

Абдушукуров Д.А., Кобулиев З.В., Салибаева З.Н.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПРИТОКАХ РЕКИ АМУДАРЬЯ

D.A. Abdushukurov, Z.B. Kobuliev, Z.N. Salibaeva

INVESTIGATION OF THE COMPOSITION AND WATER QUALITY IN THE TRIBUTARIES OF THE AMU DARYA RIVER

УДК: 556.114:543.3

Проведена обработка и интерпретация ранее полученных данных о физико-химических показателях качества воды в притоках реки Амударья. Приведены данные о содержании общего состава растворенных веществ, солей и органических соединений, а также содержание растворенных в водах макро- и микроэлементов.

Расчетный коэффициент лимитирующей вредности воды для реки Амударья в точке пересечения границы Таджикистана и Узбекистан равен 0,4774.

Ключевые слова: гидрохимия, экология, качество воды, макро- и микроэлементы.

Data processing and interpretation of previously obtained database on the physical and chemical characteristic of water quality in the tributaries of the Amu Darya River was spent. Data content of the total composition of solutes, salts and organic compounds in the waters, as well as dissolved in the water content of macro- and trace-elements.

Estimated coefficient of limiting the water hazard in the Amu Darya River at the crossing of the borders of Tajikistan and Uzbekistan is 0,4774.

Key words: hydrochemistry, ecology, water quality, macro- and trace-elements.

Введение. Амударья является крупнейшей рекой Центральной Азии, протекает по территориям Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана. Ее сток практически полностью формируется на территории Таджикистана (около 80%). По условиям формирования Амударья принадлежит к рекам с ледниково-снеговым питанием и отличается наиболее благоприятным для ирригации внутригодовым распределением стока. В зоне формирования стока, как правило, не наблюдаются существенных антропогенных изменений. Однако строительство крупных плотин и водохранилищ влияет на режим стока в низовьях, а в зоне транзита и рассеяния состав вод меняется в результате взаимодействия с грунтами и водовмещающими породами. Интенсивное развитие орошаемого земледелия приводит к увеличению объемов отбора пресных вод из рек, а затем сброса в реки загрязняющих веществ вместе с возвратными водами. Обладая свойствами растворителя, вода несет в своем составе большое количество различных элементов и соединений, содержание и соотношение которых определяется условиями формирования воды, составом водоносных пород.

Физико-химические параметры воды в Амударье и в ее основных притоках могут характеризовать общее экологическое состояние в бассейнах рек. Знания о чистоте воды на границе Таджикистана может быть полезно для выявления источников

загрязнения Амударьи в сопредельных странах.

Физико-химические показатели качества воды включают в себя: pH, удельную проводимость, растворенный кислород, окислительно-восстановительный потенциал, мутность, общий состав растворенных веществ, минерализацию (количество растворенных в воде солей) и др.

Содержание растворенных в водах металлов является очень важным экологическим параметром, напрямую зависящим от геохимических характеристик окружающей среды в бассейне этих рек и степени техногенного загрязнения рек. Обычно содержание микроэлементов в водах очень мало, зачастую меньше микрограмма на литр (10^{-6} г/л или 10^{-9} г/г). Для анализа столь малых концентраций необходимы высокочувствительные методы анализа и предварительное обогащение образцов. Одним из хорошо зарекомендованных методов анализа является нейтронно-активационный анализ.

В рамках международного эксперимента «НАВРУЗ» проводилось изучение чистоты воды в трансграничных реках Центральной Азии. Эксперимент проводился под эгидой Сандийской национальной лаборатории США [1, 2].

В работе обсуждаются результаты обработки данных физико-химических параметров чистоты воды в низовьях притоков Амударьи: Пяндже, Вахше и Кафирнигане. К сожалению, не удалось отобрать образец воды в самой Амударье после слияния с Кафирниганом, так как точка расположена на территории Узбекистана.

Проведена обработка данных о содержании металлов в растворенной фракции воды, полученных в результате проведения нейтронно-активационного анализа (НАА) в Институте ядерной физики АН Республики Казахстан (ИЯФ АН РК).

Объекты и методы исследований. По условиям проекта «НАВРУЗ» были проведены отборы образцов в основных реках Таджикистана. Отбор образцов был произведен в период половодья (май-июнь месяцы), без учета метеорологических особенностей. Пробоотбор проводился с соблюдением требований Методических указаний [3]. Пробы воды собиралась как минимум из пяти точек в рассматриваемом створе. Пробы воды фильтровались и фиксировались азотной кислотой не позднее одного часа после отбора. Одновременно с отбором проб воды прибором “Hydrolab DS-5”, США [4] производились измерения физико-химических параметров воды (температура, pH, удельная проводимость, общий состав растворенных веществ, соленость, растворенный кислород и окислительно-восстановитель-

ный потенциал). Отобранные образцы вод доставлялись в лабораторию, где производилось упаривание воды при температуре до 85°C. Из 5 литрового объема воды получалась проба равная 50 мл, т.е. степень предварительного обогащения составляла 1/100. При проведении анализов концентрация металлов пересчитывалась на полный объем воды. Собранные пробы отправлялись для НАА в ИЯФ АН РК.

Результаты измерений и обсуждение. Были измерены основные физико-химические характеристики воды - температура, рН, удельная проводимость, общий состав растворенных твердых веществ, соленость, растворенный кислород и окислительно-восстановительный потенциал в низовьях основных притоков Амударьи: реках Пяндж, Вахш и Кафирниган.

Обработанные данные анализов показали, что вода в реках слабощелочная (рН от 7,47 до 7,75), окислительно-восстановительный потенциал, характеризующий биогеохимическую активность воды, слабо меняется в зависимости от места отбора образцов. Содержание кислорода достаточно высоко (от 7,9 до 8,6 мг/л), что характерно для всех рек Таджикистана.

Распределение общего состава растворенных веществ, солей и органических веществ показано на рис.1.

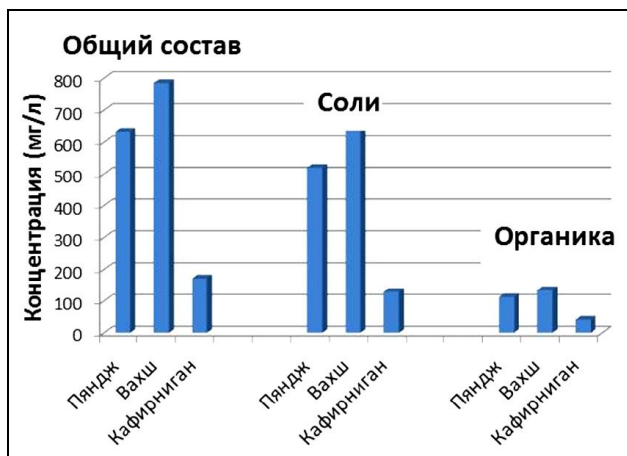


Рис. 1. Физико-химические характеристики воды в низовьях притоков Амударьи.

Вода в двух притоках Амударьи солоноватая. В Вахше (перед слиянием с рекой Пяндж) концентрация солей равна 650 мг/л. Вахшская долина достаточно хорошо освоена в аграрном плане, и дренажные воды, после полива полей, возвращаются в основное русло реки, особенно в период половодья, к тому же один из притоков, р. Явансу, выносит много солей. Немного лучшая ситуация сложилась на р. Пяндж, где концентрация солей в низовьях равна 520 мг/л. Вода в р. Кафирниган является пресной, с концентрацией солей 130 мг/л. По международным стандартам верхняя граница содержания солей в пресных водах равна 500 мг/л [5].

Общее количество растворенных твердых веществ в водах состоит из органических и неорганических субстанций - минеральных веществ, солей, металлов, катионов и анионов, рассредоточенных в объеме воды. Измеренные концентрации общих растворенных веществ в водах достаточно хорошо согласуются с картиной распределения концентраций солей в реках, что свидетельствует о правильности измеренных параметров.

Содержание растворенных в водах металлов является очень важным экологическим параметром, напрямую зависящим от геохимических характеристик окружающей среды в бассейне этих рек и степени техногенного загрязнения рек. Обработка и интерпретация ранее полученных данных элементного анализа позволила выявить распределение растворенных металлов в речных водах. Метод нейтронно-активационного анализа обладает высокой чувствительностью, и позволяет производить количественный анализ содержания металлов в анализируемых объектах с точностью лучше, чем 10^{-10} г/г.

В проанализированных пробах были определены 24 элемента (в алфавитном порядке) As, Au, Ba, Ca, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Se, Sc, Sm, Ta, Th, U, Yb, Zr. Из этих элементов кальций, железо, марганец и натрий относятся к группе макроэлементов, остальные являются микроэлементами.

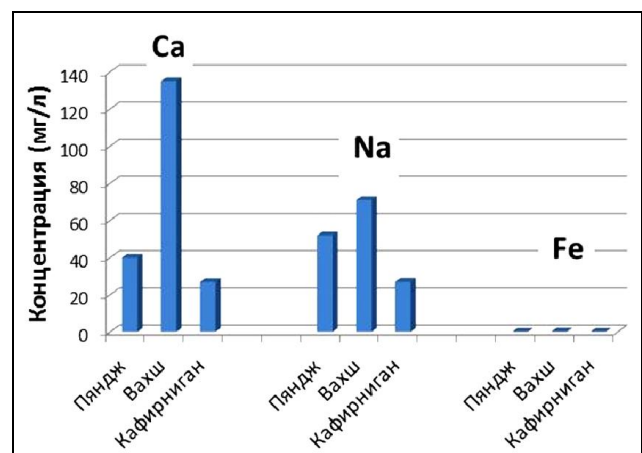


Рис. 2. Распределение концентрации макроэлементов в реках.

Концентрации Ca и Na (рис. 2) оказались высокими в низовьях рек Вахш и Пяндж, что может иметь как природное, так и техногенное происхождение.

Среднее содержание Mn речных водах составило 0,006 мг/л, что значительно ниже ПДК.

На рис. 3 показано распределение концентрации растворенных микроэлементов в водах исследованных рек, из которого видно, что распределение микроэлементов в речных водах не одинаково.

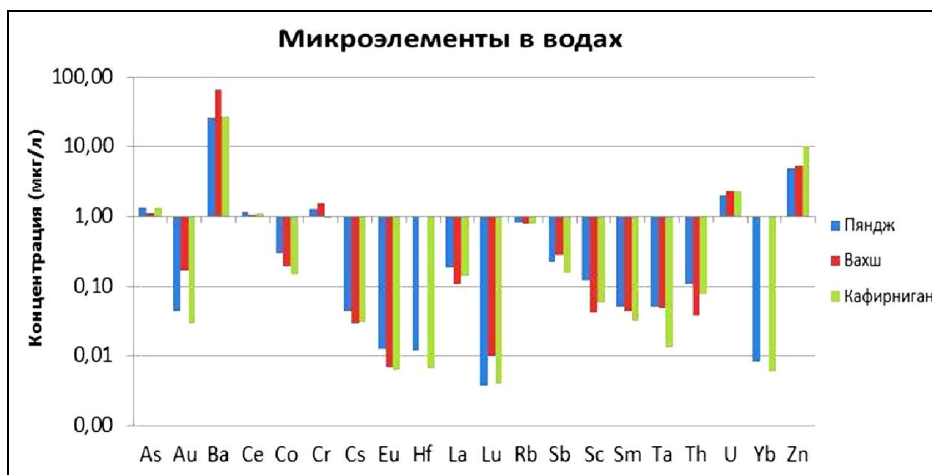


Рис. 3. Распределение концентрации растворенных микроэлементов в водах рек.

Обработка данных исследования показала, что в водах притоков реки Амударьи концентрационный ряд растворенных форм металлов имеет вид:

Ca>Na>>Fe>Ba>Zn>>Mn>U>As>Cr>Rb>Ce>Sb>>Co>Th>Cs>Ta>Sc>Sm>Au>Tb>Eu>Yb>Hf>Lu.

Концентрации выше 1 мкг/л (10^{-9} г/г) зафиксированы для As, Ba, Ce, Cs, U и Zn. Среди микроэлементов присутствуют токсические элементы – As и Sb, которые пагубно воздействуют на все живые организмы. К сожалению, в ходе анализа неопределяемыми элементами оказались такие супертоксиканты, как ртуть, свинец и кадмий. Микроэлементы Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm и Yb относятся к группе редкоземельных элементов и их роль в жизнедеятельности организмов плохо изучена. Данные анализа показали, что концентрации токсичных элементов (As, Sb) ни в одной реке не превышают ПДК. Во всех притоках Амударьи наблюдаются низкие содержания биогенных элементов - Cr, Co, Mn и Zn.

По биохимической классификации к полезным для жизнедеятельности биотопов относятся более 30 микроэлементов, среди которых Br, Cr, Co, Fe, I, Mn, Na, Cu, Mo, Se, Zn [6]. Но в тоже время избыточная концентрация (выше ПДК) даже биогенных микроэлементов может быть токсична для живых организмов. В таблице ниже приведены концентрации микроэлементов в исследуемых реках и нормы ПДК из Гигиенических нормативов РФ (ГН 2.1.5. 1315-03) [7].

Кларки речной воды (среднее содержание химических элементов) дают представление об оптимальном содержании химических элементов. Они могут быть использованы для оценки содержания элементов в природных водах, путем сравнения полу-

Таблица 1 - Концентрации микроэлементов в водах, кларк речной воды и ПДК

	Реки	Концентрация (мкг/л)	Кларк в воде (мкг/л)	ПДК (мкг/л)	Конц./ ПДК	Класс опасности
As	Пяндж	1,33	2	10	0,133	1
	Вахш	1,12			0,112	
	Кафирниган	1,34			0,134	
Ba	Пяндж	26	10	700	0,038	3
	Вахш	65			0,09	
	Кафирниган	28			0,04	
Co	Пяндж	0,29	0,2	100	0,003	2
	Вахш	0,19			0,002	
	Кафирниган	0,15			0,0015	
Cr	Пяндж	1,3	1	50	0,03	3
	Вахш	1,53			0,03	
	Кафирниган	0,94			0,02	
Fe	Пяндж	190	67	300	0,63	3
	Вахш	270			0,9	
	Кафирниган	170			0,57	
Na	Пяндж	52000	6300	200000	0,26	2
	Вахш	70000			0,35	
	Кафирниган	27000			0,135	
Sb	Пяндж	0,22	1	5	0,044	2
	Вахш	0,28			0,056	
	Кафирниган	0,15			0,03	
U	Пяндж	2,02	нд	100	0,02	2
	Вахш	2,32			0,023	
	Кафирниган	2,32			0,023	
Zn	Пяндж	5	20	1000	0,005	3
	Вахш	5,3			0,005	
	Кафирниган	10,5			0,01	

ченных данных анализа с ними. Из приведенной таблицы видно, что содержания Ba, Fe, Na и Sb в составе вод исследуемых рек выше кларка речных вод [8], а концентрация Zn в воде ниже.

Содержание отдельно взятых токсичных элементов не превышают их ПДК, в тоже время наличие токсичных элементов первого и второго класса опасности требуют суммирования воздействия каждого элемента, с этой целью используется лимитирующий показатель вредности воды [7], и учиты-

вается при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ. Так как в водах присутствуют несколько элементов 1 и 2 класса опасности, то сумма отношений фактической концентрации каждого элемента ($C_1, C_2, C_3 \dots$) к их ПДК будет характеризовать степень опасности вод. Элементы 3 класса опасности обычно не учитываются. Для экологически чистых вод сумма отношений не должна превышать единицы.

В водах рек были определен элемент 1 класса опасности As. Ко 2 классу опасности относятся Co, Na, Sb и U.

Сумма отношений концентрации 5 токсичных элементов к их ПДК для элементов 1 и 2 класса опасности $C_i/\text{ПДК}_i$ для реки Пяндж равна 0,46, для реки Вахш равна 0,543 и реки Кафирниган равна 0,3235. Следует учитывать, что некоторые из токсичных элементов оказались неопределяемыми для наших анализов, и при их более полном учете лимитирующий показатель вредности воды увеличится. Наиболее чистая вода оказалась в р. Кафирниган.

К сожалению, в процессе работы не удалось отобрать образцы из Амударьи после слияния с рекой Кафирниган, так как точка отбора находится на границе с Афганистаном и Узбекистаном.

Модельный расчет лимитирующего показателя вредности воды для Амударьи в точке пересечения границы Таджикистана и Узбекистана может быть произведен по формуле:

$$\sum_{i=1}^5 \frac{C_i(\text{ПДК}_i)}{\text{ПДК}_i} K_1 + \sum_{i=1}^5 \frac{C_i(\text{ПДК}_i)}{\text{ПДК}_i} K_2 + \sum_{i=1}^5 \frac{C_i(\text{ПДК}_i)}{\text{ПДК}_i} K_3$$

где, C_i - концентрация отдельно взятого элемента и его ПДК_i. Коэффициенты K_1, K_2 и K_3 соответственно вклад рек Пяндж, Вахш и Кафирниган в водный баланс Амударьи. Река Пяндж имеет среднегодовой расход воды 1032 м³/с, Вахш 660 м³/с и Кафирниган 166 м³/с [9]. Каждая река вносит вклад в водный баланс Амударьи в объеме Пяндж $K_1=0,555$, Вахш $K_2=0,356$ и Кафирниган $K_3=0,089$. Расчетный коэффициент лимитирующей вредности воды для реки Амударьи в точке пересечения границы Таджикистана и Узбекистан равен 0,4774, и воду в реке можно считать чистой.

Таким же образом подсчитано количество солей в Амударье. Количество солей, выносимые притоками равно Пяндж 520 мг/л, Вахш - 650 мг/л и Кафирниган - 130 мг/л. С учетом водного баланса Амударьи получается следующее значение - 518,7 мг/л. Такое количество солей находится на границе пресных и солоноватых вод.

Заключение. Проведена работа по обработке и интерпретации ранее полученных данных о чистоте воды в основных притоках Амударьи. Измерения физико-химических параметров воды показали, что воды в реках Пяндж и Вахш являются с повышенной минерализацией, концентрация солей больше 500

мг/л. Вода в реке Кафирниган является пресной (130 мг/л).

В ходе проведения нейтронно-активационного анализа образцов воды и водного фильтрата на реакторе Института ядерной физики АН РК были определены содержания 24 микроэлементов. Обработка данных исследования показала, что в водах притоков реки Амударьи концентрационный ряд растворенных форм металлов имеет вид: Ca>Na>>Fe>Ba>Zn>>Mn>U>As>Cr>Rb>Ce>Sb>>Co>Th>Cs>Ta>Sc>Sm> Au>Tb>Eu>Yb>Hf>Lu.

В водах рек были определены следующие элементы 1 класса опасности As и 2 класса опасности Co, Na, Sb и U.

Сумма отношений концентрации 5 токсичных элементов к их ПДК для элементов 1 и 2 класса опасности $C_i/\text{ПДК}_i$ для реки Пяндж равна 0,46, для реки Вахш равна 0,543 и реки Кафирниган равна 0,3235. Следует учитывать, что некоторые из токсичных элементов оказались неопределяемыми для наших анализов, и при их более полном учете лимитирующий показатель вредности воды увеличится. Наиболее чистая вода оказалась в реке Кафирниган.

Расчетный коэффициент лимитирующей вредности воды для реки Амударьи в точке пересечения границы Таджикистана и Узбекистан равен 0,4774, и воду в реке можно считать чистой.

В работе были использованы накопленные в ходе выполнения эксперимента «НАВРУЗ» данные. Авторы признательны Сандийской национальной лаборатории США за руководство работой, финансовую поддержку и предоставленную базу данных. Пробоотбор и пробоподготовка были проведены под руководством Джураева Акрама Ахматовича (1942-2010), выполнены Исламовым Анваром (1947-2009), Бурхановым Октамом (1949-2011). Авторы признательны сотрудникам Физико-технического института Бободжанову Иному, Давлатшоеву Тавалло и Низаметдиновой Зухре за участие в работах по проектам. Авторы также выражают особую благодарность сотрудникам Института ядерной физики Академии Наук Республики Казахстана за проведенный нейтронно-активационный анализ отобранных образцов.

Литература:

1. B.S. Yuldashev, Radioecological monitoring of Trans boundary Rivers of the Central Asian Region / B.S. Yuldashev, U.S. Salikhbaev, A.A. Kist [et al.] // J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2005. - V. 263, № 1 - P. 219-228.
2. D.S. Barber, Radioecological Situation in river Basins of Central Asia, Syrdaria and Amudaria According to the Results of the international project “NAVRUZ” / D.S. Barber, B.S. Yuldashev, K.R. Radyrkhanov [et al.] // NATO Science Series IV. – 2003. - V. 33, - P. 39 – 51.
3. Руководство по отбору проб воды и донных отложений на станциях мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря / Ташкент: САНИГМИ. - 2000. - 45 с.
4. Hydrolab. [Электронный ресурс] http://www.hachhydromet.com/web/ott_hach.nsf/id/pa_hydrolab.html

5. Солоноватая вода. [Электронный ресурс] http://ru.wikipedia.org/wiki/Солоноватая_вода
6. Биологически значимые элементы. [Электронный ресурс] <http://ru.wikipedia.org>
7. 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] http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/_data_normativ/_41/41363/index.php
8. Н.К. Чертко, Э.Н. Чертко. Геохимия и экология химических элементов, Минск, Издательский центр БГУ, 2008. - с.137
9. Шульц В. Л., Реки Средней Азии, 2 изд., ч. 1-2, Л., 1965 [Электронный ресурс] http://enc-dic.com/enc_sovet/Amudarja-68824.html

Рецензент: д.с/х.н., профессор Пулатов Я.
