



УДК 556.531.4: 551.324.862

<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.58>

## Химический состав снежного покрова и талых вод ледника Гармо, формирующий гидрохимию реки Обихингоу в бассейне реки Вахш

И. Ш. Норматов\*

*Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан*

Н. Ш. Шерализода, А. Ш. Хомидов

*Агентство по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан*

Ф. А. Шарофзода, А. О. Муминов

*Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Республика Таджикистан*

**Аннотация.** Изучается химический состав снежного покрова и талой воды из ледника Гармо и их вклад в формирование гидрохимии р. Обихингоу. Демонстрируются результаты мониторинга метеорологических условий бассейна и гидрологии р. Обихингоу за период 1960–2020 гг. На основании проведенных расчетных прогнозов делается вывод, что в верховье р. Вахш к 2050 г. ожидается повышение температуры на 0,4–0,7 °С по сравнению с периодом 1960–2020 гг. Отмечается хотя и небольшое, но увеличение количества атмосферных осадков в бассейне р. Обихингоу со среднегодовым значением 3,7 мм/год. Определением концентрации химических элементов в нижнем течении р. Обихингоу вычисляются значения индикаторов применимости речной воды для ирригации (SAR, %Na<sup>+</sup>, SSP и ESP). Показывается, что вода р. Обихингоу характеризуется низкой степенью минерализации и вполне пригодна для ирригации.

**Ключевые слова:** р. Обихингоу, ледник Гармо, гидрохимия, ирригация.

---

**Для цитирования:** Химический состав снежного покрова и талых вод ледника Гармо, формирующий гидрохимию реки Обихингоу в бассейне реки Вахш / И. Ш. Норматов, Н. Ш. Шерализода, А. Ш. Хомидов, Ф. А. Шарофзода, А. О. Муминов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2022. Т. 42. С. 58–67. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.58>

---

Original article

## Chemical Composition of the Snow Cover and Meltwater of the Garmo Glacier Components of the Hydrochemistry of the Obikhingou River in the Vakhsh River Basin

I. Sh. Normatov\*

*Tajik National University, Dushanbe, Republic of Tajikistan*

N. Sh. Sheralizoda, A. Sh. Homidov

*Agency for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan*

F. A. Sharofzoda, A. O. Muminov

*Tajik National University, Dushanbe, Republic of Tajikistan*

**Abstract.** The aim of the work is to study the chemical composition of snow cover and meltwater from the Garmo glacier and their contribution to the formation of the hydrochemistry of the Obikhingou river. The results of monitoring the meteorological conditions of the Obikhingou river basin and hydrology for the period 1960-2020 are presented. According to the estimates, the rate of increase in the average annual temperature values for the period 1960-2020 in the Vakhsh river basin as a whole flows differently and is in the basins of its tributaries: Surkhob  $6.3 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/yr}$ , Kyzylsu  $13.5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/yr}$  and Obikhingou  $18.6 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/yr}$ . The temperature increases on the Vakhsh River upstream by 2050 is expected  $0.4\text{-}0.7 \text{ }^\circ\text{C}$  compared to the period 1960-2020. For the period 1960-2020 there was a slight increase amount of atmospheric precipitation in the Obikhingou river basin with an average annual value of  $3.7 \text{ mm/yr}$ . By determining the concentration of chemical elements on the Obikhingou river downstream, the values of indicators (SAR,  $\% \text{Na}^+$ , SSP and ESP) of the applicability of river water for irrigation were calculated that were significantly lower than their critical values.

**Keywords:** Obikhingou river, Garmo glacier, hydrochemistry, irrigation.

---

**For citation:** Normatov I.Sh., Sheralizoda N.Sh., Homidov A.Sh., Sharofzoda F.A., Muminov A.O. Chemical Composition of the Snow Cover and Meltwater of the Garmo Glacier Components of the Hydrochemistry of the Obikhingou River in the Vakhsh River Basin. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2022, vol. 42, pp. 58-67. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.42.58> (in Russian)

---

## Введение

Река Вахш рождается при слиянии рек Сурхоб и Обихингоу, которые, в свою очередь, образуются путем слияния двух или более притоков. Сурхоб и Обихингоу сливаются на высоте 1151 м над у. м., устье Вахша находится на высоте всего 316 м над у. м. Правый приток р. Вахш – Сурхоб протяженностью 81 км, площадью бассейна  $1760 \text{ км}^2$ , средняя высота 3140 м над у. м. В бассейне р. Сорбог насчитывается 246 ледников общей площадью  $105,6 \text{ км}^2$ . Река Обихингоу – левый приток р. Вахш – имеет длину 196 км, площадь бассейна  $6660 \text{ км}^2$  с 756 ледниками общей площадью  $712 \text{ км}^2$ . В бассейне р. Обихингоу находится самый большой ледник Гармо протяженностью 34 км и площадью  $114 \text{ км}^2$ . Ныне ледник интенсивно отступает, его поверхность опускается, от ледника отделяются большие ледяные глыбы. Река Вахш характеризуется богатым гидроэнергетическим потенциалом (общий гидроэнергетический ресурс реки 28,6 млн кВт, т. е. 250 млрд кВт·ч электроэнергии в год). Более того, с орошением более 25 тыс. га на территории Республики Таджикистан Вахш как приток трансграничной р. Амударьи вносит существенный вклад в орошение земель на территории стран низовья республик Туркменистан и Узбекистан [Normatov, Markaev, Normatov, 2016].

Повышение температуры вызвало экологические изменения, которые ускорили водный цикл, усугубили экстремальные гидрологические явления, привели к сокращению водообеспеченности и повышению уязвимости водных ресурсов [Arnell, Gosling, 2016]. Реки в засушливых регионах, которые в основном снабжаются осадками и талыми водами, особенно чувствительны к изменениям глобального климата [Petrov, Normatov, 2010], так как колебания

температуры и осадков повышают сложность гидрологических процессов рек и водных ресурсов [Progress and prospects ... , 2015; Changes in Central ... , 2016].

Среди всех компонентов экосистемы горная экосистема является наиболее уязвимой и особенно чувствительной к изменению климата. Современные тенденции развития природных явлений (потепление климата, чрезвычайные ситуации природного характера и др.) вызывают особую озабоченность у горных стран и обуславливают необходимость принятия решительных мер по сокращению последствий изменения климата. Изменение гидрологического режима рек, вызванное изменением климата, отражается на гидро- и биохимических индикаторах речных вод, интенсификации инфильтрационных процессов и тем самым обмене химическими элементами между поверхностными и подземными водами.

Повышение летних температур способствует увеличению концентрации патогенных микроорганизмов и вспышкам инфекционных заболеваний, вызывает селекцию в направлении менее температурочувствительных видов, прямо благоприятствуя росту некоторых местных бактерий, включая патогенные виды.

С точки зрения использования вод для ирригации важность гидрохимии рек обусловлена прежде всего возможностью реализации механизма переноса химических элементов по цепочке вода – почва – растение – человек, как установлено в МАГАТЭ (Международном агентстве по атомной энергии), для передачи радионуклидов. Растения, питаемые ирригационной водой, получают осажденные химические элементы из почвы, называемые фактором переноса от почвы к растению (ФП), который широко используется для расчета радиологической дозы человека. В целом факторы переноса проявляют широкий диапазон вариаций в зависимости от свойства почвы, pH, содержания катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и органических веществ. Вопросы изучения особенностей формирования ионного стока рек в условиях глобального изменения климата и антропогенной нагрузки ныне находятся в центре внимания многих научных школ и ученых [Таиров, 2015; Кирста, Пузанов, 2018].

Ионный сток (сток растворенных веществ) является одной из составляющих геостока (потока вещества и энергии) горных областей, а также интегральной характеристикой гидрологических, геохимических и геоэкологических процессов в речных бассейнах. Особую актуальность исследования ионного стока приобретают при изучении тех геосистем, которые находятся в неустойчивых состояниях, например горно-ледниковых бассейнов, в условиях климатических изменений [Ионный сток и ... , 2014].

Целью настоящей работы является исследование химического состава снежного покрова, талой воды ледника Гармо и гидрохимии р. Обихингоу.

### **Объект и методы исследования**

Отборы проб снежного покрова и талой воды из ледника Гармо ( $38^{\circ}49'$  с. ш.  $71^{\circ}46'$  в. д.) осуществлялись в точках 1–3 и 4 соответственно (рис. 1).

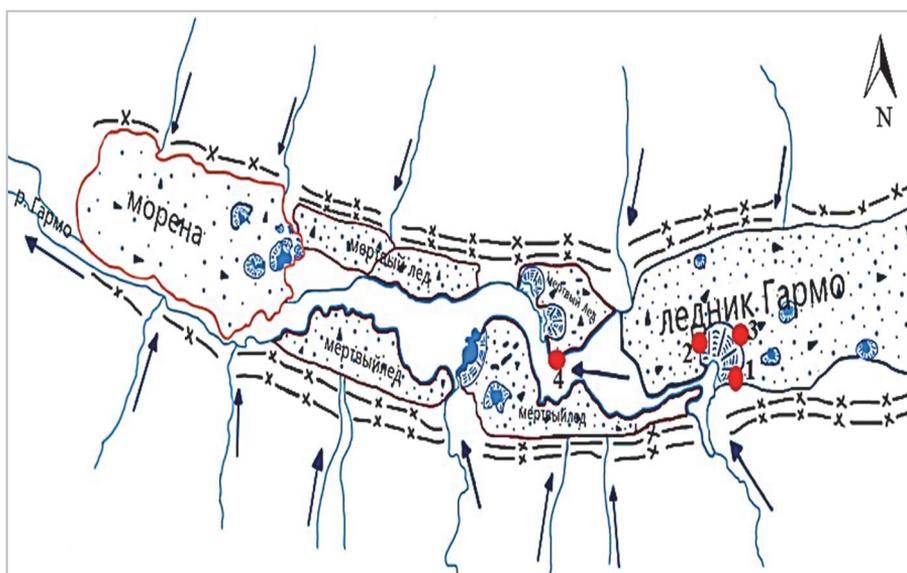


Рис. 1. Схема отбора проб снежного покрова и талой воды из ледника Гармо

Для определения микроэлементов на каждом пункте были отобраны по десять проб. Использовались промытые кислотой полиэтиленовые контейнеры (250 мл). Пробы отбирали вручную из подповерхностной воды (глубина 30 см и посередине реки). Промытые кислотой полиэтиленовые контейнеры были опущены в поток. Сразу же после отбора образцы были отфильтрованы через 0,2-миллиметровый ацетатцеллюлозный фильтр и хранились в полипропиленовых промытых кислотой бутылках. Гидрохимический анализ выполнен с использованием общепринятых классических методов и нормативных документов на методы испытаний. Биогенные соединения в пробе воды (нитраты, фосфаты) определены на спектрофотометре DR 3900 фирмы HACH-LANGE. Применялись соответствующие методики и реагенты со штрих-кодами: для определения фосфатов – LCK 349, нитратов – LCK 339.

Для мониторинга метеорологических условий бассейна р. Обихингоу использовались данные метеорологической станций Тавильдара ( $38^{\circ}42'$  с. ш.  $70^{\circ}28'$  в. д.) за период 1960–2020 гг.

### Результаты и обсуждение

Систематизация и обработка данных метеорологических станций показывают, что в бассейне р. Обихингоу изменение температуры имеет тенденцию к увеличению (рис. 2).

Согласно проведенным оценкам, темп повышения среднегодовых значений температуры периода 1960–2020 гг. в целом по бассейну р. Вахш протекает по-разному и составляет в бассейнах ее притоков: р. Сурхоб –  $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , р. Кызылсу –  $13,5 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$  и р. Обихингоу –  $18,6 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . На основании проведенных расчетных прогнозов ожидается повышение температуры в верховье р. Вахш к 2050 г. на  $0,4\text{--}0,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  по сравнению с периодом 1960–2020 гг.

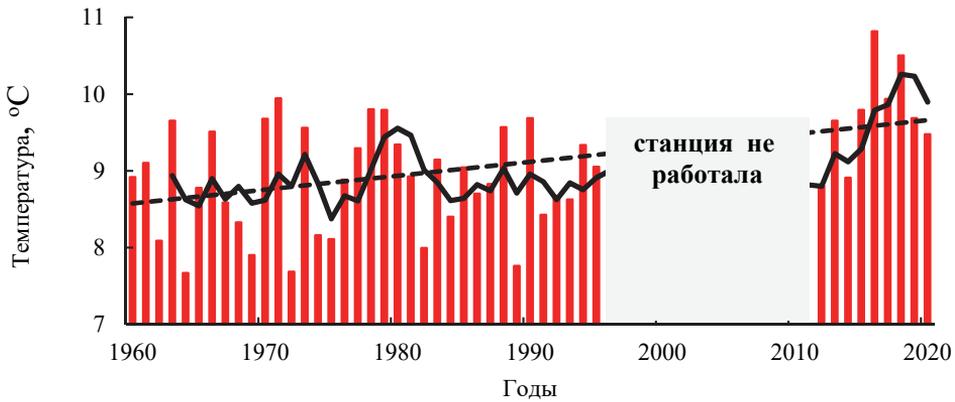


Рис. 2. Среднегодовое значение температуры в бассейне р. Обихингоу за период 1960–2020 гг.

Естественно, атмосферные осадки являются ключевым метеорологическим фактором в оценке и прогнозе текущего и перспективного состояния снежно-ледовых и водных ресурсов бассейнов рек (рис. 3).

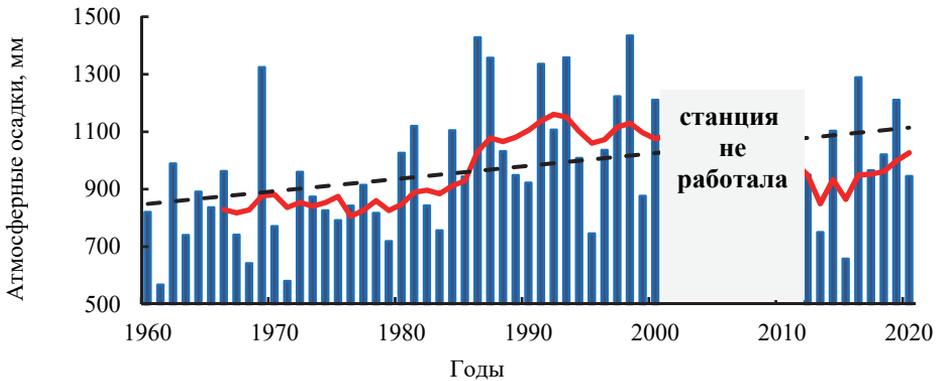


Рис. 3. Среднегодовое значение атмосферных осадков в бассейне р. Обихингоу за период 1960–2020 гг.

Из рис. 3 видно, что за период 1960–2020 гг. наблюдалось хотя и небольшое, но увеличение количества атмосферных осадков в бассейне р. Обихингоу со среднегодовым значением 3,7 мм/год. В бассейнах рек Сурхоб, Кызылсу – притоков р. Вахш – среднегодовое увеличение количества осадков составило 0,88 и 0,83 мм/год соответственно.

Динамика изменения объема стока р. Обихингоу за период 1960–2020 гг. представлена на рис. 4.



Рис. 4. Динамика изменения объема воды р. Обихингоу за период 1960–2020 гг.

Изменения стока рек за рассматриваемый период характеризуются возрастающим трендом. На первый взгляд создается впечатление, что увеличение стока р. Обихингоу связано с наблюдаемым на рис. 3 положительным трендом атмосферных осадков. Однако на самом деле главной причиной увеличения стока реки является таяние снежного покрова и ледников бассейна р. Обихингоу.

В бассейне р. Обихингоу интенсивно тает крупнейший ледник Гармо. За XX в. он сократился почти на 7 км, потеряв более 6,0 км<sup>2</sup> площади. В настоящее время он отступает со средней скоростью 9 м/год, поверхность оседает из-за таяния до 4 м/год. Еще один ледник в этой же котловине – Скогач – отступает ежегодно на 11 м.

Для изучения состояния ледника Гармо и отбора проб воды и снега экспедиционная группа Агентства по гидрометеорологии при Комитете охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан совместно с учеными из Таджикского национального университета работала на верховье р. Обихингоу с 4 по 12 мая 2021 г.

В табл. 1 и 2 обобщены результаты химического анализа проб снега и талой воды ледника Гармо.

Таблица 1

Результаты анализа ионно-солевого состава проб снега и талой воды

Наименование проб воды	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Общая жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	Сумма ионов, мг/дм <sup>3</sup>
		мг/дм <sup>3</sup>							
Проба 1 – снег	8,6	4,2	0,9	27,0	7,1	9,6	58,6	0,28	107
Проба 2 – снег	8,7	4,0	1,9	26,0	7,1	9,6	61,0	0,36	110
Проба 3 – снег	8,4	3,7	0,9	22,7	7,4	9,6	46,4	0,26	91
Проба 4 – талая вода	7,7	31,3	11,2	31,0	11,3	57,6	134,2	2,48	277

Таблица 2

Содержание биогенных веществ и тяжелых металлов в составе снега и талой воды из ледника Гармо

Наименование проб воды	Содержание биогенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>		Содержание тяжелых металлов, мкг/дм <sup>3</sup>				
	Азот нитратный (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Кадмий
Проба 1 – снег	0,300	0,075	5,3	12,7	10,9	14,1	4,5
Проба 2 – снег	0,180	0,034	7,0	11,8	9,7	11,3	2,1
Проба 3 – снег	0,421	0,046	3,6	10,8	8,3	14,1	3,3
Проба 4 – талая вода	0,367	0,038	5,3	11,5	9,4	15,0	1,7

Нами проводились отборы проб воды непосредственно из р. Обихингоу перед ее воссоединением с р. Сурхоб, результаты их химического анализа представлены на рис. 5.

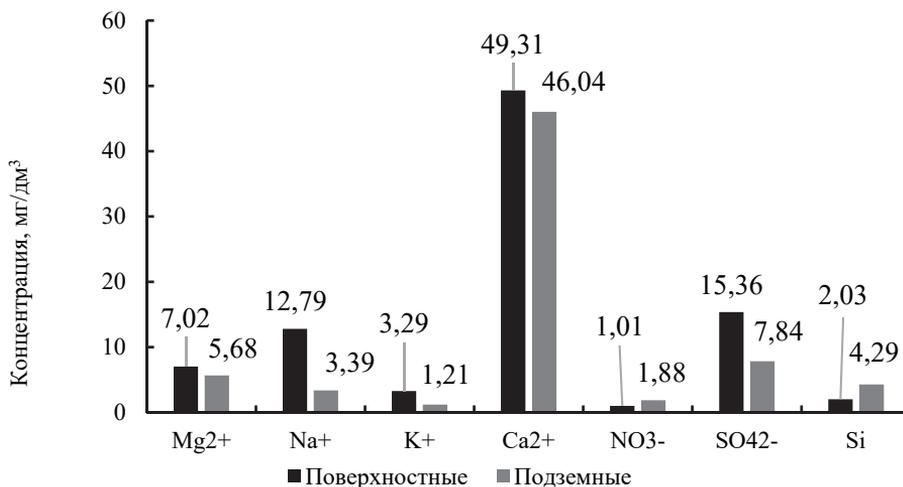


Рис. 5. Концентрации химических составляющих в поверхностных и подземных водах бассейна р. Обихингоу

Данные, отображенные на рис. 5, использовались для определения степени применимости вод р. Обихингоу в ирригации сельскохозяйственных земель. Степень применимости вод для ирригации регламентируется такими индикаторами, как коэффициент адсорбции натрия (SAR), процентное содержание натрия (%Na<sup>+</sup>), доля растворимого натрия (SSP) и процентное содержание обменного натрия (ESP), которые вычисляются следующими выражениями [Conservation and protection ... , 2022]:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}; \quad (1)$$

$$\%Na^{+} = \frac{(Na^{+} + K^{+}) \cdot 100}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+})}; \quad (2)$$

$$SSR = \left( \frac{Na^{+}}{Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}} \right) \cdot 100; \quad (3)$$

$$ESP = \left( \frac{Na^{+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \right). \quad (4)$$

С использованием выражений (1)–(4) проводились вычисления соответствующих индикаторов по применимости вод р. Обихингоу для ирригации: SAR = 0,451 (м·экв/дм<sup>3</sup>) –1, %Na<sup>+</sup> = 15,620 %, SSP = 15,45 % и ESP = 0,183, которые существенно ниже критических значений.

Следовательно, можно утверждать, что р. Обихингоу не вносит значительного негативного вклада в изменение ионно-солевого состава главной р. Вахш с точки зрения ирригации сельскохозяйственных земель.

### Заключение

Таким образом, установлено, что изменение климатических условий бассейна р. Обихингоу способствует процессам таяния ледников и, соответственно, увеличению стока реки. Результатами химического анализа снежного покрова ледника Гармо показано, что обнаруженные химические элементы имеют атмосферное происхождение. Предположено, что ледники являются аккумуляторами атмосферных загрязнителей. Установлено отсутствие антропогенных факторов загрязнения на верховье р. Обихингоу, а также что формирование химического состава реки имеет природное происхождение. По результатам вычислений индикаторов применимости вод для ирригации выявлено, что р. Обихингоу не вносит существенного вклада в повышение степени минерализации главной р. Вахш и вполне подходит для полива сельскохозяйственных земель.

### Список литературы

Ионный сток и химический состав ледниковой реки Актру (Горный Алтай) / В. В. Паромов, О. Г. Савичев, Л. Н. Шантыкова, Т. А. Торгашева // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 383. С. 226–231.

Кирста Ю. Б., Пузанов А. В. Системно-аналитическое моделирование ионного стока горных рек // Ползуновский альманах. 2018. № 4. С. 113–116.

Таиров А. Об изучении ионного стока реки Сырдарья в ее нижнем течении // Вопросы географии и геоэкологии. 2015. № 1. С. 67–71.

Arnell N. W., Gosling S. N. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale // Climatic Change 2016. Vol. 134, N 3. P. 387–401. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1084-5>

Changes in Central Asia's water tower: Past, present and future / Y. N. Chen, W. H. Li, H. J. Deng, G. H. Fang, Z. Li // Scientific Reports. 2016. Vol. 6, N 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep35458>

Conservation and protection of the Central Asia region highlands water resources is the key to the future development of Agriculture and Food security / I. Sh. Normatov, R. Anderson, A. Karimzoda, A. Normatov // Intern. J. Sustainable development of Mountain territories, 2022. Vol. 13, N 4 (50). P. 469–475.

Kalra Y. P., Maynard D. G. Methods manual for forest soil and plant analysis. Information report NOR-X-319. Northwest Region, Northern Forestry Centre, Forestry Canada. 1991. 125 p.

Normatov P.I., Markaev B.A., Normatov I. Sh. Monitoring of change of the Vakhsh river and tributaries hydrology in condition of climate change // Intern. J. Management and Appl. Sci. 2016. Vol. 2, Iss. 10. P. 55-58.

Petrov G. N., Normatov I. Sh. Conflict of interests between water users in the Central Asian region and possible ways to its elimination // Water Resources. 2010. V. 37, No. 1. P. 113–120. <https://doi.org/10.1134/s0097807810010112>

Progress and prospects of climate change impacts on hydrology in the arid region of northwest China / Y. N. Chen, Z. Li, Y. T. Fan, H. J. Wang, H. J. Deng // Environmental Research. 2015. Vol. 139. P. 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.029>

Will climate change exacerbate water stress in Central Asia? / T. Siegfried [et al.] // Climatic Change. 2012. Vol. 112. N 3–4. P. 881–899. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0253-z>.

## References

Paromov V.V., Savichev O.G., Shantykhova L.N., Torgasheva T.A. Ionnyj stok i himicheskiy sostav lednikovoj reki Aktru (gornyj Altaj) [Ion runoff and chemical composition of the Aktru glacial river (Gorny Altai)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University], 2014, no. 383, pp. 226-231. (in Russian)

Kirsta Ju.B., Puzanov A.V. Sistemno-analiticheskoe modelirovanie ionnogo stoka gornyh rek [System-analytical modeling of ion flow of mountain rivers]. *Polzunovskij almanah* [Polzunovsky Almanac], 2018, no. 4, pp. 113-116. (in Russian)

Tairov A. Ob izuchenii ionnogo stoka reki Syrdar'i v ee nizhnem techenii [On the study of the ion flow of the Syr Darya river in its lower course]. *Voprosy geografii i geojekologii* [Questions of geography and geocology], 2015, no. 1, pp. 67-71. (in Russian)

Arnell N.W., Gosling S.N. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 2016, vol. 134, no. 3, pp. 387-401. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1084-5>

Chen Y.N., Li W.H., Deng H.J., Fang G.H., Li Z. Changes in Central Asia's water tower: Past, present and future. *Scientific Reports*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1038/srep35458>

Normatov I.Sh., Anderson R., Karimzoda A., Normatov A. Conservation and protection of the Central Asia region highlands water resources is the key to the future development of Agriculture and Food security. *Intern. J. Sustainable development of Mountain territories*, 2022, vol. 13, no. 4 (50), pp. 469-475.

Kalra Y.P., Maynard D.G. *Methods manual for forest soil and plant analysis. Information report NOR-X-319*. Northwest Region, Northern Forestry Centre, Forestry Canada, 1991, 125 p.

Normatov P.I., Markaev B.A., Normatov I.Sh. Monitoring of change of the Vakhsh river and tributaries hydrology in condition of climate change. *Intern. J. Management and Appl. Sci.*, 2016, vol. 2, iss. 10, pp. 55-58.

Petrov G.N., Normatov I.Sh. Conflict of interests between water users in the Central Asian region and possible ways to its elimination. *Water Resources*, 2010, vol. 37, no. 1, pp. 113-120. <https://doi.org/10.1134/s0097807810010112>

Chen Y.N., Li Z., Fan Y.T., Wang H.J., Deng H.J. Progress and prospects of climate change impacts on hydrology in the arid region of northwest China. *Environmental Research*, 2015, vol. 139, pp. 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.029>

Siegfried T. [et al.] Will climate change exacerbate water stress in Central Asia? *Climatic Change*, 2012, vol. 112, no. 3-4, pp. 881-899. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0253-z>

## Сведения об авторах

### **Normatov Inom Sherovich**

член-корреспондент АН Республики  
Таджикистан, заведующий кафедрой  
Таджикский национальный университет  
Республика Таджикистан, 734025,  
г. Душанбе, просп. Рудаки, 17  
e-mail: inomnor@gmail.com

## Information about the authors

### **Normatov Inom Sherovich**

Corresponding Member AS of the Republic of  
Tajikistan, Head of Department  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025,  
Republic of Tajikistan  
e-mail: inomnor@gmail.com

**Шерализода Назриало Шерали**

заместитель директора  
Агентство по гидрометеорологии  
Комитета по охране окружающей среды  
Правительства Республики Таджикистан  
Республика Таджикистан, 734021,  
г. Душанбе, ул. Шевченко, 47  
e-mail: nazralo@mail.ru

**Sheralizoda Nazrialo Sherali**

Associate Director  
Agency for Hydrometeorology of the  
Committee for Environmental Protection under  
the Government of the Republic of Tajikistan  
47, Shevchenko st., Dushanbe, 734021,  
Republic of Tajikistan  
e-mail: nazralo@mail.ru

**Хомидов Анвар Ширинович**

ведущий специалист  
Агентство по гидрометеорологии  
Комитета охраны окружающей среды при  
Правительстве Республики Таджикистан  
Республика Таджикистан, 734021,  
г. Душанбе, ул. Шевченко, 47  
e-mail: anvar\_h@mail.ru

**Homidov Anvar Shirinovich**

Leading Specialist  
Agency for Hydrometeorology of the  
Committee for Environmental Protection under  
the Government of the Republic of Tajikistan  
47, Shevchenko st., Dushanbe, 734021,  
Republic of Tajikistan  
e-mail: anvar\_h@mail.ru

**Шарофзода Фируз Алиджон**

соискатель, кафедра метеорологии и  
климатологии  
Таджикский национальный университет  
Республика Таджикистан, 734025,  
г. Душанбе, просп. Рудаки, 17  
e-mail: zar.rakhimov@mail.ru

**Sharofzoda Firuz Alijon**

Applicant, Meteorology and Climatology  
Department  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025,  
Republic of Tajikistan  
e-mail: zar.rakhimov@mail.ru

**Муминов Абулкосим Оманкулович**

ассистент, кафедра метеорологии  
и климатологии  
Таджикский национальный университет  
Республика Таджикистан, 734025,  
г. Душанбе, просп. Рудаки, 17  
e-mail: abulkosim86@mail.ru

**Muminov Abulkosim Omankulovich**

Assistant, Department of Meteorology and  
Climatology  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025,  
Republic of Tajikistan  
e-mail: abulkosim86@mail.ru

Код научной специальности: 1.6.16

Статья поступила в редакцию 25.08.2021; одобрена после рецензирования 27.10.2022; принята к публикации 08.12.2022  
The article was submitted August, 25, 2021; approved after reviewing October, 27, 2022; accepted for publication December, 8, 2022