



УДК 551.583(575.3)

<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.128>

Динамика климатических характеристик в районе Кайраккумского водохранилища (Таджикистан)

И. Ш. Норматов, А. О. Муминов, С. О. Мирзохонова*

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

М. Х. Ходжибоева, Ш. О. Лугмонова

Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова, г. Худжанд, Таджикистан

Аннотация. Изучается динамика метеорологических характеристик, внутригодовое распределение атмосферных осадков и температуры в районе Кайраккумского водохранилища в период его функционирования с 1960 по 2021 г. Отмечается, что водохранилище используется для сезонного регулирования стока реки с целью обеспечения воды для орошения, а также для производства электроэнергии. Для оценки влияния водохранилища на метеорологические условия прибрежных территорий проводится сравнительный анализ сезонного распределения осадков в периодах до (1930–1960 гг.) и после возведения (1961–2021 гг.). Используются данные расположенной непосредственно в районе исследования метеорологической станции «Кайраккумское водохранилище» за 1960–2021 гг. Сделан вывод, что в указанный период атмосферные осадки сохраняют почти постоянное значение, но изменчивы по сезонам года; динамика температуры воздуха характеризуется возрастающим трендом, а разность среднесезонных температур между периодами 1961–2021 и 1930–1960 гг. – положительными значениями во все сезоны за исключением летнего. Установлено тепляющее влияние Кайраккумского водохранилища в зимний и осенние сезоны и охлаждающее – в летний.

Ключевые слова: Кайраккумское водохранилище, температура, осадки, тренд.

Для цитирования: Динамика климатических характеристик в районе Кайраккумского водохранилища (Таджикистан) / И. Ш. Норматов, А. О. Муминов, С. О. Мирзохонова, М. Х. Ходжибоева, Ш. О. Лугмонова // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2023. Т. 46. С. 128–139. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.128>

Original article

Dynamics of Climatic Characteristics in the Area of the Kairakkum Reservoir (Tajikistan)

I. Sh. Normatov, A. O. Muminov, S. O. Mirzokhonova*

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

M. Kh. Khodzhiboeva, Sh. O. Lugmonova

Khujand State University named after B. Gafurova, Khujand, Tajikistan

Abstract. The work aims to study the dynamics of meteorological characteristics, the intra-annual distribution of atmospheric precipitation, and temperature in the area of the Kairakkum reservoir periods from the beginning of its operation (1960) to 2021. The reservoir using for seasonally regu-

late the flow of the river to provide water for irrigation, as well as to generate electricity. The reservoir filling began in 1956 and put into operation in 1959. The influence of the reservoir on the meteorological conditions of coastal areas assess a comparative analysis of the seasonal distribution of precipitation in the periods before (1930–1960) and after the construction (1961–2021) of the Kairakkum reservoirs. The data from Kairakkum reservoir meteorological station, located directly in the study area, for the period 1960–2021 were used. Generalization and processing of meteorological data from the meteorological station "Kairakkum reservoir" show that in the 1960–2021 periods the atmospheric precipitation amounts did not undergo significant changes and retained an almost constant value, but is variable by seasons of the year. Temperature dynamics have increasing trend. The difference in long-term seasonal temperatures between 1961–2021 and 1930–1960 periods was characterized by positive values by except of the summer season.

Keywords: Kairakkum reservoir, temperature, precipitation, trend.

For citation: Normatov I.+Sh., Muminov A.O., Mirzokhonova S.O., Khodzhiboeva M.Kh., Lugmonova Sh.O. Dynamics of Climatic Characteristics in the Area of the Kairakkum Reservoir (Tajikistan). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2023, vol. 46, pp. 128–139. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.128> (in Russian)

Введение

В бассейне Аральского моря, на территории которого расположены пять государств, водные ресурсы используются в основном для ирригации и гидроэнергетики. Эти водопользователи и водопотребители требуют разных режимов регулирования речного стока. Гидроэнергетика заинтересована в использовании большей части годового стока рек в зимний, наиболее холодный период года. Максимальный объем воды для ирригации требуется летом, в период вегетации. Регулирование речного стока при этом осуществляется крупными водохранилищами, входящими вместе с гидроэлектростанциями в состав гидроузлов комплексного назначения.

Вопрос о регулировании речного стока и строительстве крупных водохранилищ в Центральной Азии возник в 1950-е гг. именно в связи с развитием орошаемого земледелия. Только с этого времени началось строительство таких крупных гидросооружений с водохранилищами большого объема, как Кайраккумское и Нурекское в Таджикистане, Токтогульское в Киргизии, Туюмунский гидроузел в Узбекистане.

Кардинальным решением совместного использования ирригационной и энергетических аспектов воды и предотвращения возможных конфликтных ситуаций между ирригацией и гидроэнергетикой является не ограничение деятельности какой-то одной из них или подчинение одной другой, а наоборот, наибольшее совместное их развитие путем строительства новых крупных ГЭС с водохранилищами большого объема. Для гидроэнергетики это означает увеличение производства дешевой и экологически чистой энергии, для ирригации – повышение глубины многолетнего регулирования стока и водообеспеченности уже освоенных земель, а также возможность освоения новых [Petrov, Normatov, 2010].

Наличие нескольких гидроузлов с водохранилищами позволит разрешить противоречия между гидроэнергетикой и ирригацией. Сегодня конфликт между ними возникает потому, что в бассейнах каждой из двух основных рек региона имеется всего по одному крупному гидроузлу с водохранилищем: на Сырдарье – Токтогульское в Киргизии, на Амударье – Нурекское

в Таджикистане. Единственный на реке крупный гидроузел не может осуществлять регулирование стока одновременно в двух режимах – ирригационном и энергетическом [Petrov, Normatov, 2010].

Строительство еще одного крупного гидроузла на каждой из двух рек кардинально изменит ситуацию. В этом случае верхнее по течению водохранилище сможет работать только в энергетическом режиме, нижнее водохранилище такого же объема сможет перерегулировать сток вплоть до восстановления его естественного режима. Тем более оно может обеспечить регулирование стока в интересах ирригации [Normatov, Petrov, 2006].

В Республике Таджикистан из 527 млрд кВт·ч общих потенциальных гидроэнергетических ресурсов в настоящее время используется чуть более 5 % [The Mountain Water ... , 2017]. Следовательно, можно ожидать, что в ближайшей перспективе будет возведен не один десяток средних и крупных гидроэлектростанций с водохранилищами. Это значит, что при планировании перспективы развития прибрежных к водохранилищам сельскохозяйственных районов необходимо учитывать фактор влияния водных резервуаров на трансформацию метеорологических условий местности и внесение корректировок в нормы ирригации соответствующих культур.

Непосредственное влияние водохранилищ на метеорологические параметры близлежащих районов ощущается на расстоянии нескольких сот метров, а в направлении ветра такое влияние может быть зарегистрировано на расстоянии более 10 км [Normatov, Murtazaev, Nasirov, 2010; Муртазаев, 2005].

Таяние ледников и снежных покровов обеспечивает водой более 90 % потребностей стран Центрально-Азиатского региона. Изменение климата существенно ускорило процесс таяния ледников и сокращения площадей оледенения на высокогорьях региона. Аккумуляция вод в водохранилищах является важным звеном в продлении периодов обеспечения доминирующей отрасли, охватывающей деятельности более 70 % населения региона, сельского хозяйства и гидроэнергетики. Однако сравнительно молодая геологическая природа горных хребтов и их неустойчивость приводят к быстрому заилению существующих водохранилищ, что является причиной очень ограниченной продолжительности их жизни [Normatov, Petrov, 2006].

Узловым механизмом регулирования использования водных ресурсов р. Сырдарья является Кайраккумское водохранилище, которое наряду с энергетической выполняет и важную функцию ирригационного регулирования для Казахстана и Узбекистана, и поэтому играет ключевую роль в водной политике региона. От его нормального функционирования зависит решение многих народнохозяйственных задач региона [Исмоилова, 2022].

Статистически значимое увеличение минимальной относительной влажности сопровождается уменьшением суточных и сезонных амплитуд температур до и после возведения плотины. Влияние крупных водохранилищ на местный климат проявляется в формировании микроклимата как положительными, так и отрицательными потенциальными эффектами [Fonseca, Santos, 2021].

Строительство плотин для выработки гидроэлектроэнергии имеет решающее значение для обеспечения возобновляемых источников энергии, тем самым заменяя потребление ископаемого топлива и уменьшая выбросы парниковых газов в атмосферу, что является ключевой стратегией борьбы с изменением климата [Elagib, Basheer, 2021; Seo, 2021; Bayazit, 2021].

Это особенно актуально, учитывая ведущую роль энергетики в антропогенном радиационном воздействии с доиндустриальной эпохи [Assessment of Pre-Industrial ... , 2021; Anthropogenic Radiative Forcing ... , 2011].

Строительство плотин обычно приводит к изменению растительного покрова с увеличением орошаемых сельскохозяйственных угодий за счет пахотных земель, которые, в свою очередь, дают сырье для промышленности [Kum, 2016]. Помимо производства энергии, они также смягчают паводки и позволяют увеличить заселения в районах нижнего течения рек [Gyau-Boaque, 2001].

Тем не менее перекрытие рек представляет собой одно из самых масштабных антропогенных изменений стока воды с суши в море, существенно влияющее на экологические, социокультурные и экономические аспекты окружающей территории [Kum, 2016]. В действительности несмотря на то что плотины имеют вышеупомянутые преимущества, они могут влиять на окружающую среду, нанося ущерб компонентам экосистемы [Tata, 2021; Impact of Wetland ... , 2021; Wilk-Wo'zniak, Krzto 'n, Górnik, 2021]. Затопление территорий водой приводит к заметным изменениям альbedo поверхности и, таким образом, к изменению окружающего теплового баланса [Gyau-Boaque, 2001]. Такие изменения могут существенно повлиять на мезомасштабную циркуляцию атмосферы (10–100 км) из-за увеличения локальной влажности [Observational Evidence That..., 2010; Takata, Saito, Yasunari, 2009]. Таким образом, ожидается постепенное изменение местного климата в районе искусственного водоема [The Influence of ... , 2011]. Было проведено несколько исследований воздействия изменения климата на водохранилища плотин (например, водные ресурсы, качество воды и заиление) [Hamlet, Lettenmaier, 1999; Causal Effects of ... , 2021; The Effects of ... , 2004; Impact of dams ... , 2021; Risk of Hydrological ... , 2021; Accounting for Climate ... , 2021; Qi, Xu, Wang, 2020; Zhang, Liu, Huang, 2020].

Однако влияние плотинного водохранилища на местный климат было недостаточно изучено. Научные исследования отрицательного и положительного воздействия плотин на окружающую среду также сообщают о воздействии как на местный, так и на региональный климат [Miller, Jin, Tsang, 2005; Correia, da Silva Dias, da Silva Aragão, 2006; Yilmaz, 2006; Kellogg, Zhou, 2014].

Степень влияния водоемов в аридных зонах на окружающую среду можно оценить с использованием коэффициента $K_{\text{окрж. среда}}$ [Широков, Лопух, 1985]:

$$K_{\text{окрж. среда}} = \sum_{i=1}^n S_i / S_{\text{бас.}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $K_{\text{окрж. среда}}$ – коэффициент влияния водохранилища на окружающую среду; S_i – площадь территории под влиянием водохранилища (км^2); $S_{\text{бас.}}$ – площадь бассейна (км^2).

Степень влияния водоемов на прилегающие территории снижается по мере их уменьшения в размерах и объеме, и наоборот. Эту особенность следует учитывать при возведении водохранилищ и рекреационных зон [Норматов, Петров, 2005].

Целью работы является изучение динамики метеорологических характеристик, внутригодовое распределение атмосферных осадков и температуры в районе Кайраккумского водохранилища за период заполнения водой с 1960 по 2021 г.

Объект исследования

Кайраккумское водохранилище ($40^{\circ}16'00''$ с. ш., $69^{\circ}50'00''$ в. д.) расположено в центральной части водосборного бассейна р. Сырдарья в 20 км от г. Худжанда, центра Согдийской области Республики Таджикистан (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения Кайраккумского водохранилища

Водохранилище используется для сезонного регулирования стока реки с целью обеспечения воды для орошения, а также для производства электроэнергии. Наполнение водохранилища началось в 1956 г. и окончательно введено в эксплуатацию в 1959 г. Кайраккумское водохранилище характеризуется длиной 55 км, шириной 20 км, максимальной глубиной 25 м и общим объемом воды $4,2 \text{ км}^3$ с площадью зеркала 513 км^2 . Кайраккумское водохранилище замерзает зимой, а в летнее время температура воздуха у побережья составляет $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$.

Были использованы данные расположенной непосредственно в районе исследования метеорологической станции «Кайракумское водохранилище». Для оценки влияния водохранилища на метеорологические условия прибрежных территорий проводился сравнительный анализ сезонного распределения осадков в периодах до (1930–1960 гг.) и после возведения (1961–2021 гг.) Кайракумского водохранилища.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлено внутригодовое распределение атмосферных осадков и температуры в прибрежных к водохранилищу районах, показывающее характерное и для большинства аридных и полуаридных территорий региона Центральной Азии, с максимальными значениями среднегодовых осадков и температуры весной и летом соответственно.

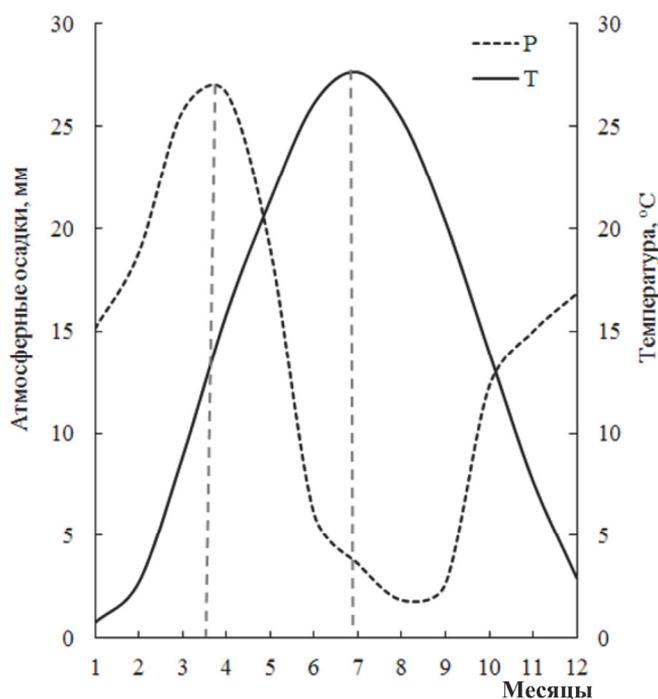


Рис. 2. Внутригодовое распределение атмосферных осадков (P) и температуры (T) в окрестностях Кайракумского водохранилища

Систематизация и обработка метеорологических данных метеостанции «Кайракумское водохранилище» продемонстрировали, что за период 1961–2021 гг. не происходит существенного изменения количества атмосферных осадков. В свою очередь, динамика температуры характеризовалась возрастающим трендом (рис. 3, а, б).

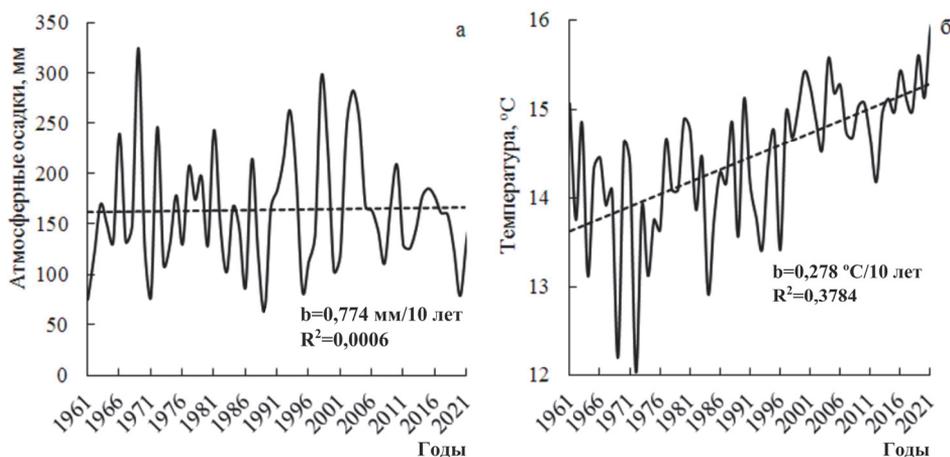


Рис. 3. Динамика атмосферных осадков (а) и температуры (б) в окрестностях Кайраккумского водохранилища за период 1961–2021 гг.

Как видно из рис. 3, а, атмосферные осадки в многолетнем разрезе по данным метеостанции «Кайраккумское водохранилище» сохраняют почти постоянное значение, но изменчивы по сезонам года. Об этом свидетельствует представленный в таблице сравнительный анализ сезонного распределения осадков и температуры в 1930–1960 и 1961–2021 гг.

Таблица

Сезонное распределение среднееголетних температур и осадков и их разности за периоды 1930–1960 и 1960–2021 гг.

Периоды	Сезоны			
	I	II	III	IV
Температура, °C				
1960–2021 гг.	2,12	15,34	26,39	14,00
1930–960 гг.	0,56	15,03	27,25	13,33
ΔT , °C	1,56	0,31	-0,87	0,67
Атмосферные осадки, мм				
1960–2021 гг.	50,72	71,40	11,53	29,86
1930–1960 гг.	50,41	76,20	15,65	36,60
ΔP , мм	0,31	-4,80	-4,12	-6,74

Из табл. следует, что разность среднееголетних температур между периодами 1961–2021 гг. и 1930–1960 гг. за исключением летнего сезона (III) (июнь – август) характеризуется положительными значениями. Более высокие значения разности температур между рассмотренными периодами наблюдаются зимой (I) (декабрь – февраль) и осенью (IV) (сентябрь – октябрь), свидетельствующие об отепляющем и охлаждающем влиянии Кайраккумского водохранилища соответственно.

Заключение

Таким образом, мониторинг метеорологических условий района расположения Кайраккумского водохранилища продемонстрировал, что за период 1960–2021 гг. среднегодовые величины атмосферных осадков сохраняют почти постоянные значения. Однако сезонное распределение подвергается более заметным изменениям.

Выявлен возрастающий тренд температуры воздуха за период 1961–2021 гг. Разность среднемноголетних сезонных температур между периодами 1961–2021 и 1930–1960 гг. характеризовалась положительными значениями во все сезоны за исключением летнего. Установлено отепляющее и охлаждающее влияние Кайраккумского водохранилища в различные сезоны.

Список литературы

- Исмоилова Д. А.* Гидрологические условия района водохранилища «Таджикское море» как индикатор экологической устойчивости // Ученые записки ХГУ. 2022. № 3(62). С. 85–89.
- Муртазаев У. И.* Водохранилища Таджикистана и их влияние на прилегающие ландшафты. Душанбе : Ирфон, 2005. 304 С.
- Норматов И. Ш., Петров Г. Н.* Использование водных ресурсов Центральной Азии в ирригации и гидроэнергетике: конфликт интересов или взаимовыгодное сотрудничество // Водные ресурсы Центральной Азии. 2005. Т. 2. С. 24–29.
- Широков, В. М., Лопух П. С.* Особенности развития природы малых водоемов (на примере искусственных водоемов Беларуси) // География и природные ресурсы. 1985. № 1. С.40–49.
- Accounting for Climate Change Uncertainty in Long-Term Dam Risk Management / J. Fluixá-Sanmartín, I. Escuder-Bueno, A. Morales-Torres, J. T. Castillo-Rodríguez // J. Water Resour. Plan. Manag. 2021. Vol. 147, N 4. P. 1–25.
- Anthropogenic Radiative Forcing Time Series from Pre-Industrial Times until 2010 / R. B. Skeie [et al.] // Atmos. Chem. Phys. 2011. Vol. 11. P. 11827–11857.
- Assessment of Pre-Industrial to Present-Day Anthropogenic Climate Forcing in UKESM1 / F. M. O'Connor [et al.] // Atmos. Chem. Phys. 2021. Vol. 21. P.1211–1243.
- Bayazit Y.* The Effect of Hydroelectric Power Plants on the Carbon Emission: An Example of Gokcekaya Dam, Turkey // Renew. Energy. 2021. Vol. 170. P. 181–187.
- Causal Effects of Dams and Land Cover Changes on Flood Changes in Mainland China / W. Yang, H. Yang, D. Yang, A. Hou // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2021. Vol. 25. P. 2705–2720.
- Correia M. F., da Silva Dias M. A. F., da Silva Aragão M. R.* Soil Occupation and Atmospheric Variations over Sobradinho Lake Area. Part 2: A Regional Modeling Study// Meteorol. Atmos. Phys. 2006.Vol. 94. P. 115–128.
- Elagib N. A., Basheer M.* Would Africa's Largest Hydropower Dam Have Profound Environmental Impacts // Environ. Sci. Pollut. Res. 2021. Vol. 28. P. 8936–8944.
- Fonseca A., Santos J. A.* The Impact of a Hydroelectric Power Plant on a Regional Climate in Portugal // Atmosphere. 2021. Vol. 12. P. 1400–1414 <https://doi.org/10.3390/atmos12111400>.
- Gyau-Boakye P.* Environmental Impacts of the Akosombo Dam and Effects of Climate Change on the Lake Levels // Environ. Dev. Sustain. 2001. Vol. 3. P. 17–29.
- Hamlet A. F., Lettenmaier D. P.* Effects of Climate Change on Hydrology and Water Resources in the Columbia River Basin // J. Am. Water Resour. Assoc. 1999. Vol. 35. P. 1597–1623. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125426>.
- Impact of dams and climate change on suspended sediment flux to the Mekong delta/ G. Bussi [et al.]// Science of the Total Environment. 2021. Vol. 755, N 1. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142468>
- Kellogg C. H., Zhou X.* Impact of the Construction of a Large Dam on Riparian Vegetation Cover at Different Elevation Zones as Observed from Remotely Sensed Data // Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 2014. Vol. 32. P. 19–34.

- Kum G.* The Influence of Dams on Surrounding Climate: The Case of Keban Dam. *Gaziantep Univ // J. Soc. Sci.* 2016. Vol. 15. P. 193–204.
- Impact of Wetland Fragmentation Due to Damming on the Linkages between Water Richness and Ecosystem Services / S. Kundu, S. Pal, S. Talukdar, I. Mandal // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28. P. 50266–50285.
- Miller N. L., Jin J., Tsang C. F.* Local Climate Sensitivity of the Three Gorges Dam // *Geophys. Res. Lett.* 2005. Vol. 32. P. 1–12
- Normatov I. S., Petrov G. N.* Ecological, irrigation and energetic criteria of construction of reservoirs // *Proc. Intern. Symp. Dams in the Societies of the 21st Century.* Barcelona, Spain, 2006. P. 301.
- Normatov I. Sh., Murtazaev U., Nasirov N.* Creation of adaptation mechanisms: the key to Cost-effective and environment-friendly water management // *IAHS Publ. Red Book 2010.* Vol. 338. P. 74–76.
- Observational Evidence That Agricultural Intensification and Land Use Change May Be Reducing the Indian Summer Monsoon Rainfall / D. Niyogi, C. Kishtawal, S. Tripathi, R. S. Govindaraju // *Water Resour. Res.* 2010. Vol. 46. W03533. P. 1–17. <https://doi.org/10.1029/2008WR007082>
- Petrov G. N., Normatov I. Sh.* Conflict of interests between water users in the Central Asian region and possible ways its elimination // *Wat. Res.* 2010. Vol. 37, N 1. P. 113–120.
- Qi P., Xu Y. J., Wang G.* Quantifying the Individual Contributions of Climate Change, Dam Construction, and Land Use/Land Cover Change to Hydrological Drought in a Marshy River // *Sustainability.* 2020 Vol. 12, N 9. 3777. P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/su12093777>.
- Risk of Hydrological Failure under the Compound Effects of Instant Flow and Precipitation Peaks under Climate Change: A Case Study of Mountain Island Dam, North Carolina / X. Lin, G. Huang, J. M. Piwowar [et al.] // *J. Clean. Prod.* 2021. Vol. 284. 125305. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125305>.
- Seo S. N.* Energy Revolutions: A Story of the Three Gorges Dam in China // *Climate Change and Economics.* Springer : Berlin/Heidelberg, Germany, 2021. P. 113–129.
- Takata K., Saito K., Yasunari T.* Changes in the Asian Monsoon Climate during 1700–1850 Induced by Preindustrial Cultivation // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2009. Vol. 106. P. 9586–9589.
- Tata L. R. R.* Biodiversity Impact Assessment of Two Large Dam Projects in India under Long Term Multi-Scenarios Simulation // *Impact Assess. Proj. Apprais.* 2021. Vol. 39. P. 335–347.
- The Effects of Climate Change on the Hydrology and Water Resources of the Colorado River Basin / N. S. Christensen [et al.] // *Clim. Chang.* 2004. Vol. 62. P. 337–363.
- The Influence of Large Dams on Surrounding Climate and Precipitation Patterns / A. M. Degu [et al.] // *Geophys. Res. Lett.* 2011. Vol. 38. L04405. P. 1–7. <https://doi.org/10.1029/2010GL046482>.
- The Mountain Water Reservoirs Influence on Meteorological Conditions of Coastal Area / P. Normatov, B. Markaev, A. Muminov, I. Normatov // *Proc. 4th Intern. Conf. Long-term behavior and environmentally friendly rehabilitation technologies of dams.* Tehran, Iran, 2017. P. 88–95.
- Wilk-Woźniak E., Krztoń W., Górnik M.* Synergistic Impact of Socio-Economic and Climatic Changes on the Ecosystem of a Deep Dam Reservoir: Case Study of the Dobczyce Dam Reservoir Based on a 30-Year Monitoring Study // *Sci. Total Environ.* 2021. Vol. 756. 144055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144055>
- Yilmaz L.* Meteorological Climate Change Effect of the Ataturk Dam in Turkey at Eastern Anatolia. *Mater // Geoenvironment.* 2006. Vol. 53. P. 467–481.
- Zhang Z., Liu J., Huang J.* Hydrologic Impacts of Cascade Dams in a Small Headwater Watershed under Climate Variability // *J. Hydrol.* 2020. Vol. 590. P.125426.

References

Ismoilova D.A. Gidrologicheskie usloviya rajona vodohranilisha “Tadzhikskoe more” kak indikator ekologicheskoy ustojchivosti [Hydrological conditions of the Tajik Sea reservoir area as an indicator of environmental sustainability]. *Uchenye Zapiski HGU* [Scientific notes of HSU], 2022, no. 3 (62), pp. 85–89. (in Russian)

Murtazaev U.I. *Vodohranilisha Tadzhiqistana i ih vliyanie na privileyushie landshafy* [Reservoirs of Tajikistan and their influence on adjacent landscapes]. Dushanbe, Irfon. 2005. – 304p. (in Russian)

Normatov I.Sh., Petrov G.N. Ispolzovanie vodnyh resursov Centralnoj Azii v irrigacii i gidroenergetike: konflikt interesov ili vzaimovygodnoe sotrudnichestvo [Use of water resources of Central Asia in irrigation and hydropower: conflict of interest or mutually beneficial cooperation]. *Vodnye resursy Centralnoj Azii* [Water Resources of Central Asia], 2005, no. 2, pp. 24–29. (in Russian)

Shirokov V.M., Lopukh P.S. Osobennosti razvitiya prirody malyh vodoemov (na primere iskusstvennyh vodoemov Belarusi) [Features of the development of the nature of small reservoirs (on the example of artificial reservoirs of Belarus)]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 1985, no.1, pp. 40–49. (in Russian)

Fluixá-Sanmartín J., Escuder-Bueno I., Morales-Torres A., Castillo-Rodríguez J.T. Accounting for Climate Change Uncertainty in Long-Term Dam Risk Management. *J. Water Resour. Plan. Manag.*, 2021, vol. 147, no. 4, pp. 1–25.

Skeie R. B. et al. Anthropogenic Radiative Forcing Time Series from Pre-Industrial Times until 2010. *Atmos. Chem. Phys.*, 2011, vol. 11, pp.11827–11857.

O'Connor F. M. et al. Assessment of Pre-Industrial to Present-Day Anthropogenic Climate Forcing in UKESM1. *Atmos. Chem. Phys.*, 2021, vol. 21, pp.1211–1243.

Bayazit Y. The Effect of Hydroelectric Power Plants on the Carbon Emission: An Example of Gokcekaya Dam, Turkey. *Renew. Energy*, 2021, vol. 170, pp. 181–187.

Yang W., Yang H., Yang D., Hou A. Causal Effects of Dams and Land Cover Changes on Flood Changes in Mainland China. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2021, vol. 25, pp. 2705–2720.

Correia M. F., da Silva Dias M. A. F., da Silva Aragão M. R. Soil Occupation and Atmospheric Variations over Sobradinho Lake Area. Part 2: A Regional Modeling Study. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 2006, vol. 94, pp. 115–128.

Elagib N. A., Basheer M. Would Africa's Largest Hydropower Dam Have Profound Environmental Impacts. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2021, vol. 28, pp. 8936–8944.

Fonseca A., Santos J.A. The Impact of a Hydroelectric Power Plant on a Regional Climate in Portugal. *Atmosphere*, 2021, vol. 12, pp. 1400–1414 <https://doi.org/10.3390/atmos12111400>.

Gyau-Boakye P. Environmental Impacts of the Akosombo Dam and Effects of Climate Change on the Lake Levels. *Environ. Dev. Sustain*, 2001, vol. 3, pp. 17–29.

Hamlet A.F., Lettenmaier D.P. Effects of Climate Change on Hydrology and Water Resources in the Columbia River Basin. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 1999, vol. 35, pp. 1597–1623.

Bussi G. et al. Impact of dams and climate change on suspended sediment flux to the Mekong delta. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 755, no. 1, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142468>

Kellogg C.H., Zhou X. Impact of the Construction of a Large Dam on Riparian Vegetation Cover at Different Elevation Zones as Observed from Remotely Sensed Data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 2014, vol. 32, pp. 19–34.

Kum G. The Influence of Dams on Surrounding Climate: The Case of Keban Dam. *Gaziantep Univ. J. Soc. Sci.*, 2016, vol. 15, pp. 193–204.

Kundu S., Pal S., Talukdar S., Mandal I. Impact of Wetland Fragmentation Due to Damming on the Linkages between Water Richness and Ecosystem Services. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2021, vol. 28, pp. 50266–50285.

Miller N.L., Jin J., Tsang C.F. Local Climate Sensitivity of the Three Gorges Dam. *Geophys. Res. Lett.*, 2005, vol. 32, pp.1–12

Normatov I.S., Petrov G.N. Ecological, irrigation and energetic criteria of construction of reservoirs. *Proc. Intern. Symp. Dams in the Societies of the 21st Century*, 2006. Barcelona, Spain, pp.301.

Normatov I.Sh., Murtazaev U., Nasirov N. Creation of adaptation mechanisms: the key to Cost-effective and environment-friendly water management. *IAHS Publ. Red Book*, 2010, vol. 338, pp.74–76.

Niyogi D., Kishtawal C., Tripathi S., Govindaraju R.S. Observational Evidence That Agricultural Intensification and Land Use Change May Be Reducing the Indian Summer Monsoon Rainfall. *Water Resour. Res.*, 2010, vol. 46. W03533. pp. 1–17. <https://doi.org/10.1029/2008WR007082>

Petrov G.N., Normatov I.Sh. Conflict of interests between water users in the Central Asian region and possible ways its elimination. *Wat. Res.*, 2010, vol. 37, no. 1, pp. 113–120.

Qi P., Xu Y.J., Wang G. Quantifying the Individual Contributions of Climate Change, Dam Construction, and Land Use/Land Cover Change to Hydrological Drought in a Marshy River. *Sustainability*, 2020, vol. 12(9), 3777, pp. 1–16. <https://doi.org/10.3390/su12093777>

Lin X. et al. Risk of Hydrological Failure under the Compound Effects of Instant Flow and Precipitation Peaks under Climate Change: A Case Study of Mountain Island Dam, North Carolina. *J. Clean. Prod.*, 2021, vol. 284, 125305. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125305>

Seo S.N. Energy Revolutions: A Story of the Three Gorges Dam in China. *Climate Change and Economics*. Berlin/Heidelberg, Germany Springer, 2021, pp. 113–129.

Takata K., Saito K., Yasunari T. Changes in the Asian Monsoon Climate during 1700–1850. Induced by Preindustrial Cultivation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2009. vol. 106, pp. 9586–9589.

Tata L.R.R. Biodiversity Impact Assessment of Two Large Dam Projects in India under Long Term Multi-Scenarios Simulation. *Impact Assess. Proj. Apprais*, 2021, vol. 39, pp. 335–347.

Christensen N.S. et al. The Effects of Climate Change on the Hydrology and Water Resources of the Colorado River Basin. *Clim. Chang.*, 2004, vol. 62, pp. 337–363.

Degu A.M. et al. The Influence of Large Dams on Surrounding Climate and Precipitation Patterns. *Geophys. Res. Lett.*, 2011. vol. 38, L04405, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1029/2010GL046482>.

Normatov P., Markaev B., Muminov A., Normatov I. The Mountain Water Reservoirs Influence on Meteorological Conditions of Coastal Area. *Proc. 4th Intern. Conf. Long-term behavior and environmentally friendly rehabilitation technologies of dams*. Tehran, Iran, 2017, pp. 88–95.

Wilk-Woźniak E., Krztoń W., Górnik M. Synergistic Impact of Socio-Economic and Climatic Changes on the Ecosystem of a Deep Dam Reservoir: Case Study of the Dobczyce Dam Reservoir Based on a 30-Year Monitoring Study. *Sci. Total Environ*, 2021, vol. 756, 144055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144055>

Yilmaz L. Meteorological Climate Change Effect of the Ataturk Dam in Turkey at Eastern Anatolia. *Mater. Geoenvironment*, 2006, vol. 53, pp. 467–481.

Zhang Z., Liu J., Huang J. Hydrologic Impacts of Cascade Dams in a Small Headwater Watershed under Climate Variability. *J. Hydrol.*, 2020, vol. 590, pp. 125426.

Сведения об авторах

Норматов Ином Шерович

член-корреспондент НАН Таджикистана,
доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Таджикский национальный университет
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,
просп. Рудаки, 17
e-mail: inomnor@gmail.com

Муминов Абулкосим Оманкулович

кандидат географических наук,
доцент кафедры метеорологии и
климатологии
Таджикский национальный университет
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,
просп. Рудаки, 17
e-mail: abulkosim86@mail.ru

Мирзохонова Ситора Олтинбоевна

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры метеорологии и
климатологии
Таджикский национальный университет

Information about the authors

Normatov Inom Sherovich

Corresponding Member NAS Tajikistan,
Doctor of Science (Chemistry), Professor,
Head of Department
Tajik National University
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025,
Tajikistan
e-mail: inomnor@gmail.com

Muminov Abulkosim Omankulovich

Candidate of Science (Geography)
Associate Professor of the Department of
Meteorology and Climatology
Tajik National University
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025,
Tajikistan
e-mail: abulkosim86@mail.ru

Mirzokhonova Sitora Oltinboevna

Candidate of Science (Physics and
Mathematics), Associate Professor of the
Department of Meteorology and Climatology
Tajik National University

*Таджикистан, 734025, г. Душанбе,
просп. Рудаки, 17
e-mail: sitora.82@mail.ru*

*17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025, Tajikistan
e-mail: sitora.82@mail.ru*

Ходжибоева Мушарраф Хакимджановна
*старший преподаватель
Худжандский государственный университет
им. Б. Гафурова
Таджикистан, 735700, г. Худжанд,
проезд Мавлонбекова, 1
e-mail: zar.rakhimov@mail.ru*

Khodjiboeva Musharraf Hakimjanovna
*Senior Lecture
State University named after B. Gafurov
1, Mavlonbekov passage, Khujand, 735700,
Tajikistan
e-mail: zar.rakhimov@mail.ru*

Лугмонова Шафоат Одилджановна
*кандидат физико-математических наук,
доцент
Худжандский государственный университет
им. Б. Гафурова
Таджикистан, 735700, г. Худжанд, проезд
Мавлонбекова, 1
e-mail: lugmonovash94@mail.ru*

Lugmonova Shafogat Odildzanovna
*Candidate of Science (Physics and
Mathematics), Associate Professor
State University named after B. Gafurov
1, Mavlonbekov passage, Khujand, 735700,
Tajikistan
e-mail: lugmonovash94@mail.ru*