

**Салибаева З.Н.**

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ОСНОВНЫХ РЕК  
ТАДЖИКИСТАНА**

**Z.N. Salibaeva**

**THE DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN THE WATERS OF THE MAIN  
RIVERS OF TAJIKISTAN**

УДК: 550.42:556.114

*Проведена обработка и интерпретация данных о содержании микроэлементов растворенных в водах основных рек Таджикистана. Анализы проведены в рамках международного эксперимента «НАВРУЗ», измерения были произведены в 31 точке на реках. В проанализированных пробах были определены 24 элемента (в алфавитном порядке) As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Li, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn. Выявлено, что распределение этих элементов в водах неравномерно. В реках Таджикистана повсеместно наблюдаются низкие содержания хрома, кобальта и цинка. Наибольшая концентрация урана встречается в реке Сырдарья. Из приведенных данных исследования следует, что воды в реках Таджикистана чисты, содержание токсичных элементов значительно меньше значений соответствующих ПДК. Лишь в некоторых реках содержание мышьяка, сурьмы и урана меньше ПДК от 2 до 5 раз, остальных элементов в 10-50 раз.*

*Выявлено, что концентрации РЗЭ в составе речных вод распределены неравномерно. Сумма концентраций РЗЭ в водах изменяется от 0,31 мкг/л (Сардаи Миёна) и 0,38 (Пянж 1) до 2,72 мкг/л (Елок), при среднем значении суммы РЗЭ равной 1,10 мкг/л. Сумма концентраций кларков этих элементов в речных водах 0,15 мкг/л.*

**Ключевые слова:** геохимия, обработка и интерпретация данных, микроэлементы.

*Processing and interpretation of the data base about the maintenance of trace elements dissolved in waters of the basic rivers of Tajikistan are described. Analyses were spent within the limits of the international experiment «NAVRUZ», measurements have been made in 31 point on the rivers. In the analyzed tests 24 elements (in alphabetic order) As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn have been defined. It is revealed that distribution of these elements in waters not regularly. In Tajikistan rivers low maintenances of chrome, cobalt and zinc are everywhere observed. The greatest concentration of uranium occurrence in the Syr-Darya river. From the resulted data of research follows that waters in the rivers of Tajikistan are pure, the maintenance of toxic elements is much less than values of corresponding maximum concentration limits. Only in some rivers the maintenance of arsenic, antimony and uranium is less than maximum concentration limit from 2 to 5 times, other elements at 10-50 times.*

*It is revealed that concentration of Rare-earth elements in the river waters are distributed non-uniformly. The sum of concentration Rare-earth in the waters changes from 0,31mkg/l (Sardai Miyona) and 0,38 (Pjanzh) to 2,72 mkg/l (Elok), at average value of sum Rare-earths equal 1,10 mkg/l. The sum of abundanceconcentration of these elements in river waters equal 0,15mkg/l.*

**Key words:** geochemistry, data processing and interpretation, microelements.

**Введение.** Все реки Таджикистана относятся к бассейнам Амударьи и Сырдарьи. Они обладают большим энергетическим потенциалом и играют большую роль в орошении. Большое влияние на формирование водного стока рек Центральной Азии оказывают высокогорные снега и ледники.

Амударья – самая многоводная река Центральной Азии. Истоком ее является р. Вахандарья, ниже по течению после соединения с р. Памир, образуется р. Пянж. Название Амударья река получает после слияния Пянжа с Вахшем. Приняв справа реки Кафирниган, Сурхандарью и Ширабад, Амударья не получает больше ни одного притока.

Характер питания крупнейших рек бассейна Амударьи относится к рекам ледниково-снегового питания (Пянж, Вахш, Зерафшан). Максимальный сток на этих реках бывает в период с июня по август, а минимальный – в зимние месяцы. Длительность половодья обычно 5-6 месяцев. Иным режимом характеризуются верховья Кафирнигана, Сурхандарьи и некоторых притоков, формирующих свой сток с горных хребтов, где в основном распространены сезонные снега. Половодье на этих реках начинается в марте. Максимальные расходы наблюдаются обычно в конце апреля в мае.

Наиболее крупные притоки Сырдарьи – Нарын, Карадарья и Чирчик относятся к рекам снегово-ледникового питания с максимальным стоком в мае-июне. Высокогорные снега и оледенения в бассейне Сырдарьи развиты слабее, чем в бассейне Амударьи. Протекая по Ферганской долине и ниже, Сырдарья принимает справа многочисленные притоки. Немногочисленные левые притоки полностью используются на орошение и до Сырдарьи своих вод не доносят. Весенний паводок на Сырдарье проходит в марте-апреле, формируясь от таяния снегов в равнинной части бассейна и в предгорьях. В мае начинается второй паводок, достигающий своего максимума в июле. Минимум стока наблюдается в декабре-январе.

При выходе рек из гор на равнины внутри-годовое распределение стока подвергается резкому изменению. Происходит это в связи с разбором воды на орошение в период половодья, а также с увеличением испарения и повышением инфильтрацион-

ных свойств почв. Изменение распределения стока сказывается в постепенном уменьшении стока в паводок вниз по течению; затем в некотором увеличении его объема осенью и зимой за счет возвратных вод, которые поступают обратно в реку, когда на ней устанавливается меженный режим.

Горные реки отличаются малой минерализацией. Изменение химического состава вод зависит от гидрологических и геохимических характеристик, а также степени техногенного воздействия в бассейнах рек. Проблема загрязнения водных ресурсов является одной из важной темы экологических и геохимических исследований. Важно отметить, что микроэлементный состав поверхностных вод на сегодняшний день является наименее изученным. Содержание микроэлементов в водах очень мало, в основном меньше микрограмма на литр ( $10^{-6}$  г/л или  $10^{-9}$  г/г). Для определения столь малых концентраций необходимы высокочувствительные методы анализа, одним из которых является нейтронно-активационный анализ (НАА).

В работе обсуждаются результаты обработки и интерпретации базы данных, полученной при проведении международного эксперимента «НАВРУЗ», в котором принимали участие ученые из Таджикистана, Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана. Эксперимент проводился под эгидой Сандийской национальной лаборатории США [1]. Основной целью эксперимента являлось изучение чистоты трансграничных рек Центральной Азии и влияния атомной промышленности бывшего СССР на экологию речных бассейнов региона.

В основу работы положены результаты опробования 31 точки основных рек Таджикистана. Проведена обработка данных содержания металлов в растворенной фракции воды, полученных в результате проведения нейтронно-активационного анализа (НАА) в Институте ядерной физики АН Республики

Узбекистан (ИЯФ АН РУ).

**Объекты и методы исследований.** В рамках эксперимента «НАВРУЗ» был произведен отбор проб в 31 точке основных рек Таджикистана в период половодья, в весенне-летний сезон (май-июнь месяцы), без учета климатических особенностей (дождей и селей). Методика пробоотбора предусматривала отбор пробы растворенных компонентов речной воды и водных суспензий. Непосредственно на местах отбора проб прибором «Hydrolab DS-5» (США) [2] производились измерения основных физико-химических параметров воды (температура, рН, удельная проводимость, общий состав растворенных веществ, соленость, растворенный кислород и окислительно-восстановительный потенциал) [3].

Список точек отбора образцов и их географические координаты приведены в табл. 1. Точки отбора были выбраны практически на всех основных реках, протекающих в бассейнах рек Амударья и Сырдарья.

Пробоотбор проводился с соблюдением требований Методических указаний [4]. Проба воды собиралась как минимум из пяти точек в рассматриваемом створе. Пробы воды фильтровались и фиксировались азотной кислотой не позднее одного часа после отбора.

Отобранные образцы доставлялись в лабораторию, где производилось упаривание воды при температуре до 85°C. Из 5 литрового объема 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 в ИЯФ АН РУ для НАА на реакторе. Метод НАА обладает высокой чувствительностью, позволяет производить количественный анализ содержания металлов в анализируемых объектах с точностью лучше, чем  $10^{-10}$  г/г.

Таблица 1. Точки отбора образцов и их географические координаты

	Образцы	Реки	Расположение точек отбора	Широта	Долгота
1	ТJ-25	Сиома	Приток Варзоб	38°54'	68°44'
2	ТJ-28	Тагоб	Приток Варзоб	38°50'	68°50'
3	ТJ-29	Оби Чаппа	Приток Варзоб	38°47'	68°49'
4	ТJ-30	Оджук	Приток Варзоб	38°46'	68°49'
5	ТJ-01	Варзоб 1	18 км выше Душанбе	38°42'	68°47'
6	ТJ-02	Варзоб 2	9 км ниже Душанбе	38°31'	68°46'
7	ТJ-67	Сарбо	1 км выше слияния с Сардаи Миёна, притоком Кафирнигана	38°47'	69°19'
8	ТJ-66	Сардаи Миёна	1 км выше слияния с Сорбо, притоком Кафирнигана	38°43'	69°19'
9	ТJ-03	Кафирниган 1	1 км выше слияния с Варзобом	38°29'	68°46'
10	ТJ-04	Кафирниган 2	3 км ниже слияния с Елоком	38°27'	68°44'
11	ТJ-05	Кафирниган 3	Железнодорожный мост Шартуз	37°16'	68°8'
12	ТJ-06	Елок	1 км выше слияния с Кафирниганом	38°28'	68°47'
13	ТJ-08	Вахш 1	Поселок Чорсада	38°48'	69°52'
14	ТJ-07	Вахш 2	Железнодорожный мост Джиликуль	37°33'	68°31'
15	ТJ-09	Гунг	Окраина (выход) Хорога		
16	ТJ-10	Пяндж 1	Мост поселка Тем		
17	ТJ-11	Пяндж 2	Мост поселка Нижний Пяндж	37°11'	68°35'
18	ТJ-31	Сырдарья 1	Кишлак Булок	40°33'	70°32'

19	TJ-13	Сырдарья 2	Западная окраина г. Ходжента	40°17'	69°37'
20	TJ-14	Исфара 1	Граница с Кыргызстаном	39°51'	70°32'
21	TJ-15	Исфара 2	Поселок Работ (до Ферганского канала)	40°18'	70°33'
22	TJ-68	Сабурган	Приток Каратаг	38°41'	68°22'
23	TJ-69	Каратаг 1	500 м от слияния с Сабургун	38°41'	68°22'
24	TJ-58	Каратаг 2	Кишлак Батош	38°34'	68°19'
25	TJ-70	Рогова	Приток Хонако	38°39'	68°34'
26	TJ-71	Хонако 1	1 км от слияния с Рогова, кишлак Дутока	38°39'	68°34'
27	TJ-59	Хонако 2	Кишлак Хирманак	38°35'	68°33'
28	TJ-74	Шахристан 1	Начало перевала Шахристан, со стороны Шахристана	39°34'	68°36'
29	TJ-72	Шахристан 2	То же	39°35'	68°34'
30	TJ-73	Шахристан 3	То же	39°35'	68°34'
31	TJ-75	Шахристан 4	Конец перевала Шахристан, со стороны Айни	39°27'	68°32'

К сожалению, НАА не позволяет анализировать все элементы периодической системы. Часть элементов образует короткоживущие изотопы, регистрация которых затруднена из-за аппаратных ограничений, другая часть либо не образует радиоактивных изотопов, либо имеет очень малое сечение взаимодействия с нейтронами.

**Результаты измерений и обсуждение.** В пробах воды были определены 24 элемента (в алфавитном порядке) As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn [5]. Из этих элементов кальций, железо, марганец и натрий относятся к группе макроэлементов, остальные являются микроэлементами.

Микроэлементами называются элементы, содержание которых в земной коре мало (<0,01%). По биохимической классификации более 30 микроэлементов считаются биогенными - необходимыми для жизнедеятельности биотопов. Но избыточная концентрация микроэлементов может стать губительной для живых организмов. Рекомендуемая суточная доза потребления микроэлементов для человека составляет менее 200 мг [6]. Особо важным каналом поступления микроэлементов в организмы является вода, так как уже растворенные в водах микроэлементы хорошо усваиваются живыми организмами.

В тоже время среди микроэлементов присутствуют и токсические элементы типа мышьяк, сурьма и др., которые пагубно воздействуют на все живые организмы. К сожалению, в наших исследованиях оказались неопределенными такие супертоксиканты как таллий, ртуть, свинец и другие.

Гигиеническими нормами (ГН 2.1.5.1315-03, РФ) в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования определены предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, в том числе и для 34 растворенных в водах металлов. На рис.1-4 представлено распределение микроэлементов 1 и 2 классов опасности [7] в водах основных рек Таджикистана.

Мышьяк (рис.1) преимущественно распространен в реках, берущих начало на южных отрогах Гиссарского хребта, и в первую очередь в Варзобе и Кафирнигане и их притоках. Средняя концентрация мышьяка в реках Таджикистана 1 мкг/л. Максимальная концентрация зарегистрирована в горных реках Сарбо (приток Кафирнигана) и Сиома (приток Варзоба) - 2,81 и 2,78 мкг/л, соответственно. Концентрация мышьяка в этих реках всего лишь в три раза меньше, чем ПДК (10 мкг/л). В нижних течениях концентрация мышьяка падает благодаря разбавлению другими водами и выпадению в осадок.

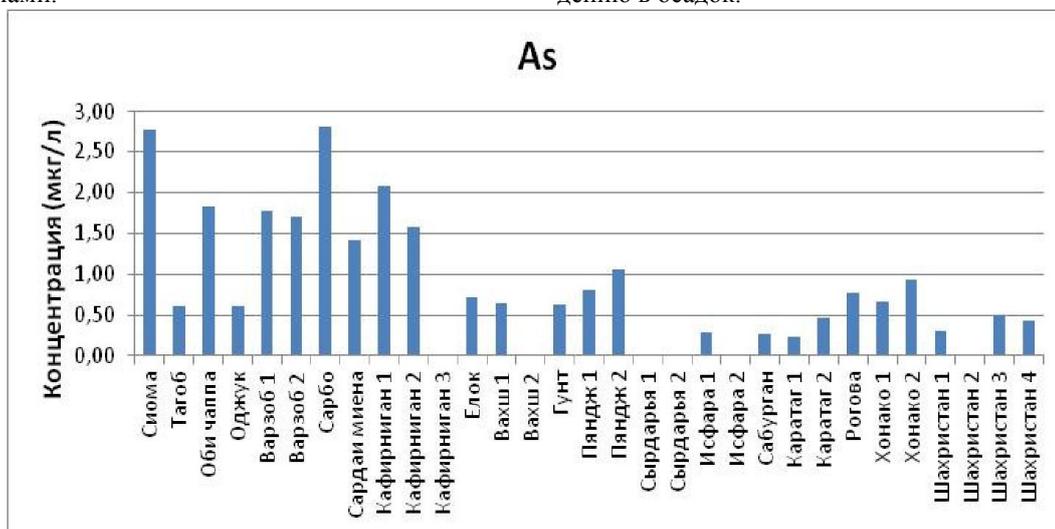


Рис. 1. Концентрация мышьяка в реках.

Среднее содержание кобальта в реках Таджикистана равно 0,18 мкг/л. Максимальная концентрация 0,49 мкг/л зарегистрирована в точке Сырдарья 1 (к. Булок) (рис.2). Минимальная концентрация в реке Сиома 0,02 мкг/л при ПДК кобальта в водах 100 мкг/л.

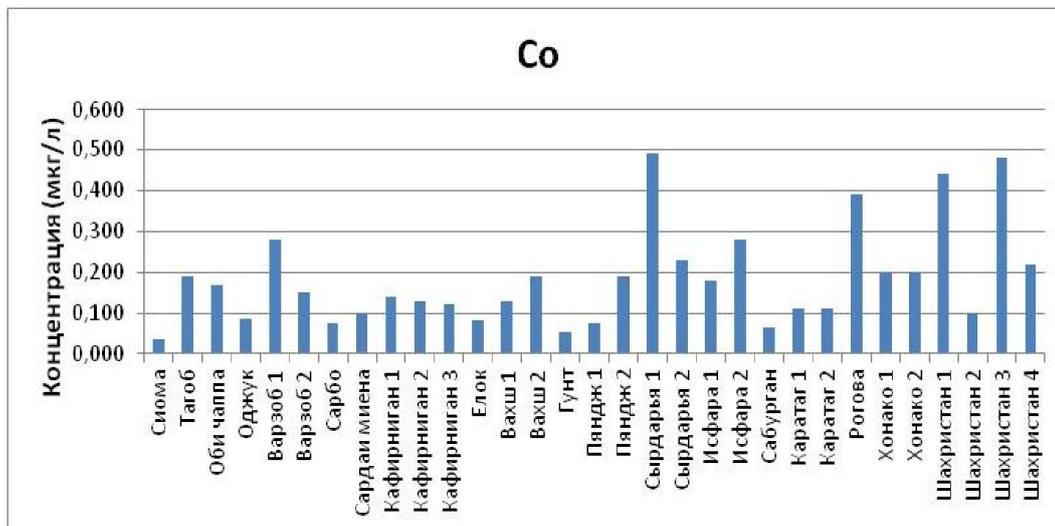


Рис. 2. Концентрация кобальта в реках.

Средняя концентрация сурьмы в реках Таджикистана равна 0,32 мкг/л. Основная концентрация сурьмы приурочена к рекам Варзоб, низовьям Кафирнигана и Каратага (рис. 3). Наибольшая концентрация сурьмы в притоке Варзоба Оби Чаппа (2,27 мкг/л), это всего в два раза меньше, чем ПДК (5 мкг/л).

Хотя содержание таких токсикантов, как As и Sb, в реках меньше, чем ПДК, тем не менее, содержание этих элементов достаточно велико.

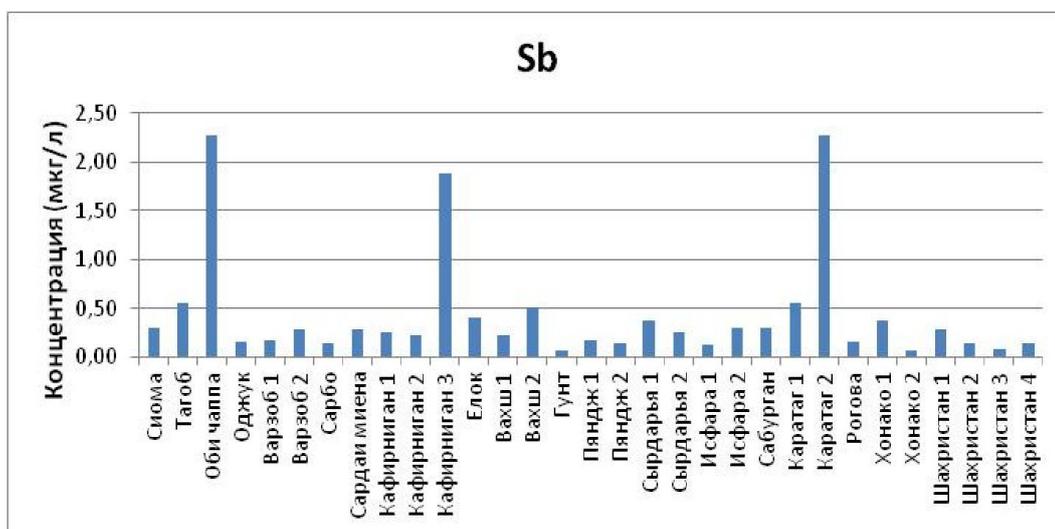


Рис. 3. Концентрация сурьмы в реках Таджикистана.

Очень важным элементом для нашей республики является уран. Его средняя концентрация урана в водах рек Таджикистана равна 4,02 мкг/л, максимальная 16,7 мкг/л зарегистрирована в реке Сырдарья 1 (к. Булок). Минимальная концентрация 0,2 мкг/л в точке Шахристан 4 (конец перевала Шахристан со стороны Айни) (рис.4). ПДК урана в водах равна 100 мкг/л.

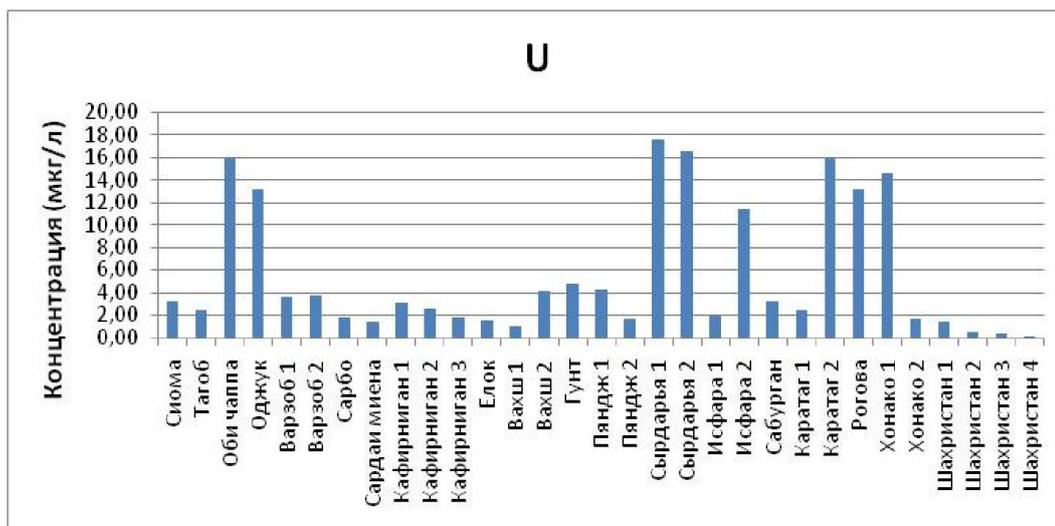


Рис. 4. Концентрация урана в реках Таджикистана.

Не удивительно, что наибольшая концентрация урана обнаружена в р. Сырдарья, так как в бассейне этой реки расположены крупнейшие урановые провинции Центральной Азии [8]. Повышенные концентрации урана в реках Оби Чаппа и Оджук притоках Варзоба связаны с Оджукским пегматитовым районом, а в водах верховьев Хонако и Каратага - с геохимическими особенностями этих районов. Уран обычно рассматривают совместно с торием. Кларковое содержание тория в земной коре выше урана в 3-4 раза, но соединения тория являются труднорастворимыми и содержание тория в растворенном виде в 50-60 раз меньше урана.

Из числа биогенных микроэлементов, представленных в списке, определяемыми оказались хром, кобальт и цинк. В исследуемых реках наблюдаются низкие содержания этих микроэлементов и их распределение неравномерно.

Избыточная концентрация (выше ПДК) даже биогенных микроэлементов может быть токсична для живых организмов. В табл. 2 приведены концентрации микроэлементов в водах, кларк речной воды [9] и нормы ПДК из Гигиенических нормативов РФ (ГН 2.1.5.1315-03) [7].

Кларк речной воды (среднее содержание химических элементов) дает представление об оптимальном содержании химических элементов. Он может быть использован для сравнения полученных данных с ним.

Средние значения концентраций таких элементов как As, Co, Cr и Zn в водах соответствуют кларку речных вод. Концентрации Ba, Cs, Sb и Rb в водах выше кларка речных вод.

Содержание некоторых элементов в воде ГН не нормированы. Из приведенной таблицы видно, что воды в реках Таджикистана чисты, содержание приведенных элементов значительно меньше значений соответствующих ПДК. Лишь в некоторых реках содержание мышьяка, сурьмы и урана меньше ПДК от 2 до 5 раз, остальных элементов в 10-50 раз.

По распространённости микроэлементы в реч-

ных водах Таджикистана распределены следующим образом: Ba>Zn>U>Rb>Cr>As>Sb>Co>Cs-Th.

Элементы Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb и Yb относятся к группе редкоземельных, их роль в жизнедеятельности организмов мало изучена.

Таблица 2. Концентрации (мкг/л) микроэлементов в водах рек РТ, кларк и ПДК

	Значение	Точка отбора	Концентрация в воде	Кларк в воде	ПДК в воде	Класс опасности
As	Среднее		1	2	10	1
	Максимальное	Сарбо	2,81			
	Минимальное	Сырдарья	Следы			
Ba	Среднее		34,03	10	700	3
	Максимальное	Елок	137			
	Минимальное	Оби Чаппа	1,95			
Co	Среднее		0,18	0,2	100	2
	Максимальное	Сырдарья 2	0,49			
	Минимальное	Сиома	0,02			
Cr	Среднее		1,22	1	50	3
	Максимальное	Исфара 2	5,37			
	Минимальное	Кафирниган 1	0,05			
Cs	Среднее		0,08	0,02		
	Максимальное	Пяндж 1	0,45			
	Минимальное	Вахш 1	Следы			
Sb	Среднее		0,32	1	5	2
	Максимальное	Оби Чаппа	2,27			
	Минимальное	Рогова	0,03			
Rb	Среднее		2,05	1		
	Максимальное	Хонако 1	8,77			
	Минимальное	Сырдарья 1	Следы			
Th	Среднее		0,08	0,1		
	Максимальное	Варзоб 1	0,27			
	Минимальное	Вахш 2	Следы			
U	Среднее		4,02	нд	100	2
	Максимальное	Сырдарья 2	16,5			
	Минимальное	Шахристан 4	0,2			
Zn	Среднее		18,73	20	1000	3
	Максимальное	Вахш 1	39,3			
	Минимальное	Сабурган	6,99			

Редкоземельные элементы (РЗЭ) - семейство из 17 химических элементов III группы периодической системы: Sc, Y, La и лантаноиды. РЗЭ имеют близкие химические свойства; встречаются в природе в крайне рассеянном состоянии. Элементы с четными атомными номерами распространены заметно чаще, чем с нечетными.

В природе они часто встречаются в одних и тех же минералах.

В таблице 3 приведены содержания РЗЭ, растворенных в водах основных рек Таджикистана, из которой видно, что имеет место значительное превышение содержания редкоземельных элементов по сравнению с кларком.

Таблица 3. Содержание редкоземельных элементов в водах (мкг/л)

Наименование реки	Ce	Eu	La	Lu	Sc	Sm	Tb	Yb	Сумма РЗЭ
Сиома	0,74	0,006	0,10	0,0095	0,010	nd	nd	nd	0,86
Тагоб	0,48	0,012	0,36	0,0081	0,051	nd	nd	0,0230	0,93
Оби Чаппа	1,56	0,017	0,71	0,0460	0,046	nd	nd	nd	2,38
Оджук	nd	nd	0,96	0,0410	0,022	nd	nd	nd	1,02
Варзоб 1	0,78	0,026	0,70	0,0036	0,109	0,019	0,0150	0,0330	1,69
Варзоб 2	0,83	0,016	0,88	0,0130	0,037	nd	nd	0,0140	1,79
Сарбо	0,19	0,008	0,25	0,0051	0,002	nd	nd	0,0079	0,46
Сардаи Миёна	0,06	0,011	0,21	0,0024	0,017	nd	nd	0,0110	0,31
Кафирниган 1	0,39	0,220	0,53	0,0130	0,035	0,047	nd	0,0084	1,24
Кафирниган 2	0,43	0,018	0,38	0,0088	0,033	0,059	0,0074	0,0240	0,96
Кафирниган 3	0,30	0,014	0,36	0,0007	0,036	nd	nd	nd	0,71
Елок	1,63	nd	1,02	nd	0,054	0,011	nd	nd	2,72
Вахш 1	0,25	nd	0,20	0,0049	0,026	0,005	nd	nd	0,49
Вахш 2	0,74	nd	0,10	0,0100	0,050	nd	nd	nd	0,90
Гунт	0,11	nd	0,32	0,0140	0,008	nd	nd	nd	0,45
Пяндж 1	0,04	0,005	0,31	0,0130	0,015	nd	nd	nd	0,38
Пяндж 2	0,29	0,015	0,27	0,0041	0,051	0,038	nd	nd	0,67
Сырдарья 1	Nd	Nd	1,08	0,0480	0,097	Nd	Nd	Nd	1,23
Сырдарья 2	0,27	nd	1,28	0,0340	0,020	nd	nd	nd	1,60
Исфара 1	0,26	0,012	0,29	0,0059	0,027	nd	nd	nd	0,59
Исфара 2	0,48	nd	0,96	0,0220	0,044	nd	nd	nd	1,51
Сабурган	0,38	0,010	0,10	0,0095	0,010	nd	nd	nd	0,50
Каратаг 1	0,13	0,009	0,36	0,0081	0,051	nd	nd	0,0230	0,58
Каратаг 2	0,28	0,090	0,71	0,0460	0,046	nd	nd	nd	1,17
Рогова	0,68	0,030	0,96	0,0410	0,022	nd	nd	nd	1,73
Хонако 1	0,63	0,024	1,08	0,0480	0,097	nd	nd	nd	1,88
Хонако 2	0,61	0,120	0,56	0,0048	0,110	0,035	0,0100	0,0160	1,47
Шахристан 1	0,82	0,027	0,21	0,0024	0,017	nd	nd	0,0110	1,09
Шахристан 2	0,35	0,010	0,12	0,0017	0,100	0,006	nd	nd	0,59
Шахристан 3	0,62	nd	0,20	0,0023	0,067	0,077	0,0060	0,0170	0,99
Шахристан 4	0,71	0,014	0,39	0,0022	0,035	0,052	0,0066	0,0110	1,22
*Кларки речной воды	0,08	0,001	0,05	0,001	0,004	0,008	0,001	0,004	0,15

nd-нет данных.

Кларки речной воды (растворённая форма) по А.П. Виноградову (1967) [10].

Так, содержание церия в воде оказалось значительным в реках Оби Чаппа (1,56 мкг/л) и Елок (1,63 мкг/л) по сравнению с минимальной концентрацией в р. Пяндж 1 (0,004 мкг/л). Кларк Ce в речной воде составляет 0,08 мкг/л.

Концентрация европия в пробе воды Кафирниган 1 составляет 0,22 мкг/л, а в Хонако 2 - 0,12 мкг/л, по сравнению с самым низким содержанием в реке Пяндж 1 (0,005 мкг/л). Кларк Eu в речной воде

составляет 0,001 мкг/л.

Высокими содержаниями лантана в водах отличаются реки Сырдарья 2 (1,28 мкг/л) и Елок (1,02 мкг/л) при минимальных значениях в реках Сиома и Сабурган (0,10 мкг/л). Кларк La в речной воде составляет 0,05 мкг/л.

Высокими содержаниями лютеция отличаются воды рек Оби Чаппа (0,046 мкг/л), Оджук (0,041 мкг/л), Сырдарья 1 (0,048 мкг/л), Каратаг 2 (0,046

мкг/л), и Хонако 2 (0,048 мкг/л). Низкое содержание лютеция приходится на р. Кафирниган 3 (0,0007 мкг/л). Кларк Lu в речной воде составляет 0,001 мкг/л.

Содержание скандия в водах распределяются также неравномерно: большими концентрациями отличаются реки Варзоб 1 (0,109 мкг/л) и Хонако 2 (0,110 мкг/л), самая низкая концентрация в р. Сарбо (0,002 мкг/л), Кларк Sc в речной воде составляет 0,004 мкг/л.

К сожалению, для таких элементов как самарий, тербий и иттербий нет полных данных значений по распределению содержания в водах.

Воды всех исследуемых рек являются слабощелочными [3] и, очевидно, неблагоприятными для накопления и миграции РЗЭ в водах. Тем не менее, в водах рек Оби Чаппа, Варзоб 1, Елок и Сырдарья 2 отмечаются суммы концентраций РЗЭ выше суммы концентраций кларков этих элементов в речных водах, равной 0,15 мкг/л (табл. 3). Возможно, такое распределение РЗЭ в реках связано со значительными поступлениями в воды за счет растворения пород, обогащенных этими элементами.

Распределение суммы РЗЭ в составе вод основных рек Таджикистана показана на рис. 5, из которого видна ее неравномерность.

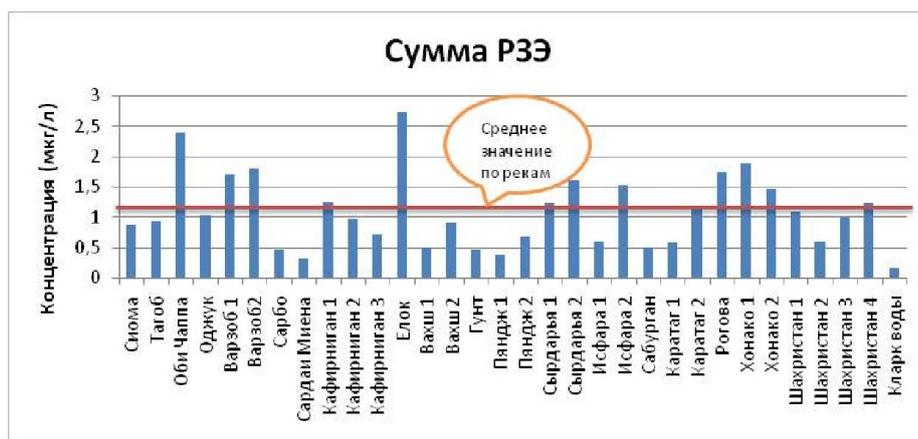


Рис. 5. Распределение суммы РЗЭ в водах рек Таджикистана.

Наибольшие содержания суммы РЗЭ приходятся на реки Елок (2,72 мкг/л) и Оби Чаппа (2,38 мкг/л). Наименьшие содержания РЗЭ приходятся на реки Сардаи Миёна (0,31 мкг/л) и Пяндж 1 (0,38 мкг/л). Среднее значение суммы РЗЭ по всем рекам равно 1,10 мкг/л. Сумма концентраций кларков этих элементов в речных водах равна 0,15 мкг/л (крайняя правая точка на рис. 5).

Необходимо отметить, что наблюдается некоторая тенденция уменьшения концентрации РЗЭ от истока к слиянию с большими реками. Это может быть связано с активно протекающими процессами сорбции РЗЭ речной взвесью, а также с разбавлением другими водами по мере удаления от истока реки.

**Заключение.** В рамках эксперимента «НАВРУЗ» проведены отборы образцов в 31 точке основных рек Таджикистана, обработка и интерпретация ранее полученных данных о содержании микроэлементов в растворенной фракции вод основных рек Таджикистана.

В исследованных пробах были определены 24 элемента: As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn и выявлены некоторые закономерности их распределения.

Показано, что в реках Таджикистана повсеместно наблюдаются низкие содержания этих таких биогенных элементов как хром, кобальт и цинк.

Данные проведенных исследований позволяют считать воды в реках Таджикистана чистыми, концентрации токсичных элементов значительно меньше значений соответствующих ПДК. Лишь в некоторых реках содержания мышьяка, сурьмы и урана меньше ПДК от 2 до 5 раз, остальных элементов в 10-50 раз.

Выявлено, что концентрации РЗЭ в составе вод рек Таджикистана распределены неравномерно. В реках Оби Чаппа, Варзоб 1, Елок и Сырдарья 2 отмечаются концентрации суммы РЗЭ, выше среднего значения по всем рекам. Очевидно, это связано со значительными поступлениями РЗЭ в воды за счет растворения пород, обогащенных этими элементами.

Сумма концентраций РЗЭ в водах изменяется от 0,31 мкг/л до 2,72 мкг/л при среднем значении 1,10 мкг/л. Сумма концентраций кларков этих элементов в речных водах составляет 0,15 мкг/л.

#### Литература:

1. 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.
2. Hydrolab. [Электронный ресурс] [http://www.hachhydromet.com/web/ott\\_hach.nsf/id/pa\\_hydrolab.html](http://www.hachhydromet.com/web/ott_hach.nsf/id/pa_hydrolab.html)
3. Д.А.Абдушукуров, Т.Давлатшоев, А.А.Джураев, Х.Пасселл, З.Н.Салибаева Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 1. Физико-химические характеристики вод // Вестник

- Таджикского Национального университета, Серия естественных наук.- 2014. – 1/2 (130) – С. 128-136.
4. Руководство по отбору проб воды и донных отложений на станциях мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря / Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт им. В.А. Бугаенко (САНИГМИ).- Ташкент, 2000. - 45 с.
  5. Д.А.Абдушукуров, Х.Пасселл, З.Н.Салибаева. Гидро-геохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 2. Содержание макроэлементов в водах // Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук. – 2014. – 1/2 (130) - С. 151-156.
  6. [Электронный ресурс]. <http://ru.wikipedia.org>
  7. ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водо-пользования согласно Гигиеническим нормативам РФ (ГН2.1.5.1315-03). [Электронный ресурс] [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)
  8. Nuclear Heritage of Soviet Union in Tajikistan: Problems and Ways Forward / U.M. Mirsaidov, N. Khakimov, Kh.M. Nazarov // Materials of the International Conference “Addressing the Issues of Potential Terrorism and Guarding Against Weapons of Mass Destruction in Central Asia” - Dushanbe, Tajikistan, 2010.
  9. Н.К. Чертко, Э.Н. Чертко. Геохимия и экология химических элементов, Минск, Издательский центр БГУ, 2008. - с.137
  10. Кларки речной воды по А. П. Виноградову (1967). [Электронный ресурс]. <http://ru.wikipedia.org>

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