

УДК 627.157(282.255.11)

РЕКА ИСФАРА: ГИДРОХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Д.А. Абдушукуров, З.В. Кобулиев, Б. Мамадалиев, В.Е. Минаев

Приведена информация о гидрогеохимии вод, геохимии донных отложений, прилегающих почв и экологии реки Исфара, левобережного притока Сырдарьи.

Ключевые слова: гидрохимия; геохимия; макро- и микроэлементы; лимитирующий показатель вредности воды.

ISFARA RIVER: HYDROCHEMISTRY AND ECOLOGY

D.A. Abdushukurov, Z.V. Kobuliev, B. Mamadaliev, V.E. Minaev

The paper describes information about hydrochemistry of the water, geochemistry of bottom sediment, adjacent soils and ecology of the Isfara River, the left-bank tributary of the Syr Darya.

Keywords: hydrochemistry; geochemistry; macro and trace elements; limiting health hazard indicator of waters.

Реки и их донные отложения несут информацию обо всех геологических, геохимических и антропогенных процессах, происходящих в их бассейнах. Географически, будучи самыми низшими точками в горных долинах, они собирают в себя все поверхностные воды. Поверхностные воды, особенно в половодье, омывают огромные территории земли, смывая на своем пути разнообразные вещества. Вещества транспортируются водой в растворенном или во взвешенном (в виде суспензий) состоянии. Основная часть осадков перемещается механически, в виде илов, песков и камней, смываемых вешними (паводковыми) водами. Вследствие гео- и биохимических процессов с растворенными и взвешенными веществами в воде по мере их продвижения по рекам с ними происходят различные взаимодействия и седиментация.

Если рудные тела имеют выход на земную поверхность, то их минералы могут быть обнаружены в составе донных осадков и суспензий. Если рудные тела залегают глубоко под землей, то их следы могут быть обнаружены в составе растворенной фракции вод, при условии наличия подземных вод.

Левобережный приток Сырдарьи – река Исфара. Её воды в настоящее время не достигают Сырдарьи и полностью разбираются на ирригационные нужды. Длина реки равна 130 км [1], площадь бассейна составляет 3240 км². Питание реки, в основном, снеговое и ледниковое.

Среднегодовой расход воды близ посёлка Ташкурбан составляет 14,5 м³/с. 85–90 % стока при-

ходится на половодье, которое охватывает период с мая по сентябрь [1]. В июле среднемесячный расход воды достигает 43,6 м³/с. На март–апрель приходится маловодный период (межень), когда среднемесячный расход воды снижается до 3,5–4,0 м³/с [1].

Исфара относится к категории наиболее североопасных рек. Средний расход наносов в ней составляет 12 кг/с. В среднем за год Исфара выносит в Ферганскую долину 290 тонн ила [1]. В бассейне реки находятся крупные промышленные предприятия: гидрометаллургический, химический комбинаты и цементный завод. Земли хорошо освоены в аграрном плане.

Работа посвящена обработке базы данных по геохимии Исфары и интерпретации полученных результатов.

Методы анализа. В рамках международного эксперимента «Навруз» на реке Исфара были выбраны две точки отбора образцов. Одна точка в горной части на выходе из анклава Ворух, вторая – вблизи устья реки в кишлаке Рабат. Точки отбора указаны на геологической карте (рисунок 1) [2].

В долинной части река Исфара протекает преимущественно по территории, покрытой молодыми четвертичными отложениями, которые небогаты тяжелыми металлами. Иная картина складывается в горной части, где наблюдаются пегматитовые пятна, дайки и интрузии.

В точках отбора были собраны образцы растворенной фракции вод, водных суспензий, донных осадков и прилегающих почв. Параллельно

с отбором проб проводилось изучение физико-химических характеристик проб при помощи прибора “Hydrolab” (США).

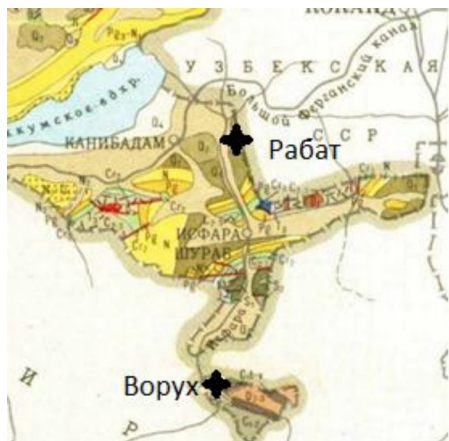


Рисунок 1 – Геологическая карта бассейна реки Исфара, звездочками указаны точки отбора образцов

Отобранные образцы направляли для нейтронно-активационного анализа (НАА) в Институт ядерной физики г. Ташкента и Институт ядерной физики Ядерного национального центра г. Алматы. В Алматы проводили также рентгено-флуоресцентный анализ (РФА) донных отложений и почв. Оба метода дополняют друг друга и вместе позволяют проводить анализ 38 элементов. Проведен анализ макроэлементов (в алфавитном порядке): Ca, Fe, K, Mn, Na, Ti и микроэлементов: As, Au, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Ga, Hf, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Rb, Sb, Se, Sr, Sc, Sm, Ta, Th, U, V, Y, Yb, Zn, Zr. 14 элементов, таких как: K, Ti, Br, Cu, Ga, Mo, Nb, Nd, Ni, Se, Sr, V, Y, Zr определяются только при помощи РФА, остальные элементы определяются методом НАА или двумя методами одновременно. Элементы с концентрацией <1 мкг/г (ppm) могут быть определены только при помощи НАА [3].

Результаты анализа. Результаты анализа образцов почв в двух точках отбора показаны на рисунке 2. Почва в горной местности немного больше обогащена тяжелыми микроэлементами.

В образцах донных осадков распределение элементов оказалось более сложным (рисунок 3).

Произведен расчет КК отношения (концентрация/кларк) для донных отложений. Рассчитанных

кларковых величин для донных отложений не существует. При расчете мы использовали кларки элементов для земной коры [4]. КК отношения для двух точек сильно отличаются (рисунки 4 и 5), и это не удивительно, так как Исфара питает более 60 притоков, каждый из которых вносит свой вклад в суммарные донные отложения.

Для точки Ворух лишь один элемент – ртуть имеет превышение над кларком около 30 раз. В точке Рабат уже три элемента имеют значительное превышение над кларком – селен в 55 раз, ртуть в 22 раза, сурьма в 15 раз. Все три элемента являются токсичными. Также с превышением над кларком встречаются элементы: Mo, Au, Cs, Ba, As, Th, U, Rb и Hf.

С экологической точки зрения наиболее важной является концентрация растворенных в водах металлов. Взвешенные вещества при водопотреблении легко отстаиваются и выпадают в осадок. Для уменьшения количества растворенных в водах металлов необходимы сложные физико-химические методы очистки, которые часто недоступны в сельской местности.

При отборе проб были проведены анализы физико-химических свойств воды [5] с использованием прибора “Hydrolab” США. Результаты анализа приведены в таблице 1.

К устью реки сильно вырастает минерализация воды, так количество солей возрастает почти в 7 раз, а общих растворенных веществ более чем в 6,5 раз. Почти в 5 раз увеличивается в воде количество органических соединений. Исфара протекает по узкой горной долине, и все сбросные воды с сельхозполей и коммунальные сбросы возвращаются в реку, что и обуславливает резкое увеличение солей, растворенных веществ и органических соединений. Удельная проводимость воды также увеличивается в 6,3 раза и находится в хорошем согласии с количеством солей. По мере продвижения воды уменьшается доля растворенного кислорода, в горной части из-за бурного течения происходит повышенное обогащение кислородом.

Картина распределения макроэлементов, растворенных в воде, хорошо согласуется с картиной распределения солей и растворенных веществ (рисунок 6). К устью реки увеличивается концентрация кальция в 4 раза и концентрация натрия более чем в 20 раз.

Проведен расчет концентрации микроэлементов, растворенных в водах (рисунок 7).

Таблица 1 – Результаты анализа физико-химических свойств воды

Точки отбора	Соли (мг/л)	Раствор. вещества (мг/л)	Органика (мг/л)	Удельная проводим. (мС/см)	Редокс потенциал (мВ)	O ₂ раствор. (мг/л)
Ворух	150	194,6	44,6	0,3043	369	8,76
Рабат	1030	1230	200	1,921	373	7,31

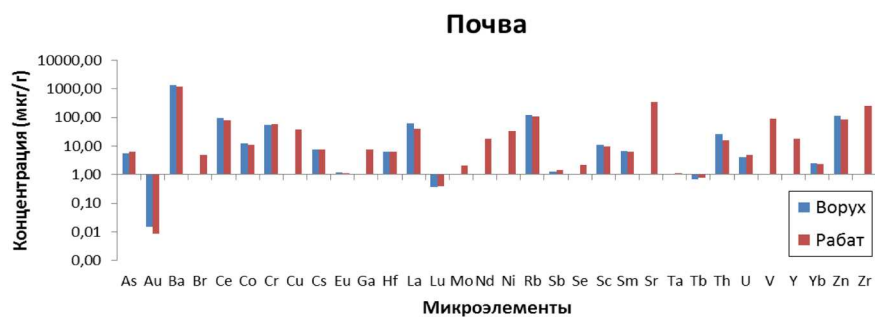


Рисунок 2 – Распределение микроэлементов в образцах почв



Рисунок 3 – Распределение микроэлементов в образцах донных осадков

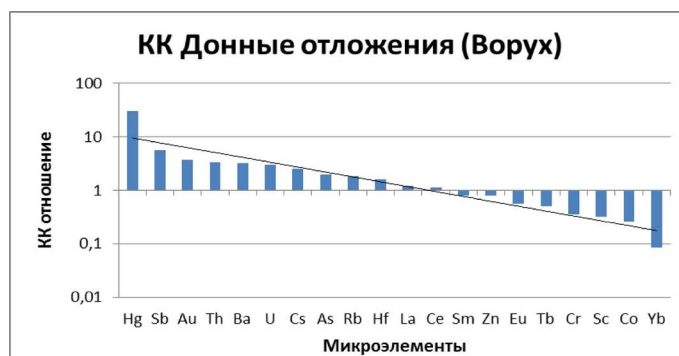


Рисунок 4 – КК отношение (концентрация/кларк) для точки Ворух

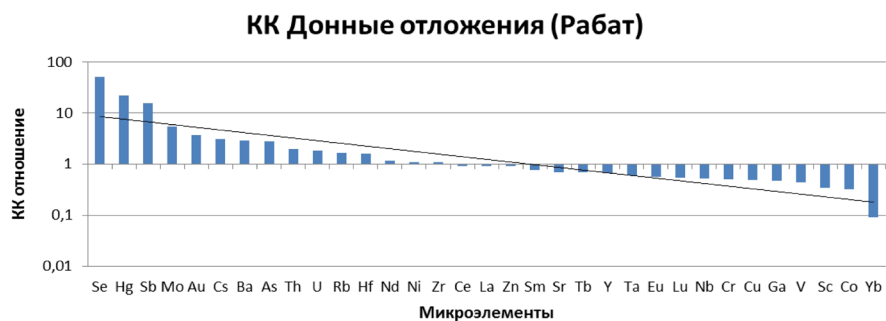


Рисунок 5 – КК отношение для точки Рабат

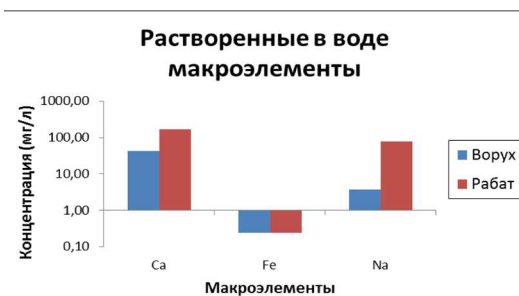


Рисунок 6 – Распределение макроэлементов в водах

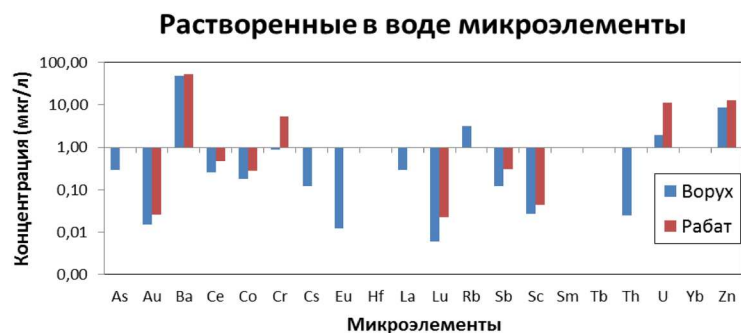


Рисунок 7 – Распределение микроэлементов в водах

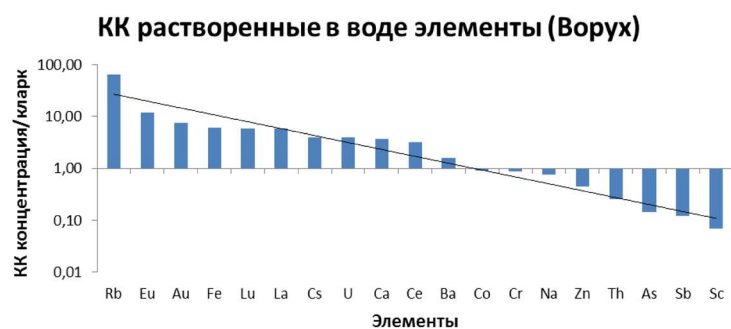


Рисунок 8 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Ворух

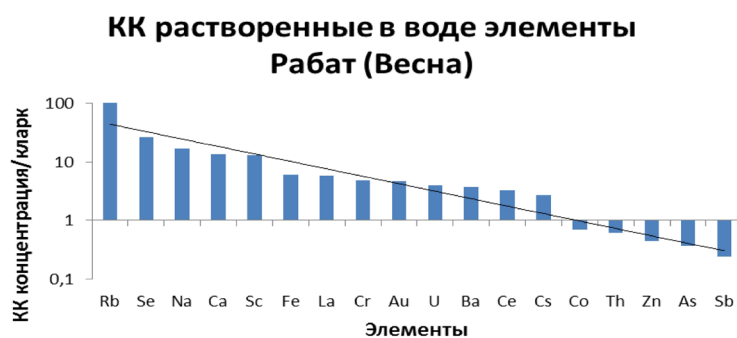


Рисунок 9 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Рабат в весенний период

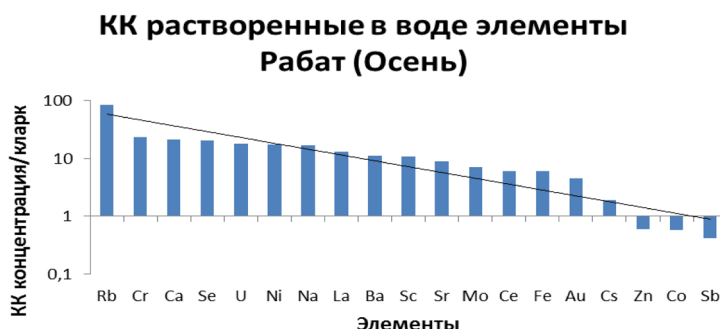


Рисунок 10 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Рабат в осенний период

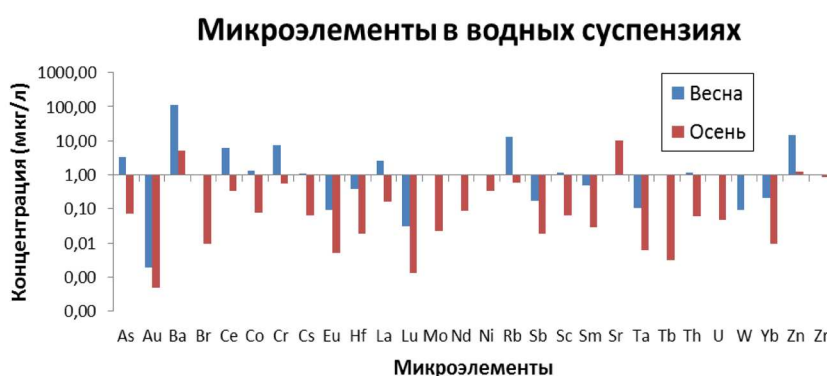


Рисунок 11 – Распределение микроэлементов в водных суспензиях для точки Рабат в весенний и осенний периоды

По мере продвижения к устью реки возрастает концентрация некоторых элементов, в частности, урана более чем в 6 раз.

Рассчитан коэффициент КК – отношение концентраций растворенных в водах элементов к их кларкам в пресных водах в весенний период. Результаты для двух точек отбора показаны на рисунках 8 и 9.

В точках отбора обнаружено значительное превышение над кларками для Rb (68 раз в Ворухе и 103 – в Рабате), в горной части КК также высок для европия (12 раз). С превышением над кларком ($KK > 1$) в воде встречаются следующие элементы: Au, Fe, Lu, La, Cs, U, Ca, Se, Ba и с дефицитом ($KK < 1$) следующие элементы: Cr, Na, Zn, Th, As, Sb и Sc.

В точке Рабат возрастает количество элементов с превышением над кларком ($KK > 1$). Особенно сильно вырастает концентрация Rb (102 раз), Se (26 раз), Na (17 раз), Ca (13 раз) Cs (13 раз), также с превышением над кларком встречаются Fe, La, Sc, Au, U, Ba, Ce и Cs. С дефицитом ($KK < 1$) встречаются Co, Th, Zn, As и Sb.

В осенний период возрастает минерализация воды за счет преимущественного подземного пи-

тания реки и соответственно концентрация растворенных в воде элементов (рисунок 10).

Произведен расчет лимитирующего показателя вредности воды (суммарный ПДК) [6]. Показатель рассчитывается при наличии в водах нескольких токсичных элементов и равен сумме относительной концентрации элементов к их кларку в речной воде (КК).

В водах были определены: элемент 1 класса опасности: As, и элементы 2 класса опасности: Ba, Br, Co, Mo, Sb, Se, Sr и U. В весенний период лимитирующий показатель вредности воды в анклав Ворух равен 0,16 и вода является очень чистой, а в Рабате он равен 1,26. В осенний период возрастает минерализация воды, так как основное питание реки осуществляется за счет подземных вод и вырастает также лимитирующий показатель вредности воды до 1,9. Практически 2 ПДК и вода в точке Рабат могут рассматриваться как токсичные.

Произведен расчет взвешенных в водах элементов (в суспензиях) (рисунок 11).

В осенний период вода в реке осветляется, становится прозрачной, падает концентрация суспен-

зий в воде и соответственно концентрация элементов в суспензиях.

Заключение. Повышенное содержание в донных осадках ртути и сурьмы может быть объяснено геологическими особенностями региона. Горные части Исфары являются продолжением сурьмяно-ртутных месторождений Кадамжая, основным рудопроявлением являются сульфидные сурьмяно-ртутные руды. Ртутное оруденение, также как в Хайдаркане, представлено киноварью и метацинобаритом. В качестве примесей в рудах присутствуют никель, барий, золото, мышьяк, таллий, хром, стронций и уран.

Минералы ртути являются нерастворимыми в воде, а сурьмы – труднорастворимыми, что объясняет их малое количество в растворенной фракции вод.

Вода по содержанию металлов в горной части является очень чистой, так лимитирующий показатель вредности воды равен 0,16. В устье реки вода оказалась загрязнённой – показатель вредности равен 1,26 в весеннее время и возрастает до 1,9 в осеннее время за счет увеличения доли подземного питания в реке.

Авторы признательны сотрудникам ИЯФ АН РУ и ИЯФ ЯНЦ КР за проведение элементного анализа образцов.

Литература

1. Река Исфара. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Исфара_\(река\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Исфара_(река))
2. Атлас Таджикской ССР. Душанбе–Москва, 1986.
3. Radioecological Situation in river Basins of Central Asia, Syrdaria and Amudaria According to the Results of the international project “NAVRUZ” / D.S. Barber [et al.] // NATO Science Series IV, 2003. V. 33. P. 39–51.
4. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table / S.R. Taylor // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1964. V. 28. P. 1273–1285.
5. Абдушукуров Д.А. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана / Д.А. Абдушукуров, З.Н. Салибаева. ФРГ. Изд. Ламберт, 2014. 130 с.
6. 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). http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php