

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 км<sup>2</sup>. Питание реки, в основном, снеговое и ледниковое.

Среднегодовой расход воды близ посёлка Ташкурган составляет 14,5 м<sup>3</sup>/с. 85–90 % стока при-

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

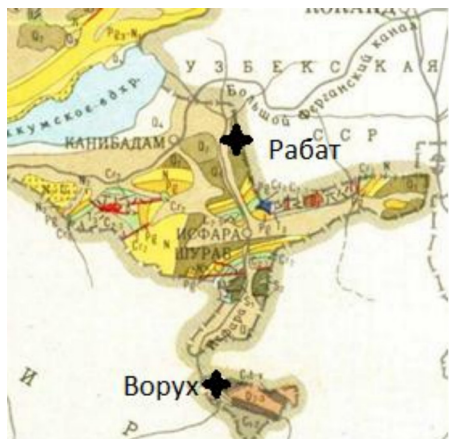


Рисунок 1 – Геологическая карта бассейна реки Исфара, звездочками указаны точки отбора образцов

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 <sub>2</sub> раствор. (мг/л)
Ворух	150	194,6	44,6	0,3043	369	8,76
Рабат	1030	1230	200	1,921	373	7,31

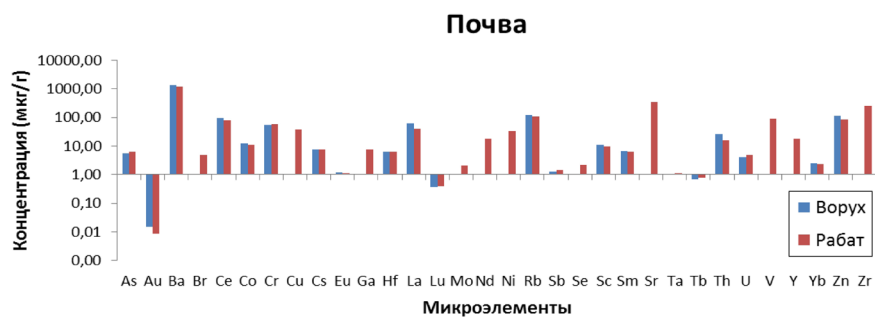


Рисунок 2 – Распределение микроэлементов в образцах почв

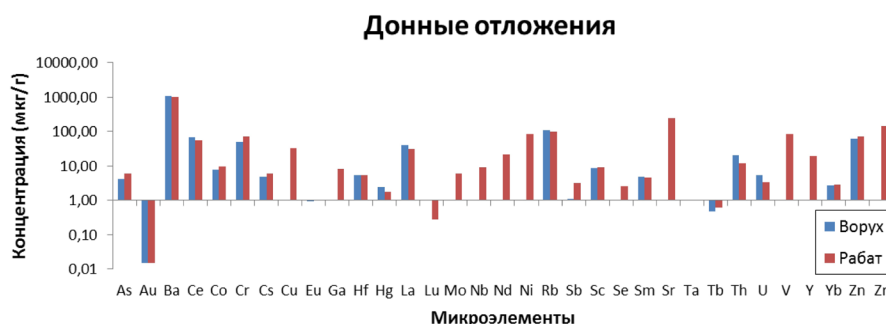


Рисунок 3 – Распределение микроэлементов в образцах донных осадков

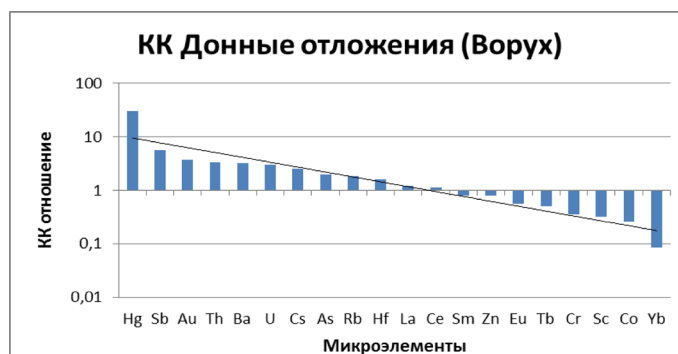


Рисунок 4 – КК отношение (концентрация/кларк) для точки Ворух

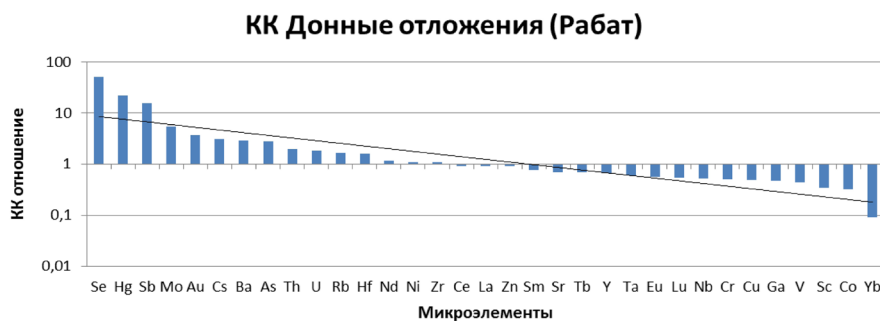


Рисунок 5 – КК отношение для точки Рабат

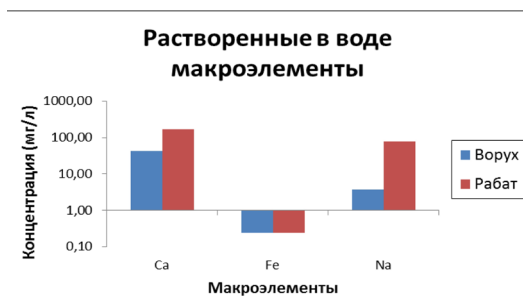


Рисунок 6 – Распределение макроэлементов в водах

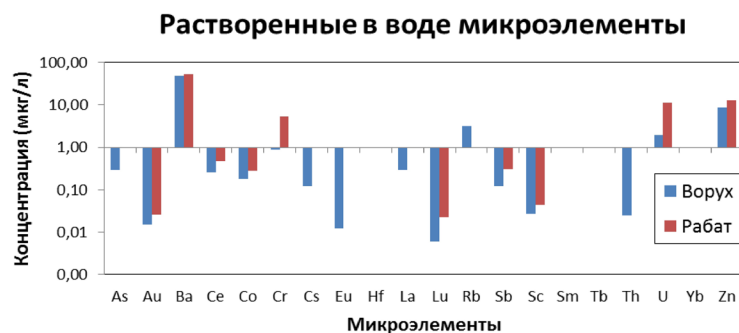


Рисунок 7 – Распределение микроэлементов в водах

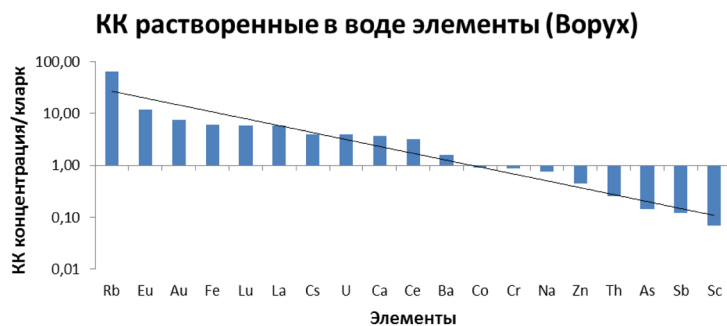


Рисунок 8 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Ворух

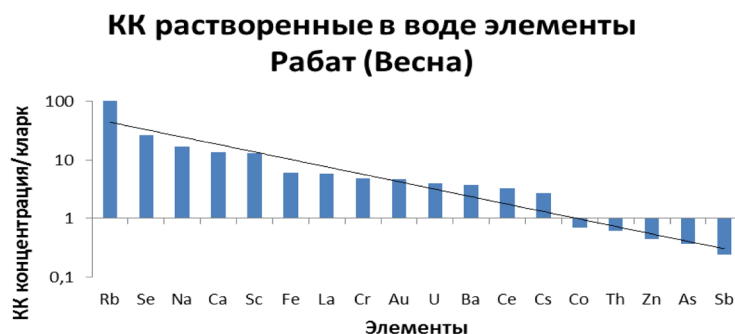


Рисунок 9 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Рабат в весенний период

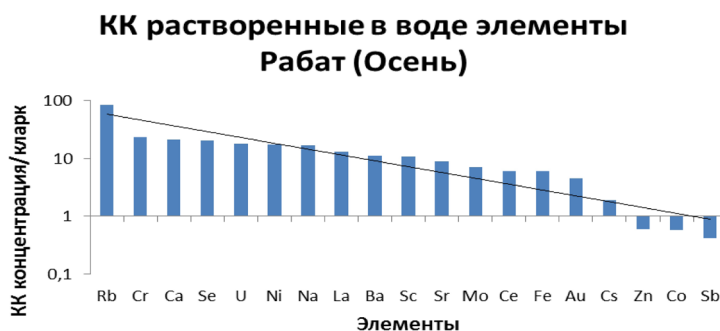


Рисунок 10 – Распределение КК отношения для растворенных в водах микроэлементов в точке Рабат в осенний период

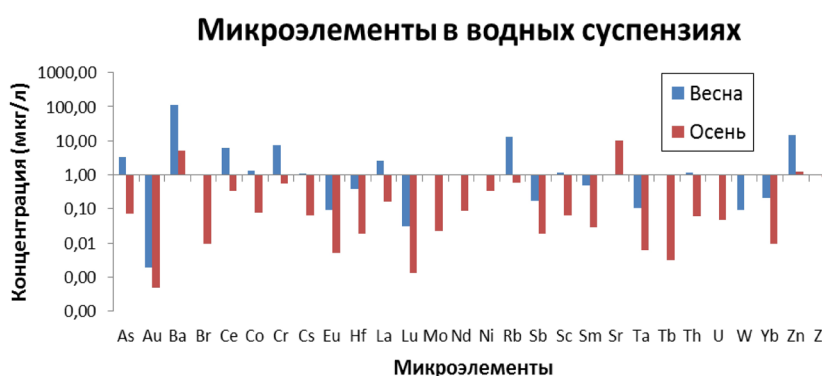


Рисунок 11 – Распределение микроэлементов в водных суспензиях для точки Рабат в весенний и осенний периоды

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 ( $КК > 1$ ) в воде встречаются следующие элементы: Au, Fe, Lu, La, Cs, U, Ca, Se, Ba и с дефицитом ( $КК < 1$ ) следующие элементы: Cr, Na, Zn, Th, As, Sb и Sc.

В точке Рабат возрастает количество элементов с превышением над кларком ( $КК > 1$ ). Особенно сильно возрастает концентрация Rb (102 раз), Se (26 раз), Na (17 раз), Ca (13 раз) Cs (13 раз), также с превышением над кларком встречаются Fe, La, Sr, Au, U, Ba, Se и Cs. С дефицитом ( $КК < 1$ ) 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 возрастает 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. Ламберг, 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](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php)