

УДК 556.531.4(282.255.12)

ГИДРОХИМИЯ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ РЕКИ ВАХШ И ЕЕ ПРИТОКОВ

П.И. Норматов¹, Г.Т. Фрумин², И.Ш. Норматов¹, Б.А. Маркаев¹

¹ Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ, amparviz@bk.ru

² Российский государственный гидрометеорологический университет, gfrumin@mail.ru

Представлены результаты исследований химического и изотопного состава реки Вахш и ее основных притоков. Для учета влияния химического состава притоков к основному стволу реки Вахш отборы проб осуществлялись в каждом притоке до слияния с основной рекой. Было установлено, что химический состав вод как притоков, так и реки Вахш не превышает предельно допустимой концентрации соответствующих элементов, формируясь в основном в результате выщелачивания минеральных горных пород, и на верховье река Вахш не испытывает антропогенной нагрузки. Изотопным анализом вод притоков реки Вахш установлен источник питания каждой из них. На примере реки Муксу установлено, что в сухой период резервуары подземных вод превращаются в источник питания реки.

Ключевые слова: река Вахш, изотопный анализ, гидрохимия рек, подземные воды, приток.

HYDROCHEMISTRY AND ISOTOPE COMPOSITION OF THE VAKHSH RIVER AND TRIBUTARIES

P.I. Normatov¹, G.T. Frumin², I.Sh. Normatov¹, B.A. Markaev¹

¹ Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology AS RT

² Russian State Hydrometeorological University

The results of investigations of the Vakhsh River chemical and isotope composition and its main tributaries are presented. To take into account the influence of the chemical composition of the tributaries to the main flow of the Vakhsh River, sampling in each tributary before merging with the main river was carried out. It was found that the chemical composition of the waters of both the tributaries and the Vakhsh River does not exceed the maximum allowable concentration of the corresponding elements and is formed mainly because of leaching of mineral rocks and the Vakhsh River does not experience anthropogenic load on the upstreams. By isotopic analysis of the waters of the Vakhsh River tributaries, a source of flow for each of them was defined. For example, on the Muxsu River Basin it is established that in a dry period groundwater reservoirs are converted to a river supply source.

Keywords: Vakhsh River, isotope analysis, river hydrochemistry, groundwater, tributary.

Введение

Река Вахш является основной рекой Республики Таджикистан. Сливаясь с рекой Пяндж, она формирует трансграничную реку Амударья — самую крупную реку в Центральной Азии. Бассейн реки Вахш (БРВ) является одним из наибольших по площади бассейнов (39 100 км²), находящихся в наиболее высокой части Средней Азии. Протяженность реки Вахш составляет 524 км, ее средний многолетний сток — 23,7 км³/год. Потенциальные энергетические ресурсы реки Вахш составляют 28,6 млн кВт·ч (250 млн (кВт·ч)/год электроэнергии). Освоение

гидроэнергетического потенциала реки Вахш будет продолжено строительством еще нескольких крупных и средних гидроэлектростанций (ГЭС) с водохранилищами наряду с ныне действующими [7—9]. На территории БРВ формируется 1213 млн м³/год сточных и коллекторно-дренажных вод, из них на орошение используется 4 млн м³/год и сбрасывается в природные поверхностные водные объекты 1209,1 млн м³/год. Следовательно, проблема качества воды в бассейне реки является актуальной. Данная проблема приобрела в последнее время глобальный характер. Каждый день миллионы тонн неадекватно очищенных сточных вод, а также промышленных и сельскохозяйственных отходов выливаются в мировые воды. Каждый год от последствий потребления небезопасной воды людей умирает больше, чем от всех форм насилия, включая войны, причем наиболее серьезными эти последствия являются для детей в возрасте до пяти лет.

Водные отношения между республиками Средней Азии в советское время регулировались «Схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов в бассейнах Амударьи и Сырдарьи». Основной целью разработки бассейновых «схем» было определение реальных объемов и доступных для использования водных ресурсов в бассейнах Амударьи и Сырдарьи, а также обеспечение их справедливого распределения между региональными республиками, отвечающего интересам всех водопользователей.

Следует отметить, что в разработанной схеме не было рассмотрено и включено множество важных аспектов. В основном это касается санитарно-экологических требований к качеству воды водных артерий. Использование чрезмерно большого объема воды бассейна для ирригации, предписанное схемой, привело к истощению водных ресурсов и возникновению новых проблем, таких как ухудшение экологического состояния, иногда приводящее к экологической катастрофе в низовьях рек бассейна Арала, значительное загрязнение речной воды пестицидами, гербицидами, другими вредными элементами и увеличением минерализации воды.

Целью настоящей работы является исследование химического и изотопного состава реки Вахш и ее основных притоков, а также определение стационарных источников загрязнения бассейна реки Вахш.

Объект исследования

Отборы проб воды из реки Вахш и ее притоков осуществлялись, согласно схеме (рис.1), разработанной в [5]. Комплексный химический анализ вод осуществляется методами, описанными в [3]. Отбор проб воды для изотопного анализа проводился в соответствии с методологией, разработанной в Университете Колорадо в Боулдере (США) на Wavelength-Scanned Cavity Ringdown Spectroscopy (WS-CRDS). Химический состав воды каждой конкретной реки определялся путем отбора проб воды притоков до слияния с главной рекой и с другими притоками.

Ледники как основной источник формирования стока воды и климатообразующий фактор рассматриваются в качестве благоприятной природной среды для



Рис. 1. Схема отбора проб воды из реки Вахш и ее притоков.

аккумулирования атмосферных аэрозолей, химических соединений и металлических примесей. Ранее [2] обнаруженное присутствие тяжелых металлов в снежном покрове на ледниках южного склона Эльбруса связывалось с их переносом воздушными потоками.

Вполне вероятно, что накопленные в снежном покрове и ледниках различные загрязнители в процессе таяния снега и ледников попадают в реки и распространяются на большие расстояния.

Выбор снежного покрова как естественного индикатора загрязнения воздуха обусловлен тем, что снег эффективно поглощает примеси из атмосферы и депонирует выбросы сухой пыли из антропогенных источников [4].

Кроме того, концентрация загрязняющих веществ в составе снега на два-три порядка выше, чем в атмосфере. Это позволяет измерять содержание веществ достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности [1].

Гидрохимия и изотопный состав реки Вахш и притоков

Мониторинг качества воды трансграничных рек, выявление источников антропогенной нагрузки и принятие адекватных мер для их устранения путем разработки современных методов — действенный инструмент регулирования взаимосвязи между компонентами геоэкологической системы. Это важный элемент геоэкологического анализа проблем Центральной Азии и ключевой элемент в развитии основ рационального использования и охраны водных экосистем.

На рис. 2 представлены результаты химического анализа проб воды реки Вахш, ее притоков и подземных вод бассейна притоков реки.

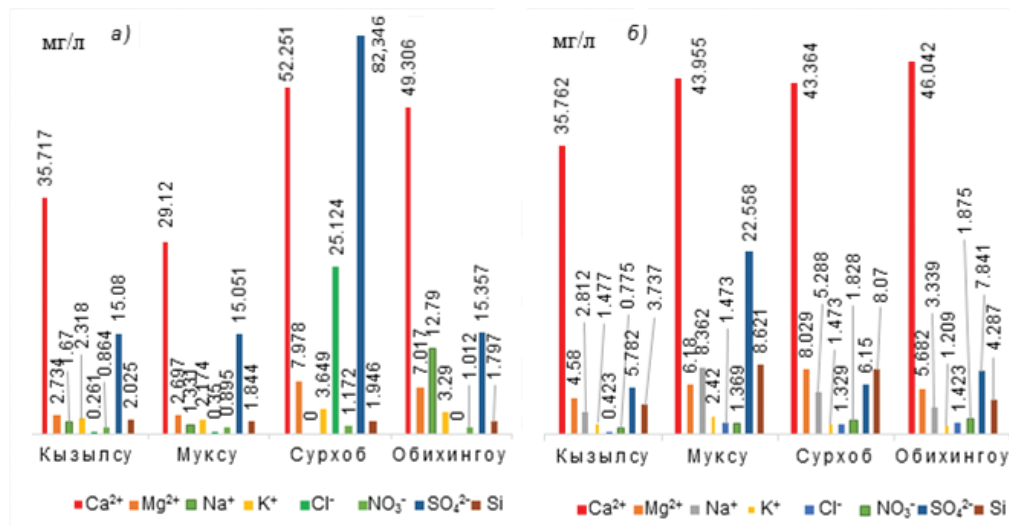


Рис. 2. Результаты химического анализа притоков реки Вахш (а) и подземных вод бассейнов притоков (б).

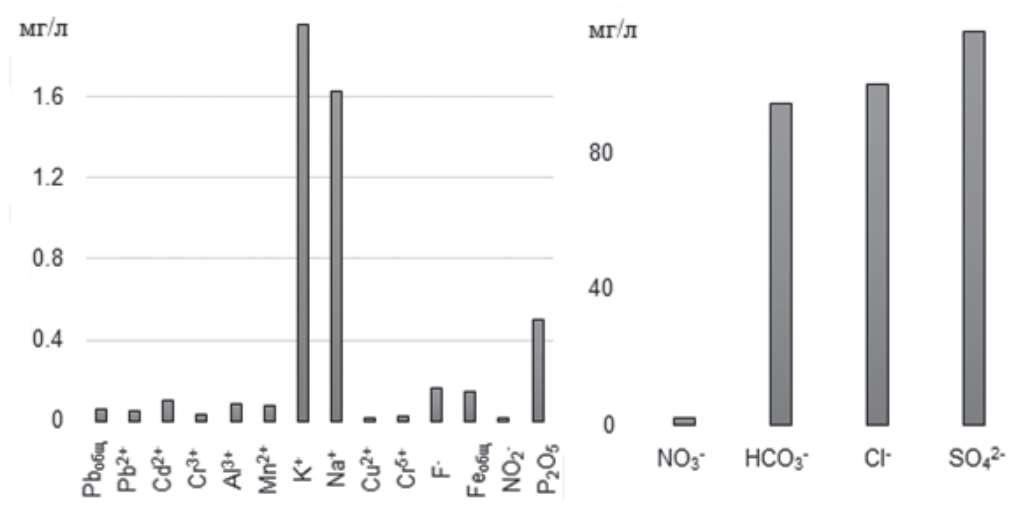


Рис. 3. Результаты химического анализа воды реки Вахш.

Из рис. 2 и 3 видно, что содержание химических элементов в водах реки Вахш и ее притоков не превышает предельно допустимой концентрации. Это свидетельствует о том, что формирование химического состава вод рек обусловлено, главным образом, выщелачиванием минеральных горных пород, и, значит, верховье реки Вахш не испытывает антропогенной нагрузки.

Изотопный состав кислорода, водорода и избыточное значение дейтерия являются информативными показателями при проведении гидрологических и гляциологических исследований по установлению закономерностей процессов ледообразования, накопления снега и их взаимных превращений.

Изотопный состав водорода и кислорода выражается в относительных единицах $\delta^2\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$:

$$\delta = \left[(R_{\text{об}}/R_{\text{ст}}) - 1 \right] \cdot 1000 \text{ ‰},$$

где $R_{\text{об}}$ и $R_{\text{ст}}$ — отношение $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в измеряемом образце и стандарте соответственно.

В качестве стандартной использовалась океанская вода (SMOW, Вена, МАГАТЭ). Точность измерения составляла $\pm 0,05 \text{ ‰}$. Результаты изотопного анализа вод реки Вахш и ее притоков представлены на рис. 4.

Для объяснения результатов изотопного анализа реки Вахш и ее притоков необходим анализ состояния оледенения бассейнов рек.

В бассейне реки Сурхоб интенсивно тают небольшие ледники северных склонов в западной части хребта Петра Великого. На южных склонах Алайского хребта оледенение уменьшается медленнее, так как там есть более крупные ледники. В бассейне реки Обихингоу наиболее крупный ледник Гармо интенсивно тает. В течение XX века он сократился почти на 7 км, потеряв более 6 км² площади. В настоящее время он отступает со средней скоростью 9 м в год, и поверхность оседает вследствие таяния со скоростью до 4 м в год. Другой ледник в том же бассейне, Скогач, отступает ежегодно на 11 м.

В связи с этим можно утверждать, что реки Сурхоб и Обихингоу питаются за счет ледников. Можно предположить, что осадки в основном выпадают зимой, и поэтому преобладают более легкие ионы.

Тяжелый изотопный состав реки Вахш по сравнению с ее притоками (Сурхоб, Обихингоу) обусловлен высокими значениями температуры в Вахшской долине. Слияние реки с притоками приводит к облегчению изотопного состава.

Изотопный состав реки Кызылсу характеризуется значениями $\delta^{18}\text{O} = -13,36 \text{ ‰}$, $\delta^2\text{H} = -87,88 \text{ ‰}$, что близко к значениям изотопного состава акваторий со средней годовой температурой выше 0 °С (рис. 4).

Ранее [10] было обнаружено, что изотопный состав реки Нарын в зависимости от сезона изменяется в следующем диапазоне: весной $\delta^{18}\text{O} = -13,4 \text{ ‰}$ и $\delta^2\text{H} = -96 \text{ ‰}$; осенью $\delta^{18}\text{O} = -12,4 \text{ ‰}$ и $\delta^2\text{H} = -89 \text{ ‰}$. На основе полученных данных авторы настоящей работы предположили, что вклад ледниковой воды в реку Нарын незначителен.

На основании предположения авторов [10] можно утверждать, что вклад ледникового питания в формирование водного стока реки Кызылсу незначителен.

При анализе химического состава речной воды и грунтовых вод в речных бассейнах Таджикистана было обнаружено существование процессов обогащения резервуаров подземных вод химическими элементами речной воды [6]. Был обнаружен механизм динамического взаимодействия поверхностных и подземных вод в бассейне реки Муксу, но в противоположном направлении, т.е. превращение резервуаров подземных вод в источник питания реки.

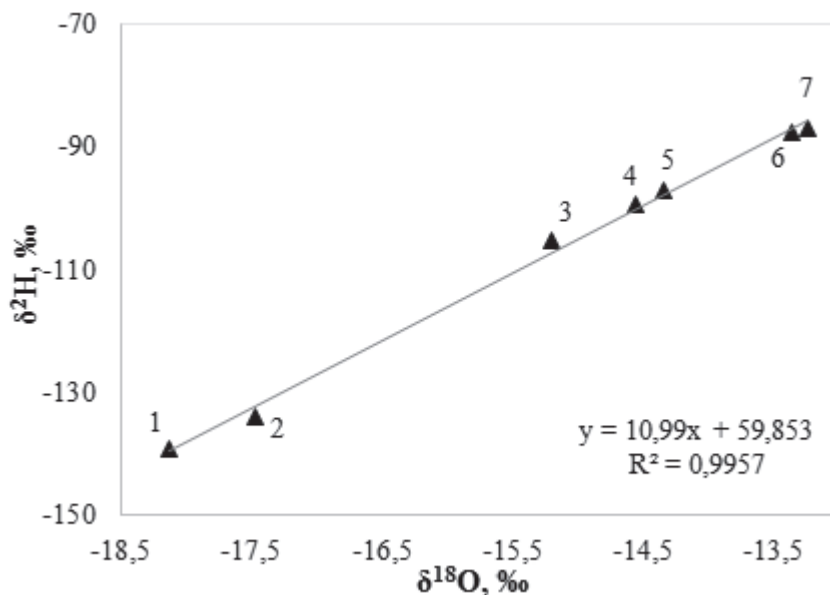


Рис. 4. Изотопный состав воды реки Вахш, ее притоков и ледника Гармо.

1, 2 — ледник Гармо; 3 — река Сурхоб; 4 — река Вахш; 5 — река Обихингоу;
6 — река Кызылсу; 7 — река Муксу.

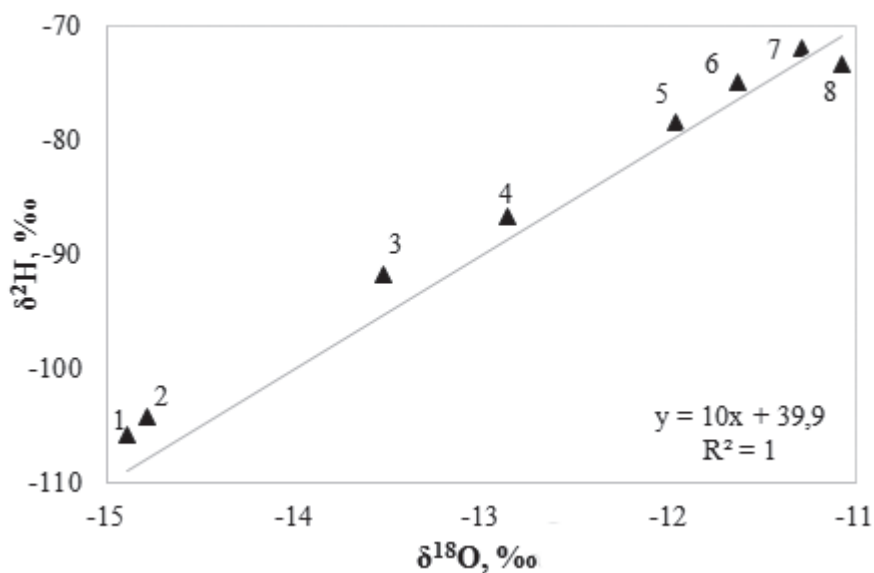


Рис. 5. Результаты изотопных анализов родниковых (1, 3—5) и подземных вод (2, 6—8) бассейнов рек Муксу, Кызылсу, Сурхоб и Обихингоу соответственно.

Результаты изотопного анализа родниковых и грунтовых вод бассейнов рек Муксу, Кызылсу, Сурхоб и Обихингоу представлены на рис. 5. Из рисунка видно, что изотопный состав грунтовых и родниковых вод бассейна реки Муксу значительно легче, чем изотопный состав речной воды, и близок к составу ледниковой воды. Можно предположить, что во время весеннего снеготаяния в процессе инфильтрации подземные резервуары накапливают талую воду и в сухие периоды превращаются в источник речного стока, т.е. питают реку. Конечно, это отражается на изотопном составе речной воды.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что верховье реки Вахш не испытывает антропогенной нагрузки и формирование химического состава реки происходит, главным образом, в результате выщелачивания прибрежных горных пород. Показано, что содержание химических элементов в водах реки Вахш и ее притоков в верховьях не превышает установленных ПДК. Для установления вклада притоков в формирование химического и изотопного состава реки Вахш применен дифференцированный метод, заключающийся в отборе проб из реки до слияния с главной рекой. Использование методов изотопной гидрологии позволило подтвердить тот факт, что основные притоки реки Вахш (реки Сурхоб и Обихингоу) характеризуются ледниковым питанием. Изотопным методом обнаружено, что в бассейне реки Муксу имеет место процесс заполнения резервуаров подземных вод в период половодья и их превращение в источник питания рек в маловодье.

Список литературы

1. *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 182 с.
2. *Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф.* Распределение тяжелых металлов в поверхностных слоях снежно-фирновой толщи на южном склоне Эльбруса // *Лед и снег*. 2011. № 2 (114). С. 24—35.
3. *Норматов П.И., Фрумин Г.Т.* Сравнительный анализ гидрохимических показателей верховья и низовья трансграничной реки Зеравшан // *Ученые записки РГГМУ*. 2015. № 39. С. 181—188.
4. *Темерев С.В., Индюшкин И.В.* Химический мониторинг снежного покрова в области влияния Барнаула // *Изв. Алтайского государственного университета*. 2010. 3—1 (67). С. 196—203.
5. *Groll M., Ch. Opp Ch., Normatov I.* et al. Water quality, potential conflicts and solutions—an upstream—downstream analysis of the transnational Zarafshan River (Tajikistan, Uzbekistan) // *J. Environ. Earth Sci.* V. 73, No. 2. P. 743—764.
6. *Kholmirezova M.O., Radzhabova A.S., Buranova S.A., Normatov I.* Monitoring and physical-chemical studies of ground and surface water sources of Republic of Tajikistan // *Water: Chemistry and Ecology*. 2012. 6. P. 92—96.
7. *Normatov I.Sh.* The water balance and the solution of water problems in the Central Asian region // *Proc. UNESCO/IAHS/IWHA Symposium*. 1—4 December 2003, Rome, Italy. P. 300—314.
8. *Normatov I.Sh.* Regional experiences in solving water resources problems in Tajikistan // *Book Building a New Asia / Ed.: M. Singh. Kolkata, SHIPRA*, P. 295—304.
9. *Normatov I., Murtazaev U., Nasirov N.* Creation of adaptation mechanisms: The key to more cost—effective and environment—friendly water management // *Red Book. IAHS Publ.* 338. 2010. P. 74—76.
10. *Tokarev I.V., Polyakov V.A., Samsonova A.A.* et al. Water Isotope composition in the formation of conditions of the Toktogul reservoir water budget. hge.spbu.ru/download/tokarpapper/isotopes.pdf.