

**ГИДРОЛОГИЯ СУШИ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ,**  
**ГИДРОХИМИЯ**  
**THE HYDROLOGY, WATER RESOURCES,**  
**HYDROCHEMISTRY**

*Салибаева З.Н.*

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОД  
 В РЕКАХ ЮЖНЫХ ОТРОГОВ ГИССАРСКОГО ХРЕБТА**

*Z.N. Salibaeva*

**SEASONALLY CHANGES OF PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WATERS  
 IN THE SOUTHERN HISSAR MOUNTAIN RIDGERIVERS**

УДК: 556.114:550.42

*В рамках международного эксперимента «НАВРУЗ» были изучены временные (сезонные) изменения физико-химических параметров воды в реках, стекающих с южных отрогов Гиссарского хребта. Количественная оценка распределения солей и общего состава растворенных веществ в водах показывает, что во всех изучаемых реках в осенний период концентрации выше по сравнению с весенним паводковым периодом. Содержания растворенных металлов в речных водах по сезонам имеет неравномерный характер. Максимальные содержания натрия и микроэлементов в речных водах отмечены осенью, а минимальные содержания зафиксированы в период весеннего половодья. В горных реках (Варзоб и верховья Кафирнигана) содержание Ca уменьшается, а в равнинных реках (верховье Кафирнигана и Елок) увеличивается в осенний период. Содержание Fe и Mn в составе речных вод осенью ниже по сравнению с весенним половодьем.*

**Ключевые слова:** гидрогеохимия, обработка и интерпретация данных, сезонные вариации, макро- и микроэлементы.

*During implementation of international experiment "NAVRUZ", were studied seasonally changes of the physico-chemical parameters of waters in the rivers flowing from the southern ridges of the Hissar Mountains. Quantitative assessment of the distribution of the salts and total dissolved substances in waters shows that in all investigated rivers in autumn concentration higher than in the spring flood period. Concentration of the dissolved metals in river waters seasonally has been uneven. The maximum content of sodium and trace elements in river waters recorded in autumn, and the minimum content recorded during the spring flood. In the mountain rivers (Varzob and the upper stream of Kafirnigan) content of Ca decreases, and in the lowland rivers (downstream of Kafirnigan and Ilok) increases in the autumn. The content of Fe and Mn in the composition of river waters falls than in the spring floods.*

**Keywords:** hydrogeochemistry, processing and interpretation of the data, seasonal variations, macro - and microelements.

**Введение.** Воды рек различаются по химическому составу. На качество вод воздействуют гидрогеологические и гидрохимические характеристики бассейна рек. На состав воды влияют выпадающие осадки, таяние снегов, половодье и притоки, впадающие в более крупную реку, подземные воды, а также антропогенное воздействие.

Питание рек Таджикистана преимущественно снежно-ледниковое. Весенний паводок в реках проходит в марте-апреле, формируясь от таяния снегов в равнинной части бассейна рек и в предгорьях. В мае начинается второй - главный паводок, достигающий своего максимума в июле, во время интенсивного таяния ледников. Минимум стока (межень) наблюдается в декабре-январе, при этом основное питание рек осуществляется за счет подземных вод. Столь значительное различие в питании рек приводит к изменению физико-химических характеристик вод и содержанию металлов в растворенной фракции вод, делая их зависимыми от сезона наблюдения.

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

В данной работе изложены результаты обработки и интерпретации ранее полученных данных. Анализ охватывает изучение временных (сезонных) тенденций физико-химических параметров воды в реках, проистекающих с южных отрогов Гиссарского хребта в Таджикистане.

**Отбор проб и лабораторный анализ.** В рамках эксперимента «НАВРУЗ» были проведены отборы образцов в основных реках Таджикистана. Отбор проб производился в разные сезоны, в период половодья, в весенне-летний сезон (май-июнь месяцы) и межень, осенью (октябрь-ноябрь месяцы). Одновременно с пробоотбором измерялись основные физико-химические параметры воды: температура, pH, удельная проводимость, общий состав растворенных твердых веществ, общий состав солей, растворенный кислород и окислительно-восстановительный потенциал. Измерения физико-химических характеристик воды производились на местах отбора проб прибором "Hydrolab" (США) [2, 3]. Пробоотбор проводился с соблюдением требований Методических указаний [4]. Пробы воды собирались как минимум из пяти точек в рассматриваемом створе. Отобранные пробы воды фиксировались кислотой и упаривались при температуре меньше 85° С, степень предварительной концентрации равнялась 1/100 [5,6]. Под-

готовленные образцы направлялись в Институт ядерной физики Академии Наук Республики Узбекистан (г.Улугбек) для проведения нейтронно-активационного анализа (НАА). Результаты анализов направлялись в СНЛ США, для создания базы данных по состоянию радиационной ситуации и геохимии рек.

Для наших исследований были выбраны точки в реках, стекающих с южных отрогов Гиссарского хребта.

**Результаты исследования и обсуждения.** Состав воды в реках и их донные отложения несут информацию о геологических, геохимических и антропогенных процессах, происходящих в их бассейнах. Географически, будучи самыми низшими точками, в долинах они собирают в себя все поверхностные воды. Поверхностные воды, особенно в половодье, омыают огромные территории земли, смывая на своем пути разнообразные вещества. Вещества транспортируются водой, в растворенном или во взвешенном (в виде суспензий) состоянии. Взвешенные вещества по мере продвижения по рекам выпадают в осадки. Сезонная изменчивость объемов водного стока и питание в речном бассейне влияют на качество воды.

Для наших исследований были выбраны следующие точки на реках: Варзоб 1 (18 км выше г. Душанбе), Варзоб 2 (9 км ниже г. Душанбе), Кафирниган 1 (1 км выше слияния с Варзобом), Кафирниган 2 (3 км ниже слияния с Елоком), Кафирниган 3 (железнодорожный мост п. Шартуз), Елок, Каратаг и Хонако. Основные физико-химические параметры воды были измерены весной и осенью.

На рис. 1 показано распределение солей, растворимых в водах рек, измеренных весной, в период половодья и в межень.

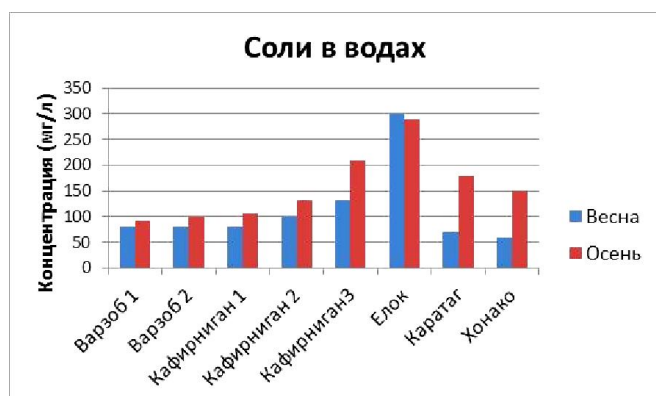


Рис. 1. Сезонные вариации распределения солей в водах рек.

Минерализация вод большинства горных рек низкая, содержание солей ниже 130 мг/л (весной), за исключением р. Елок. Повышенное содержание солей в последней, очевидно, обусловлено растворением и выносом солей из засоленных грунтов в речные воды. В этой реке в весенний период минерализация воды составляла 300 мг/л и оставалась практически неизменной осенью. Во всех остальных

реках концентрация растворенных солей в осенний период выше значений по сравнению с весенним паводковым периодом. Заметнее всего наблюдается повышение содержания солей в водах рек Каратаг и Хонако. Вероятно, такое распределение зависит от характера питания рек в осенне-зимний период - подземного питания, обогащенного солями и металлами, что приводит к увеличению минерализации воды.

Сезонное изменение содержания общего состава растворенных веществ в водах аналогично (рис. 2).

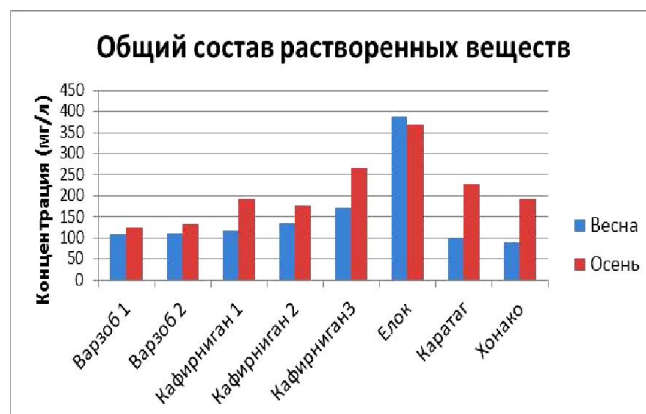


Рис. 2. Сезонные вариации распределения общего состава растворенных веществ в водах рек.

Общее количество растворенных твердых веществ состоит из органических и неорганических субстанций - минеральных веществ, солей, металлов, катионов и анионов, рассредоточенных в объеме воды. Низкие значения содержания общего состава растворенных веществ в водах связаны с гидро- и геохимическими свойствами в речном бассейне, концентрации варьируют от 95 мг/л (Хонако) до 380 мг/л (Елок) в весенний паводковый период, и от 110 мг/л (Варзоб 1) до 370 мг/л (Елок) осенью.

В реках Кафирниган, Каратаг и Хонако наблюдаются значительные повышения содержания общего состава растворенных веществ в водах осенью по сравнению с весенним сезоном.

Р. Кафирниган является источником питьевого водоснабжения и в то же время подвержена значительным факторам загрязнения - сбросные воды системы орошения, недостаточно очищенные стоки очистных сооружений, сбросы арычной сети территорий г. Душанбе и г. Кофарнихон приводят к многократному повышению показателя коли-индекса. В низовьях реки вода становится практически непригодной для использования. Река Кафирниган подвержена наибольшему антропогенному воздействию в Таджикистане [7].

Сравнение сезонных колебаний концентрации общего состава растворенных веществ (рис. 2) и удельной проводимости (рис. 3), которая напрямую зависит от концентрации растворенных солей в водах (рис. 1), показывает идентичную схему.

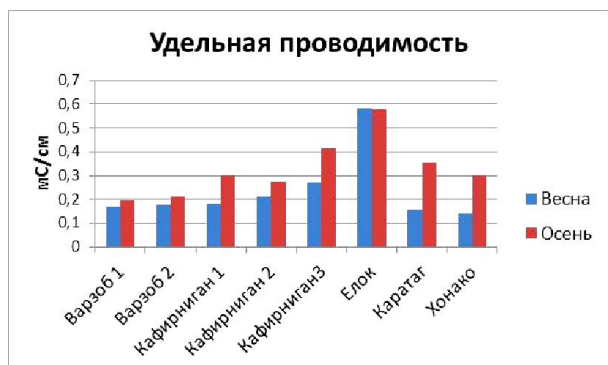


Рис. 3. Удельная проводимость вод в реках весной и осенью.

Проведенные исследования сезонной изменчивости физико-химических параметров воды в изучаемых реках позволяют предположить, что распределение солей и общего состава растворенных веществ определяются в основном геохимическими особенностями бассейнов рек.

Растворенный кислород характеризует количество растворенного в речной воде кислорода и поддерживает жизнь водных организмов. Органические, поглощающие кислород, вещества сокращают содержание кислорода в водах, что может привести к гибели водных организмов.

Анализ данных по растворенному кислороду в речных водах показывает, что воды в достаточной степени насыщены кислородом. Содержание растворенного кислорода варьирует от 8,9 мг/л до 10,5 мг/л весной и от 9,0 мг/л до 11,9 мг/л осенью. Наблюдаются незначительные колебания в зависимости от сезона, рис. 4.

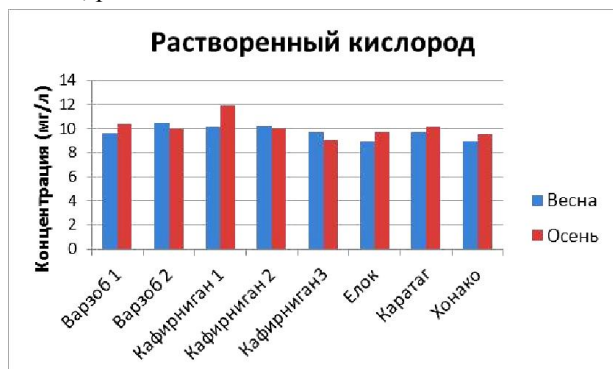


Рис. 4. Сезонные вариации распределения растворенного кислорода.

Повышение содержания растворенного кислорода в водах в осенний период отмечены на точках Варзоб 1, Кафирниган 1, Елок, Каратаг и Хонако.

Период весна-лето является периодом высокого потребления воды для ирригационных целей. Впоследствии сельскохозяйственные дренажные воды поступают обратно в реку, имея в своем составе органические и химические загрязняющие вещества, поглощающие кислород. Очевидно, этим объясняется снижение растворенного кислорода осенью в водах рек Варзоб 2, Кафирниган 2 и Кафирниган 3 по сравнению с весенним сезоном. В низовьях Кафирнигана уменьшение концентрации растворенного

кислорода осенью может быть также связано с изменениями гидроморфологических свойств и замедлениями процесса естественной аэрации. Все отмеченные реки протекают в густонаселенных местах. Дополнительным фактором снижения концентрации растворенного кислорода в сезон минимального водного стока может быть сброс муниципальных сточных вод в реку.

Другой характеристикой сезонных колебаний является водородный показатель pH. Этот параметр имеет важное значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных поверхностных водах. Он влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, формы миграции металлов и изменении токсичности загрязняющих веществ. Картина сезонных колебаний параметра pH в водах рек РТ приведена на рис. 5, из которого видно, что водородный показатель варьирует от 7,3 до 7,8 в весенний период, а в осенний период – от 7,4 до 8,5.

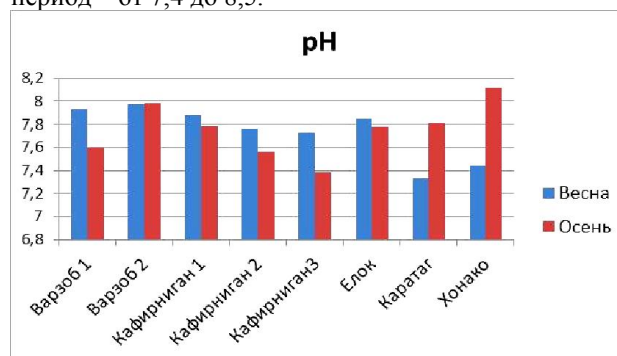


Рис. 5. Сезонные колебания значения pH воды в реках.

Повышение параметра pH воды осенью по сравнению с весной наблюдается в реках Каратаг и Хонако. Вероятно, это связано с поступлением в воды осенью большего количества солей, и в первую очередь ионов угольной кислоты. Водородный показатель для этих рек увеличился более чем на 0,5 единицы. Для воды других изучаемых рек показатель pH уменьшается, что соответствует общим геохимическим представлениям.

Значимым экологическим фактором является содержание металлов в воде. Одним из методов определения низких концентраций металлов в различных объектах является нейтронно-активационный анализ (НАА), обладающий высокой чувствительностью.

Нами изучено распределение макроэлементов (кальций, натрий, железо и марганец) в водах рек. Анализ показал, что в горных реках (Варзоб и верховья Кафирнигана) содержание Са уменьшается в осенний период, в тоже время увеличивается в равнинных реках. Сопоставление содержания Na в водах показывает, что наблюдается тенденция увеличения концентрации Na в речных водах осенью. Содержание Fe и Mn в водах в основном осенью уменьшается по сравнению с весной. Сезонные вариации распределения макроэлементов в изучаемых реках приведены в таблице 1.

Сезонные вариации распределения макроэлементов в реках (мг/л)

Реки	Са		Na		Fe		Mn	
	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень	Весна	Осень
Варзоб 1	51,09	27,20	1,22	1,85	0,685	0,107	0,012	0,001
Варзоб 2	53,03	22,28	1,34	2,01	0,217	0,033	0,008	0,003
Кафирниган 1	56,30	46,61	1,84	4,43	0,196	0,043	0,006	0,002
Кафирниган 2	46,67	57,20	5,06	11,95	0,211	0,125	0,012	0,008
Кафирниган 3	26,90	82,70	6,58	40,18	0,169	0,095	0,009	0,010
Елок	43,01	58,01	12,81	29,07	0,321	0,081	0,001	0,006

Очень четкая картина, выявленная по временному распределению солей и общих растворимых веществ в водах, повторяется при изучении распределения Na в сезонных вариациях. Для Са в наших исследованиях сезонные колебания отличаются от общей картины распределения элементов в водах (рис. 6). В горных реках (Варзоб и верховья Кафирнигана) отмечены минимальные значения концентрации Са в осенне-зимнюю межень, а в весеннее половодье – максимальные содержания. В равнинных реках (верховья Кафирнигана и Елок) содержание Са осенью выше, чем в период весеннего половодья.

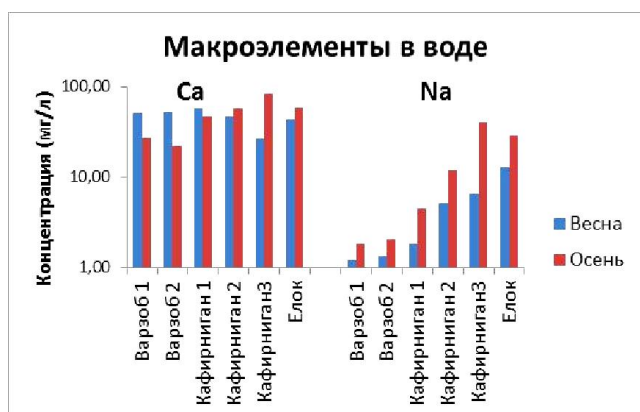


Рис. 6. Сезонные распределения Са и Na в водах рек.

Содержание Fe и Mn в водах осенью ниже по сравнению с сезоном весеннего половодья (рис.7), что, вероятно, объясняется их взаимодействием с речной взвесью и последующей седиментацией.

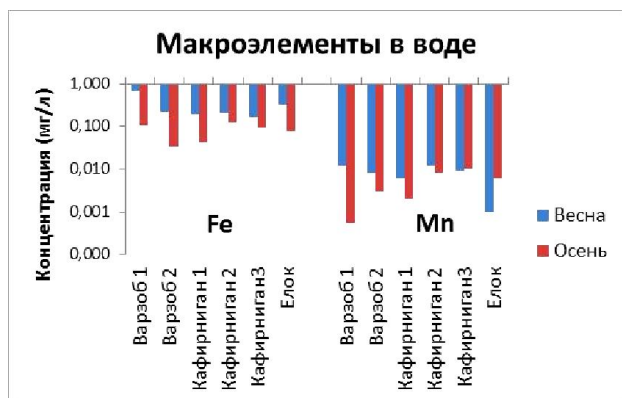


Рис. 7. Сезонные распределения Fe и Mn в водах рек.

Биогенные и токсичные микроэлементы в составе речных вод Таджикистана распределены неравномерно, причем их содержания значительно ниже, чем предельно допустимые концентрации [8]. В данной работе нами был выбран лишь уран, так как он является важным элементом для нашей республики. На рис. 8 показано распределение урана в водах весной и осенью.

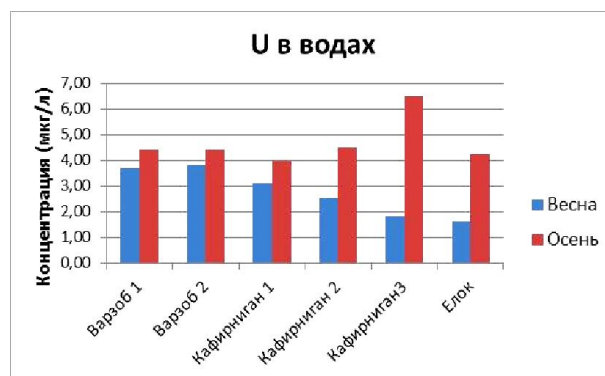


Рис. 8. Распространение урана в водах рек осенью и весной.

Измеренные концентрации урана варьируют от 1,5 мкг/л (Елок) до 3,7 мкг/л (Варзоб 1) весной, и от 4,0 мкг/л (Кафирниган 1) до 6,5 мкг/л (Кафирниган 3) осенью, то есть содержание U в водах в осенний период повышается по сравнению с весной. Для реки Кафирниган наблюдается значительное повышение концентрации U в водах вниз по течению реки для проб, отобранных осенью.

**Заключение.** Сопоставление распределения солей и общего состава растворенных веществ в водах показывает, что в большинстве изученных рек концентрации в осенний период выше значений по сравнению с весенним паводковым периодом.

Сезонные колебания распределения растворенных металлов в составе речных вод подтверждают зависимость химического состава воды от параметров водного стока. Максимальные содержания натрия в речных водах отмечены осенью, а минимальные содержания зафиксированы в период весеннего половодья. Для кальция гидрохимический режим отличается. В горных реках (Варзоб и верховья Кафирнигана) отмечены минимальные значения концентрации кальция в осенне-зимнюю межень, а в

весеннее половодье – максимальные содержания. В долинных реках (низовья Кафирнигана и Елок) содержания кальция в межень выше, чем в период половодья.

Содержание растворимых форм железа и марганца в составе речных вод осенью ниже по сравнению с весенним половодьем. Снижение концентраций железа и марганца в водах осенью, в период минимального водного стока, вероятно, объясняется их взаимодействием с речной взвесью и последующей седиментацией.

Биогенные и токсичные микроэлементы в составе речных вод распределены неравномерно и концентрации их незначительны. В данной работе нами рассмотрен лишь уран. Исследования показывают, что содержание U в составе изучаемых речных вод в осенний период повышается по сравнению с весной.

Изученные сезонные изменения физико-химических параметров воды в реках показывают на сильную зависимость от гидрогеохимических характеристик территорий бассейна рек и параметров водного стока.

#### 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. Абдушукуров Д.А., Давлатшоев Т., Джураев А.А., Пасселл Х., Салибаева З.Н. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 1. Физико-химические характеристики вод // Вестник Таджикского нац. унив., 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. Абдушукуров Д.А., Пасселл Х., Салибаева З.Н. Гидрохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 2. Содержание макроэлементов в водах// Вестник Таджикского нац. унив., 2014. - №1/2 (130). – С.151-156.
6. Абдушукуров Д.А., Пасселл Х., Салибаева З.Н. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 3. Содержание микроэлементов в водах // Вестник Таджикского нац. унив., 2014. - №1/3 (134) - С. 110-117.
7. Качество воды: Состояние. Таджикистан: состояние окружающей среды. [Электронный ресурс]. <http://enrin.grida.no/htmls/tadjik/soe2/rus/indexrus>.
8. 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]. [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)

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