,086 ± 0,001	0,002 ± 0,0002	1,01 ± 0,1
Тагоб	27,20 ± 3	0,311 ± 0,030	0,011 ± 0,0010	1,52 ± 0,2
Оби чаппа	59,85 ± 6	0,281 ± 0,030	0,005 ± 0,0005	1,62 ± 0,2
Оджук	30,25 ± 3	0,190 ± 0,020	0,003 ± 0,0003	1,34 ± 0,1
Варзоб 1	51,09 ± 5	0,685 ± 0,070	0,012 ± 0,0010	1,22 ± 0,1
Варзоб 2	53,03 ± 5	0,217 ± 0,030	0,008 ± 0,0010	1,34 ± 0,1
Сарбо	28,19 ± 3	0,246 ± 0,030	0,005 ± 0,0005	1,22 ± 0,1
Сардаи Миёна	30,59 ± 3	0,153 ± 0,020	0,004 ± 0,0004	1,04 ± 0,1
Кафирниган 1	56,30 ± 6	0,196 ± 0,020	0,006 ± 0,0010	1,84 ± 0,2
Кафирниган 2	46,67 ± 5	0,211 ± 0,020	0,012 ± 0,0010	5,06 ± 0,5
Елок	143,01 ± 14	0,321 ± 0,030	0,001 ± 0,0001	12,81 ± 1,0
Рогова	38,92 ± 4	0,040 ± 0,040	0,012 ± 0,0020	1,86 ± 0,2
Хонако 1	35,88 ± 4	0,416 ± 0,040	0,010 ± 0,0010	2,87 ± 0,3
Хонако 2	28,39 ± 3	0,326 ± 0,040	0,012 ± 0,0020	1,33 ± 0,1
Кафирниган 3	26,90 ± 3	0,169 ± 0,020	0,009 ± 0,0010	6,58 ± 0,7
ПДК (мг / л)	—	0,3	0,1	200

Содержание макроэлементов в составе воды рек меньше значений соответствующих ПДК, за исключением железа. Наибольшая концентрация железа наблюдается в точке Варзоб 1 и равна 0,685 мг / л; концентрация железа в точке отбора пробы Варзоб 2 соответствует значению 0,217 мг / л. Наименьшая концентрация железа — в реке Рогова (0,04 мг / л).

Выявленные концентрации натрия и кальция в исследуемых водах оказались низкими. Следует отметить, что большую часть растворённого кальция человеческий организм получает именно из воды. Недостаточность кальция сказывается на функции сердечной мышцы и на активности некоторых ферментов, особенно важен кальций для формирования костей.

Методы НАА обладают высокой чувствительностью, они позволяют производить количественный анализ содержания металлов в анализируемых объектах с точностью выше, чем 10^{-10} г / г. Подобная

чувствительность позволяет регистрировать следовые концентрации тяжёлых металлов в объектах. К примеру, концентрация некоторых тяжёлых металлов в пресных водах часто меньше, чем 10^{-9} г/г. К сожалению, НАА не позволяет анализировать все элементы периодической системы. Часть элементов образуют очень короткоживущие изотопы, регистрация которых затруднена из-за аппаратных ограничений. Другая часть элементов либо не образуют радиоактивных изотопов, либо имеют очень малое сечение взаимодействия с нейтронами.

Такие элементы, как Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb и Yb, относятся к группе редкоземельных элементов, и их роль в жизнедеятельности организмов плохо изучена. В своей работе мы не стали рассматривать распространение редкоземельных элементов в водах рек.

По биохимической классификации, более 30 микроэлементов считаются биогенными, т. е. необходимыми для жизнедеятельности животных и человека. В то же время избыточная концентрация микроэлементов (выше ПДК) может стать губительной, ибо среди них присутствуют и токсические, такие, как мышьяк, сурьма, которые пагубно воздействуют на живые организмы [4]. К сожалению, среди микроэлементов неопределёнными в наших исследованиях оказались такие супертокси-каны, как таллий, ртуть, свинец и другие.

Мышьяк преимущественно распространён в реках, берущих начало на южных отрогах Гиссарского хребта. Максимальная концентрация мышьяка зарегистрирована в реке Сарбо и равна 2,81 мкг / л (это всего лишь в три раза меньше, чем ПДК). В нижних течениях концентрация мышьяка падает благодаря разбавлению другими водами и выпадению в осадок. ПДК мышьяка в водах равна 10 мкг / л.

Максимальное содержание бария обнаружено в реке Елок (137,0 мкг / л). Концентрация бария в воде в точке отбора пробы Варзоб 2 соответствует 95,5 мкг / л и превышает почти в три раза содержание бария в точке отбора Варзоб 1. Очевидно, это связано с антропогенной нагрузкой на реку ниже течения, в черте Душанбе.

Наибольшая концентрация сурьмы приходится на приток Варзоба — Оби чаппа (2,27 мкг / л). Наименьшее содержание сурьмы — в реке Рогова; обнаружены лишь следы. ПДК сурьмы в водах равна 5 мкг / л.

Концентрации таких биогенных микроэлементов, как кобальт, хром и цинк, оказались в водах незначительными, намного меньшими, чем соответствующие ПДК. Этот факт, вероятно, необходимо учитывать как дефицит микроэлементов в питании растительного и животного мира.

Очень важным элементом для нашей республики является уран. Его обычно рассматривают совместно с торием. Максимальное содержание урана, равное 15,9 мкг / л, приходится на приток Оби чаппа. ПДК урана в водах равна 100 мкг / л. Повышенная концентрация урана в реках Оби

чаппа и Оджук, притоках Варзоба, связана с Оджукским пегматитовым пятном. Кларковое содержание тория в земной коре выше урана в 3—4 раза, но соединения тория являются труднорастворимыми и содержание тория в растворённом виде в 50—60 раз меньше количества урана. Максимальное содержание тория обнаружено в точке Варзоб 1 (0,27 мкг / л). В остальных водах обнаружены лишь следы этого элемента.

Заключение. Воды реки Варзоб и Кафирниган являются пресными. В проанализированных пробах воды были выявлены соединения 23 элементов. Установлены концентрации растворённых в водах макро- и микроэлементов и выявлены некоторые закономерности их распределения. Концентрации натрия и кальция в исследуемых водах оказались низкими. Горные реки оказались богаты железом. На основании обработанных данных выявлено, что воды в реках Варзоб и Кафирниган чисты, содержание токсичных элементов значительно меньше значений соответствующих ПДК. Лишь в некоторых точках содержание мышьяка и сурьмы меньше ПДК в 2—3 раза.

Из числа биогенных микроэлементов, содержащихся в водах, определены хром, кобальт и цинк. Для проведения эффективной аграрной деятельности необходимо учитывать дефицит этих микроэлементов с учётом содержания их в локальных почвах.

Список цитируемых источников

1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно Гигиеническим нормативам РФ (ГН 2.1.5.1315-03) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php — Дата доступа: 30.08.2014. — Загл. с экрана.
2. Руководство по отбору проб воды и донных отложений на станциях мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря / Среднеазиат. науч.-исследоват. гидрометеорол. ин-т им. В. А. Бугаенко (САНИГМИ). — Ташкент : [б. и.], 2000
3. Hydrolab [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.hachhydromet.com/web/ott_hach.nsf/id/pa_hydrolab.html. — Дата доступа: 01.08.2014. — Загл. с экрана.
4. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын [и др.]. — М. : Медицина, 1991. — 496 с.

Материал поступил в редакцию 01.09.2014.