

Секция 2

Водные ресурсы Центральной Азии в условиях изменения климата

Д. А. АБДУШУКУРОВ, З. В. КОБУЛИЕВ, З. Н. САЛИБАЕВА

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии
Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

ГИДРОГЕОХИМИЯ ОСНОВНЫХ РЕК ТАДЖИКИСТАНА

Приведены результаты расчетов лимитирующего показателя вредности воды для 35 точек отбора проб на основных реках Таджикистана. Показано, что вода во всех горных реках чиста. На севере страны практически все реки загрязнены. Загрязнения вызваны антропогенными факторами.

Results of calculations of the limiting health hazard indicator of water for 35 sampling points on the main rivers of Tajikistan were given. It is shown that the water in all mountain rivers of Tajikistan's is clean. In the north of Tajikistan, almost all the rivers are polluted. Pollution caused by anthropogenic factors.

Введение. Среди наиболее опасных загрязнителей являются растворенные в воде металлы. При простой водоочистке вода обычно отстаивается, что позволяет резко уменьшить количество суспензий, соответственно взвешенных металлов. Далее вода хлорируется, что позволяет очистить ее от присутствующих в ней микроорганизмов, вирусов и других патогенов. В то же время для уменьшения растворенной фракции металлов необходимы сложные физико-химические методы очистки, которые обычно недоступны в сельской местности.

Гигиеническими нормами (ГН 2.1.5.1315-03, РФ) определены предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, в том числе металлов, в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [1]. В ГН регламентированы предельно допустимые концентрации химических веществ, включая металлы, в воде и указан класс их опасности. При наличии в водах нескольких металлов используется лимитирующий показатель вредности вод (ЛПВВ), представляющий собой сумму отношения концентрации металлов к их ПДК для нескольких металлов [1].

Работа посвящена результатам обработки базы данных по гидрогеохимии воды, а именно содержания металлов в растворенной фракции вод, отобранных в 35 точках на основных реках Таджикистана, анализу полученных данных, расчету лимитирующего показателя вредности вод и определению экологически опасных рек.

Методы исследований. Ученые Таджикистана наряду с учеными Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана принимали участие в большом международном эксперименте «Навруз». Эксперимент проводился под эгидой Сандийской национальной лаборатории США. Основной целью эксперимента являлось изучение чистоты трансграничных рек Центральной Азии и влияния атомной промышленности бывшего СССР на экологию речных бассейнов региона.

В ходе эксперимента осуществлялся отбор образцов почв, донных осадков и воды. Пробы воды отбирались в 35 точках, практически на всех основных реках Таджикистана. На 15 точках пробоотбор производился дважды в год: осенью и весной, на протяжении 5 лет, а на остальных точках отбор осуществлялся эпизодически в разные периоды. В своих исследованиях мы постарались обработать все точки, пробоотбор на которых был в один (весенний) сезон. К сожалению, в низовьях Зеравшана пробоотбор был проведен только один раз в межень. В осеннее время в реке возрастает доля подземного питания и соответственно количество растворенных в воде металлов. Если элементный состав донных отложений и прилегающих почв мало зависит

от сезона отбора проб, то элементный состав образцов воды сильно зависит от сезона отбора. К сожалению, мы занимались лишь обработкой имеющихся данных и не могли повлиять на процесс отбора образцов.

Список точек и их географические координаты приведены в таблице 1 и указаны на рисунке 1. Точки отбора были выбраны практически на всех основных реках, протекающих в бассейнах рек Амударья и Сырдарья [2].

Таблица 1 – Географические координаты точек отбора образцов

№	Шифр	Реки	Расположение точек отбора	Широта	Долгота
1	TJ-25	Сиома	Приток Варзоб	38,9683	68,7596
2	TJ-28	Тагоб	Приток Варзоб	38,8471	68,8485
3	TJ-29	Оби чаппа	Приток Варзоб	38,7899	68,8267
4	TJ-30	Оджук	Приток Варзоб	38,7532	68,8154
5	TJ-01	Варзоб 1	18 км выше Душанбе	38,7112	68,7920
6	TJ-02	Варзоб 2	9 км ниже Душанбе	38,5247	68,7718
7	TJ-67	Сарбо	1 км от слияния с СардаиМиена, приток Кафирниган	38,7276	69,3270
8	TJ-66	Сардаи Миена	1 км от слияния с Сорбо, приток Кафирниган	38,7286	69,3220
9	TJ-03	Кафирниган 1	1 км выше слияния с Варзобом	38,4935	68,7847
10	TJ-04	Кафирниган 2	3 км ниже слияния с Елоком	38,4569	68,7364
11	TJ-05	Кафирниган 3	Железнодорожный мост Шартуз	37,2513	68,1526
12	TJ-06	Елок	1 км выше слияния с Кафирниганом	38,4790	68,7867
13	TJ-08	Вахш 1	Поселок Чорсада	38,4876	69,52232
14	TJ-07	Вахш 2	Железнодорожный мост Джиликуль	37,5532	68,5271
15	TJ-09	Гунт	Окраина (выход) Хорога	37,4898	71,5330
16	TJ-10	Пяндж 1	Мост поселка Тем	37,5374	71,4971
17	TJ-11	Пяндж 2	Мост поселка Нижний Пяндж	37,1975	68,6097
18	TJ-31	Сырдарья 1	К. Булок	40,5556	70,5430
19	TJ-13	Сырдарья 2	Западная окраина Ходжента	40,2908	69,6200
20	TJ-14	Исфара 1	Граница с Кыргызстаном	39,8587	70,5432
21	TJ-15	Исфара 2	Поселок Работ (до Ферганского канала)	40,3120	70,5572
22	TJ-68	Сабурган	Приток Каратаг	38,6833	68,3734
23	TJ-69	Каратаг 1	500 м от слияния с Сабургун	38,6847	68,3677
24	TJ-58	Каратаг 2	Кишлак Батош	38,5807	68,3230
25	TJ-70	Рогова	Приток Хонако	38,6498	68,5726
26	TJ-71	Хонако 1	1 км от слияния с Рогова, кишлак Дутака	38,6515	68,5768
27	TJ-59	Хонако 2	Кишлак Хирманак	38,5815	68,5559
28	TJ-74	Шахристан 1	Начало перевала Шахристан, со стороны Шахристана	39,5664	68,5919
29	TJ-72	Шахристан 2	Начало перевала Шахристан, со стороны Шахристана	39,5754	68,5951
30	TJ-73	Шахристан 3	Начало перевала Шахристан, со стороны Шахристана	39,5763	68,5785
31	TJ-75	Шахристан 4	Конец перевала Шахристан, со стороны Айни	39,4586	68,5464
32	TJ80	Обурдон	Приток Зеравшана (Матча)	39,4127	69,0921
33	TJ89	Томин	Приток Зеравшана (Матча)	39,3867	68,6448
34	TJ45	Магиян	Приток Зеравшана	39,4896	67,7174
35	TJ44	Зеравшан	Граница с Узбекистаном	39,4993	67,5183
<i>Примечание.</i> Указаны: шифр точек отбора, реки или населенные пункты, расположение точек отбора и их географические координаты по GPS.					

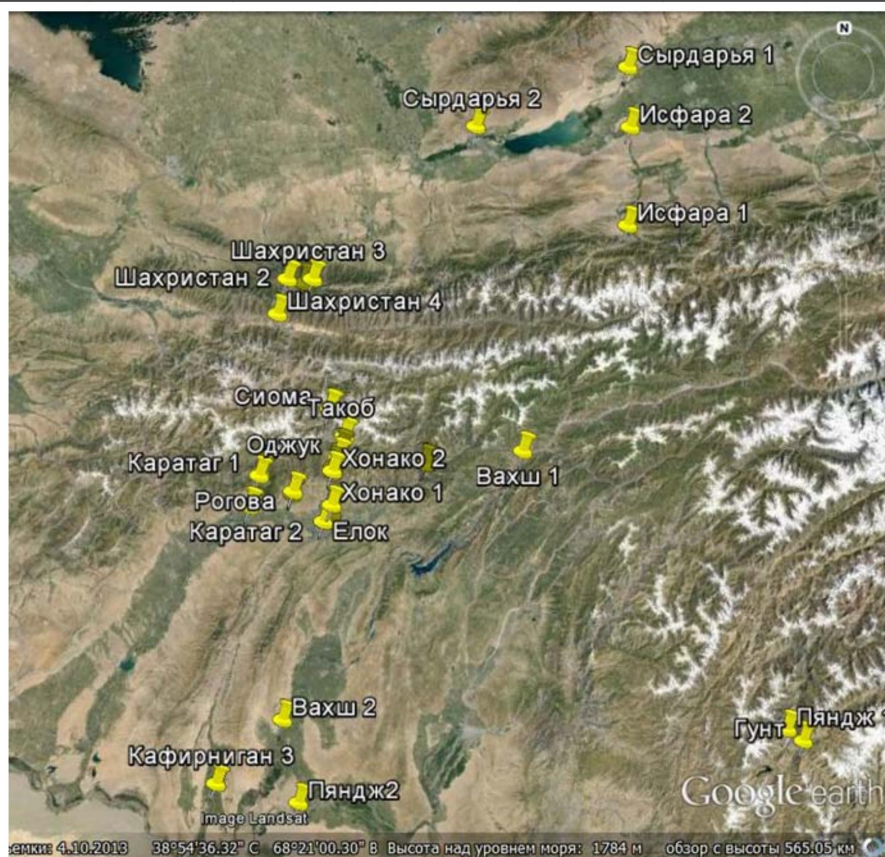


Рисунок 1 – Карта-схема точек отбора образцов [3]

Для определения элементного состава подготовленные пробы направлялись для проведения нейтронно-активационного анализа (НАА) в Институт ядерной физики Республики Узбекистана (ИЯФ РУ) и 10% образцов – в Институт ядерной физики Республики Казахстан (ИЯФ РК). Результаты анализов собирались в Сандийской национальной лаборатории США.

В ходе проведения анализов в ИЯФ РУ в образцах воды были определены концентрации 22 элементов: As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb и Zn. В ИЯФ РК определили 30 элементов в дополнении к перечисленным: Br, Mo, Nd, Ni, Se, Sr, Ta и Zr. Такие элементы, как Ca, Fe, Mn и Na, относятся к классу макроэлементов, остальные – к микроэлементам [4].

Обсуждение полученных результатов. В отобранных образцах были измерены концентрации растворенных в водах металлов. Среди измеренных металлов были обнаружены металлы 1 класса опасности As и 2 класса опасности Ba, Co, Mo, Na, Ni, Sb, Sr, Se и U.

При наличии в водах нескольких металлов 1 и 2 класса опасности пользуются лимитирующим показателем вредности воды. ЛПВВ рассчитывается как сумма отношений концентрации металлов к их ПДК и рассчитывается по формуле

$$ЛПВВ = \sum_{i=1}^j C_i / ПДК_i \leq 1,$$

где C_i – концентрация i элемента и их ПДК для вод водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Количество определяемых элементов (j) равно 6 для анализов, проведенных на НАА РУ и 10 для НАА КЗ. Для чистых вод показатель ЛПВВ должен быть меньше или равен единице.

К сожалению, только для Сырдарьи были определены 10 токсикантов, для остальных рек – 6. Это было связано с разными возможностями аналитических лабораторий. Значение показателя ЛПВВ оказались больше единицы всего для 4 точек отбора, это Сырдарья на входе в Таджикистан и на выходе, в низовьях Исфары и Зеравшана (рисунок 2).

Таблица 2 – Отношение концентрации элементов 1 и 2 класса опасности к их ПДК
и сумма этих отношений (ЛПВВ) для рек Таджикистана

Реки	As	Ba	Co	Na	Ni	Sb	Sr	Se	U	Сумма
Сиома	0,278	0,003	0,003	0,005	нд	0,06	нд	нд	0,032	0,38
Тагоб	0,060	0,031	0,001	0,008	нд	0,112	нд	нд	0,024	0,24
Оби Чаппа	0,183	0,003	0,002	0,008	нд	0,454	нд	нд	0,159	0,8
Оджук	0,061	нд	0,001	0,007	нд	0,030	нд	нд	0,132	0,23
Варзоб 1	0,178	0,052	0,002	0,006	нд	0,032	нд	нд	0,037	0,31
Варзоб 2	0,171	0,136	0,002	0,007	нд	0,056	нд	нд	0,038	0,41
Сарбо	0,281	0,041	0,003	0,006	нд	0,028	нд	нд	0,018	0,37
Сардаи Миёна	0,141	0,031	0,001	0,005	нд	0,056	нд	нд	0,015	0,25
Кафирниган 1	0,208	0,059	0,002	0,009	нд	0,052	нд	нд	0,031	0,36
Кафирниган 2	0,157	0,063	0,002	0,025	нд	0,044	нд	нд	0,026	0,32
Кафирниган 3	0,134	0,008	0,001	0,135	нд	0,376	нд	нд	0,018	0,67
Елок	0,071	0,196	0,001	0,064	нд	0,030	нд	нд	0,023	0,38
Вахш 1	0,065	0,070	0,001	0,065	нд	0,044	нд	нд	0,010	0,26
Вахш 2	0,112	0,117	0,001	0,350	нд	0,056	нд	нд	0,023	0,66
Гунт	0,062	0,013	0,001	0,033	нд	0,014	нд	нд	0,048	0,17
Пяндж 1	0,081	0,025	0,001	0,027	нд	0,034	нд	нд	0,043	0,21
Пяндж 2	0,133	0,052	0,001	0,261	нд	0,044	нд	нд	0,020	0,51
Сырдарья 1	0,163	0,038	0,002	0,583	0,004	0,068	0,37	0,213	0,201	1,74
Сырдарья 2	0,135	0,123	0,001	0,404	нд	0,050	0,34	0,17	0,193	1,48
Исфара 1	0,029	0,068	0,000	0,019	нд	0,024	нд	нд	0,020	0,16
Исфара 2	0,074	0,077	0,001	0,397	нд	0,060	нд	0,520	0,114	1,25
Сабурган	0,026	0,060	0,000	0,014	нд	0,034	нд	нд	0,005	0,14
Каратаг1	0,023	0,024	0,000	0,006	нд	0,010	нд	нд	0,015	0,08
Каратаг 2	0,047	0,023	0,000	0,014	нд	0,024	нд	нд	0,019	0,13
Рогова	0,077	0,032	0,001	0,009	нд	0,006	нд	нд	0,011	0,14
Хонако 1	0,066	0,042	0,001	0,007	нд	0,020	нд	нд	0,015	0,15
Хонако 2	0,094	0,027	0,001	0,014	нд	0,012	нд	нд	0,017	0,17
Шахристан 1	0,030	0,008	0,000	0,012	нд	0,026	нд	нд	0,005	0,09
Шахристан 2	нд	0,049	0,000	0,013	нд	0,028	нд	нд	0,005	0,1
Шахристан 3	0,050	0,021	0,001	0,012	нд	0,014	нд	нд	0,004	0,1
Шахристан 4	0,043	0,013	0,000	0,000	нд	0,236	нд	нд	0,001	0,3
Обурдон	0,007	0,008	0,000	0,003	нд	0,013	нд	нд	0,003	0,03
Томин	0,054	0,068	0,001	0,004	нд	0,042	нд	нд	0,010	0,19
Магиян	0,394	0,163	0,004	0,004	нд	0,220	нд	нд	0,016	0,8
Зеравшан	0,096	0,013	0,001	0,006	нд	2,060	нд	нд	0,011	2,19
<i>Примечание.</i> нд – нет данных.										



Рисунок 2 – Лимитирующий показатель вредности вод для рек Таджикистана

Сырдарья является для Таджикистана транзитной рекой и протекает по его территории всего примерно 150 км. Было отмечено, что значение ЛПВВ на входе в республику выше, чем на ее выходе, и это связано с положительным влиянием на чистоту воды в реке Кайракумского водохранилища. Крупные водохранилища положительно влияют на чистоту воды в реках, взвешенные вещества практически полностью выпадают в осадок. В то же время в условиях статического состояния воды в водохранилищах протекают разнообразные биохимические и геохимические реакции, что приводит к выпадению в осадок тяжелых металлов [5].

Столь значительное загрязнение воды в низовьях Зеравшана носит антропогенный характер. В основном загрязнение обусловлено наличием сурьмы, растворенной в воде. В притоке Зеравшана на реке Ягноб расположен Горно-обоганительный комбинат (ГОК) по производству сурьмянно-ртутных концентратов. На комбинате произошла авария, вследствие чего был прорван шламопровод, и значительная часть отходов комбината попала в воду реки. Несмотря на значительное удаление ГОКа от точки отбора образцов (150 км), концентрация сурьмы в водах Зеравшана оказалась велика (более 2 ПДК). На рисунке 3 показано распределение сурьмы, растворенной в воде, в притоках реки Зеравшан. К сожалению, в притоках Ягноб и Фондарья, на которых расположен ГОК, пробоотбор не производился [6, 7].

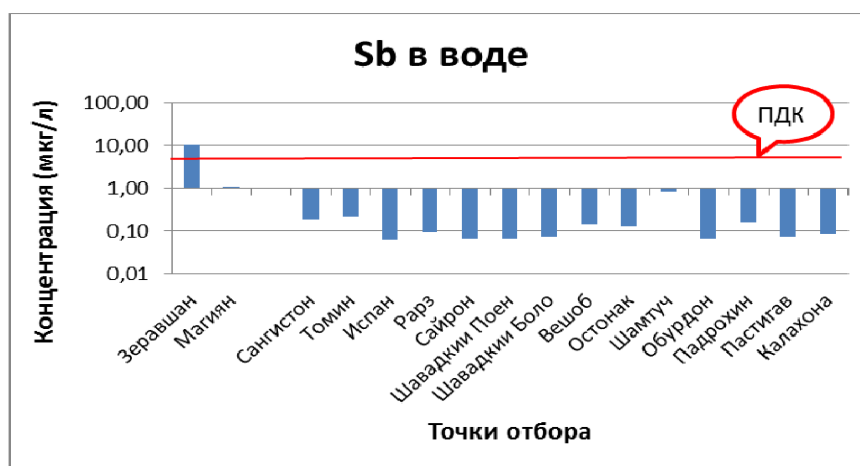


Рисунок 3 – Распределение сурьмы в растворенной воде притоков Зеравшана

Подобная картина наблюдается и для донных отложений, где была выявлена геохимическая аномалия с отношением концентрация/кларк (КК) = 154. Столь большая концентрации сурьмы могла образоваться только техногенным путем, при сбросе отходов флотации в реку на Анзобском ГОКе.

Во всех точках отбора как в донных отложениях, так и в почвах наблюдается многократное завышение содержание сурьмы над кларковыми значениями (0,2 мкг/г). На представленных картинах резко выделяется точка Зеравшан (рисунок 4). В донных отложениях сурьмы значительно больше, чем в почвах.



Рисунок 4 – Распределение сурьмы в донных отложениях притоков Зеравшана

Заключение. Вода оказалась загрязнена также и в низовьях Исфары на границе с Узбекистаном, ЛПВВ больше 1. В основном загрязнение обусловлено наличием Na, Se и U. Вода в низовьях солоновата, что объясняется влиянием дренажных вод с сельхозполей. Также наблюдается повышенная концентрация селена и урана.

В своих работах по геохимии Кайракумского водохранилища [8, 9] мы сталкивались с повышенной концентрацией селена в образцах почв и донных отложений. Скорее всего, на севере Согдийской области повсеместно высока концентрация селена, что необходимо учитывать при проведении сельхозработ.

В целом воды в горных реках Таджикистана чисты. Концентрация растворенных металлов увеличивается по мере продвижения к устьям рек. Разница в значениях ЛПВВ обусловлена в основном геологическими и геохимическими особенностями бассейнов рек. Загрязненными являются реки Согдийской области, в бассейнах которых расположены горнодобывающие и перерабатывающие предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

- [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
- [2] Абдушукуров Д.А. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана / Д.А. Абдушукуров, З.Н. Салибаева. – Изд-во «Ламберт», 2014. – С. 1-130.
- [3] Googleearth. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://googleearth.com>
- [4] Passell H. The Navruz Project: Transboundary monitoring for radionuclides and metals in Central Asian rivers / D. Barber, D. Betsill, A. Littlefield, R. Matthews, A. Mohagheghi, S. Shanks, C. Yuldashev, U. Salikhbaev, R. Radyuk, A. A. Djuraev, An. A. Djuraev, I. Vasiliev, B. Tolongutov, V. Alekhina, V. Solodukhin, V. Pozniak // SAND Report. – 2003.
- [5] Абдушукуров Д.А. Влияние Кайракумского водохранилища на физико-химические параметры воды в р. Сырдарье / Д.А. Абдушукуров, Х. Пасселл, З.Н. Салибаева // Вода: химия и экология. – М., 2014. – № 8. – С. 10-16.
- [6] Абдушукуров Д.А. Гидрохимия верховий реки Зеравшан. Ч. 1. Тяжелые металлы, растворенные в воде / Д.А. Абдушукуров, З.В. Кобулиев, Б. Мамадалиев // Вестник Таджикского Национального университета. Серия естественных наук. – 2015. – № 1/5, 188. – С. 210-216.
- [7] Абдушукуров Д.А. Гидрохимия верховий реки Зеравшан. Ч. 2. Геохимия донных отложений и прилегающих почв / Д.А. Абдушукуров, З.В. Кобулиев, Б. Мамадалиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2015. – № 1/5, 188. – С. 283-288.
- [8] Абдушукуров Д.А. Геохимические аспекты экологии Кайракумского водохранилища / Д.А. Абдушукуров, А.А. Джумаев, Х. Пасселл. – Изд-во «Ламберт», 2014. – С. 1-105.
- [9] Abdushukurov D.A. Geochemistry of the Kayrakum reservoir on Central Asia's Syr Darya / D.A. Abdushukurov, H.D. Passell, T.T. Vandergraaf. – Academic Publishing "Lambert", 2014. – P. 1-90.