



УДК 551.582.2(575.3)

<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.51.36>

## Метеорологические условия верховьев реки Кафирниган и их вклад в формирование стока

И. Ш. Норматов, Г. Н. Сабурова, Кароматулло Курбонали\*

*Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан*

**Аннотация.** Целью работы является изучение климатических условий верховьев р. Кафирниган, определение вклада территорий разных высот над уровнем моря бассейна р. Кафирниган в формирование стока реки и корреляционных зависимостей метеорологических параметров верховьев реки и прибрежных к Нурекскому водохранилищу районов по выявлению влияния водохранилища на климатические характеристики. Были использованы данные метеорологических станций Бустонабад в верховьях р. Кафирниган и метеорологических станций Файзабад, Дангара и Яван, расположенных в прибрежных к Нурекскому водохранилищу районах Файзабад, Дангара и Яван. Из-за отсутствия метеорологической станции, приуроченной непосредственно к мониторингу метеорологических характеристик верховьев р. Кафирниган, проводились корреляционные зависимости данных расположенной на границе бассейна реки метеостанции Бустонабад. Предполагая влияние Нурекского водохранилища с объемом воды 10,5 км<sup>3</sup> на климатические характеристики верховьев р. Кафирниган и прибрежных районов, проводилось изучение корреляций температур и атмосферных осадков между данными метеостанций Бустонабад и прибрежных к водохранилищу районов Файзабада, Дангары и Явана.

**Ключевые слова:** река Кафирниган, Нурекское водохранилище, верховья реки, корреляция, расход воды, атмосферные осадки, температура, тренд.

**Для цитирования:** Норматов И. Ш., Сабурова Г. Н., Курбонали Кароматулло. Метеорологические условия верховьев реки Кафирниган и их вклад в формирование стока // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2025. Т. 51. С. 36–46. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.51.36>

Original article

## Meteorological Conditions of the Kafirnigan River Upstream and Their Contribution to the Formation of the River Flow

I. Sh. Normatov, G. N. Saburova, Karomatullo Qurbonali\*

*Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan*

**Abstract.** The work aims to study the climatic conditions of the upper Kafirnigan River to determine the contribution of territories of different heights above sea level of the Kafirnigan River basin in the formation of river flow and correlation dependencies of meteorological parameters of the upper river and coastal areas to the Nurek reservoir to identify the influence of the reservoir on climatic characteristics. The Bustonabad meteorological stations of the upstream Kafirnigan River and the Fayzabad,

Dangara, and Javan meteorological stations coastal the Nurek reservoir is used. Due to the lack of a meteorological station dedicated directly to monitoring the meteorological characteristics of the upstream Kafirnigan River, correlations of the Bustonabad meteo stations data located on the border of the river basin carrying out. The atmospheric precipitations and Kafirnigan water discharge correlations coefficient (0.71) were found. Assuming the influence of the Nurek reservoir with a water volume of 10.5 km<sup>3</sup> on the climatic characteristics of the Kafirnigan River upstream and coastal areas correlations of temperatures and precipitation between the data of the Bustonabad meteo stations and the coastal areas of the Fayzabad, Dangara and Javan reservoir were studied.

**Keywords:** Kafirnigan River, Nurek reservoir, upper river, correlation, water flow, precipitation, temperature, trend.

---

**For citation:** Normatov I.Sh., Saburova G.N., Qurbonali Karomatullo. Meteorological Conditions of the Kafirnigan River Upstream and Their Contribution to the Formation of the River Flow. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2025, vol. 51, pp. 36–46. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2025.51.36> (in Russian)

---

## Введение

Согласно прогнозам, будущие изменения среднегодовой температуры в Центральной Азии будут выше по сравнению со средним глобальным значением, с увеличением более чем на 5 °С к концу столетия и на 6,5 °С в летние месяцы [Climate Change impacts ... , 2015; White, Tanton, Rycroft, 2014]. Изменения количества осадков не имеют четкой закономерности, хотя прогнозируется небольшая тенденция к увеличению на 3–4 % к 2050 г. в верховьях бассейна р. Амударья [Glacier and runoff ... , 2013].

Оценка воздействия изменения климата на наличие воды в бассейне р. Каферниган с использованием эколого-гидрологической модели SWIM, разработанной GCM (глобальные климатические модели), показывает, что наибольшее количество осадков в бассейне реки выпадает в весенние месяцы [Central Asian rivers ... , 2021].

Высота и географический аспект оказывают существенное влияние на гидрологический цикл и условия водосборов рек. Например, р. Каферниган с ниво-ледниковым режимом стока берет свое начало на Гиссарском хребте, где граничит с р. Зеравшан, но водосборный бассейн Каферниган имеет южное направление, что обуславливает более высокие значения температуры и количество осадков [Central Asian rivers ... , 2021]. Результаты, основанные на GCMs, показывают повышение среднегодовой температуры в водосборе р. Каферниган до конца столетия, которое подтверждается и другими исследованиями [Effects of projected ... , 2015; Projected changes in ... , 2017]. Повышение температуры приводит к уменьшению снегонакопления в холодное время года и повышению испарения летом. В некоторых регионах подобные изменения могут быть выгодны для сельскохозяйственного производства за счет удлинения вегетационного периода [Rapid assessment of ... , 2021]. С другой стороны, увеличение потенциальной эвапотранспирации в результате повышения температуры при том же уровне фактической эвапотранспирации, ограниченной наличием воды, может привести к увеличению потребности в воде в регионе.

Степень обеспеченности верховьев горных рек влагой является ключевым фактором формирования стока и обеспечения водой жителей в низовьях рек и жизнедеятельности флоры, фауны и биоразнообразия [Mountains of the ... , 2007; Internal structure and ... , 2011]. Горная экосистема проявляет особую чувствительность к малейшим колебаниям климатических параметров [Large-scale monitoring ... , 2009; Immerzeel, Pellicciotti, Bierkens, 2013; Hydrological response ... , 2012; Immerzeel, Van Beek, Bierkens, 2010; Consistent increase ... , 2014; Influence of southwest ... , 2017]. Представляет важное значение перспектива развития процессов снегонакопления, состояния оледенения на верховьях рек и водообеспеченность рек на ближайшие годы в плане планирования деятельности водоемких отраслей экономики и необходимости реализации мероприятий по защите, сохранению и рациональному использованию водных ресурсов.

Бассейн р. Кафирниган находится в Центральной Азии между  $37^{\circ}$  и  $39^{\circ}$  с. ш. и  $68^{\circ}$  и  $70^{\circ}$  в. д. Это один из северо-западных притоков р. Амударьи и трансграничная река между Таджикистаном и Узбекистаном. Климат бассейна континентальный с преобладанием западных ветров, с очень высокой локальной контрастностью из-за географического рельефа. Бассейн р. Кафирниган занимает на большинстве территорий горный климат, для которого характерны умеренные зимы в гористой расчлененной местности, холодные зимы в горных районах и летние сезоны с относительно большими годовыми колебаниями температуры [Assessment of Temperature ... , 2023].

Площадь орошаемых земель в бассейне р. Кафирниган – 97,38 тыс. га, в том числе 20 тыс. га в Сурхандарьинской области Республики Узбекистан. Площадь обводняемых земель – 55,96 тыс. га. В бассейне реки внутригодовое распределение стока является неблагоприятным для орошения, так как минимальные расходы приходится на вегетационный период – время максимального водопотребления растений. В Республике Таджикистан запланировано строительство Нижне-Кафирниганского гидроузла мощностью 120 тыс. кВт с водохранилищем объемом 900 млн  $\text{м}^3$  для перераспределения стока по сезонам, обеспечения водой верховьев реки в период вегетации и использования гидроэнергетического потенциала реки [Бобиев, 2014; Корнев, Кондратьев, Гавриков, 1985].

Площадь оледенения бассейна р. Кафирниган не развитая и характеризуется 327 ледниками ( $106,0 \text{ км}^2$ ), из которых 63 занимают площадь  $2,9 \text{ км}^2$  (каждый менее  $0,1 \text{ км}^2$ ). Наибольшее распространение имеют ледники размерами от  $0,1$  до  $0,9 \text{ км}^2$  [Каталог ледников СССР, 1980].

Река Варзоб – наиболее водоносный приток р. Кафирниган (длина 71 км, площадь бассейна  $1740 \text{ км}^2$ ), формируется при слиянии рек Майхура и Зидди. Площадь оледенения занимает не более 3 % площади водосбора реки и составляет  $37,8 \text{ км}^2$ . В бассейне реки атмосферная влага поступает из Атлантического океана, поступление в бассейн реки летних индийских муссонов перекрывает горная система Гиндукуш [Assessment of Temperature ... , 2023]. Река Зидди питается в основном талыми водами сезонных снегов и ледников, а также подземными и дождевыми водами. В бассейне реки насчитывается

около 40 ледников общей площадью 12 км<sup>2</sup>. Река Майхура вытекает из небольшого ледникового озера с абсолютной высотой около 4008 м над у. м., питается в основном талыми водами сезонных снегов, ледников и обильными родниками. В бассейне имеются 28 ледников общей площадью 8,9 км<sup>2</sup> [Каталог ледников СССР, 1980; Паспорт Варзобского района, 2008].

Установлена тесная корреляционная зависимость значений атмосферных осадков на метеорологических станциях бассейна р. Варзоб. Существование процессов горно-долинных циркуляций, обусловленных градиентом температурных фронтов, приводит к выталкиванию влажных воздушных масс и уменьшению количества осадков. В бассейне р. Варзоб данное явление было обнаружено в районе метеостанций Айвадж и Ганджина [Пространство-высотное распределение ... , 2023].

### Объект и методы исследований

Отсутствие метеорологической станции, предназначенной непосредственно для мониторинга климатических особенностей верховьев р. Кафирниган, создает определенные трудности в оценке гидрологических характеристик и выявлении механизмов формирования р. Кафирниган. Оптимальным решением проблемы можно считать использование данных метеорологических станций Бустонабад (38,70° с. ш., 69,60° в. д., 1983 м над у. м.) и Файзабад (38,53° с. ш., 69,32° в. д., 1216 м над у. м.), расположенных вблизи границы бассейна р. Кафирниган.

Для оценки степени адекватности данных метеорологических станций в описании метеорологических условий верховьев реки проводились корреляционные зависимости стока р. Кафирниган и значений атмосферных осадков на соответствующих метеостанциях. Были использованы статистические методы корреляции Пирсона и Стьюдента.

В таблице представлены среднемесячные значения атмосферных осадков по данным метеостанций Бустонабад и Файзабад, которые свидетельствуют об идентичности значений осадков, несмотря на существенную разницу высоты их расположения над уровнем моря. Согласно нашему предположению, районы расположения метеорологических станций находятся под влиянием Нурекского водохранилища, которое происходит за счет высотной климатической зональности, образования горно-долинной циркуляции, способствующих перераспределению влаги внутри долины.

Таблица

Среднемесячные значения атмосферных осадков по данным метеостанций Файзабад и Бустонабад

Месяцы	Среднемесячные значения атмосферных осадков, мм	
	Файзабад	Бустонабад
I	76,6	73,0
II	105,7	94,1
III	155,2	135,5
IV	154,4	144,6
V	116,0	131,9
VI	25,6	41,1

Окончание табл.

Месяцы	Среднемесячные значения атмосферных осадков, мм	
	Файзабад	Бустонабад
VII	9,3	24,0
VIII	2,8	9,2
IX	8,3	11,1
X	40,0	48,9
XI	70,0	63,9
XII	75,8	72,5

Из рис. 1 видно, что корреляция расхода воды Кафирниган со значениями осадков на метеорологической станции Бустонабад характеризуется более высоким значением коэффициента корреляции по сравнению с данными осадков на метеорологической станции Файзабад. Это обусловлено прежде всего большой разницей модулей стока территорий расположения метеостанции.

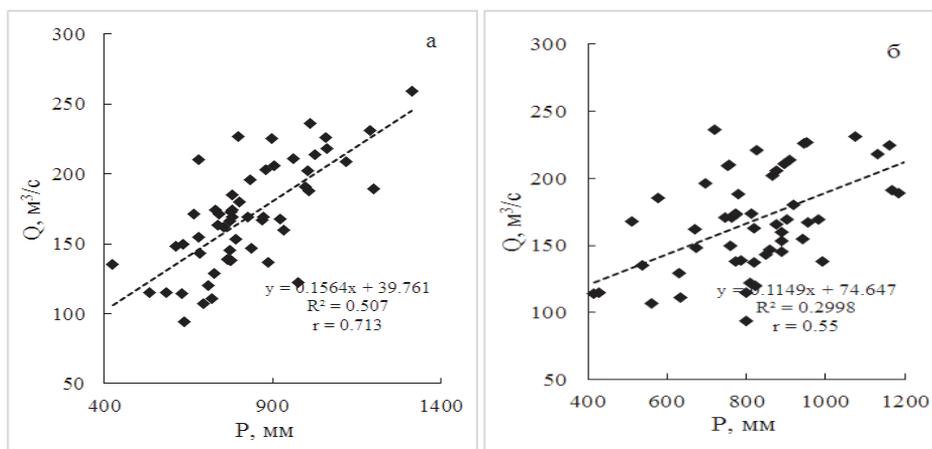


Рис. 1. Корреляционные зависимости расхода воды р. Кафирниган от значений атмосферных осадков на метеорологических станциях Бустонабад (а) и Файзабад (б)

Предполагая влияние Нурекского водохранилища с объемом воды  $10,5 \text{ км}^3$  на климатические характеристики верховьев р. Кафирниган и прибрежных районов, проводилось изучение корреляций температур и атмосферных осадков между данными метеостанции Бустонабад и прибрежных к водохранилищу районов Файзабад, Дангара и Яван.

Из рис. 2 следует, что корреляция значений температур метеостанции Бустонабад с температурами метеостанций прибрежных к Нурекскому водохранилищу районов до его возведения характеризуется высокими значениями коэффициентов корреляции и приобретением низких значений после наполнения водохранилища водой.

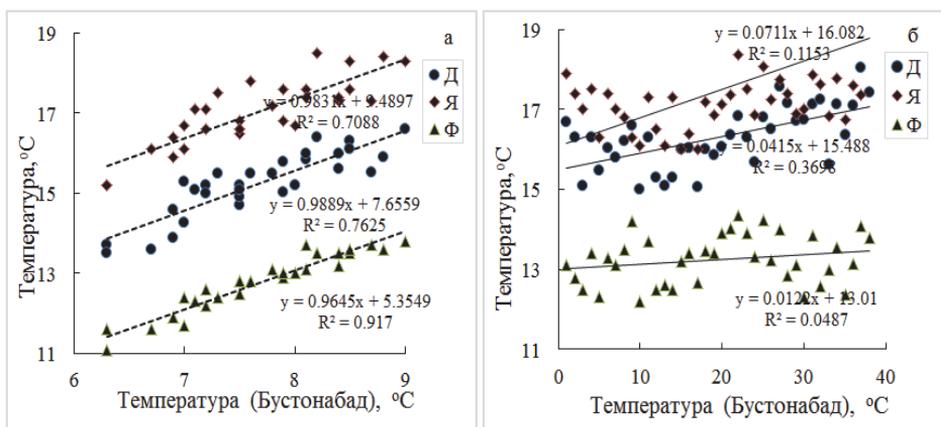


Рис. 2. Корреляция среднегодовых значений температур на метеостанции Бустонабад и районов Дангары (Д), Явана (Я) и Файзабада (Ф), прибрежных к Нурекскому водохранилищу до (а) и после (б) наполнения водой

Аналогичная картина наблюдалась при корреляции атмосферных осадков на метеостанции Бустонабад и значений осадков на метеорологических станциях, прибрежных к водохранилищу районов, т. е. уменьшение коэффициентов корреляций метеорологических параметров после возведения Нурекского водохранилища (рис. 3).

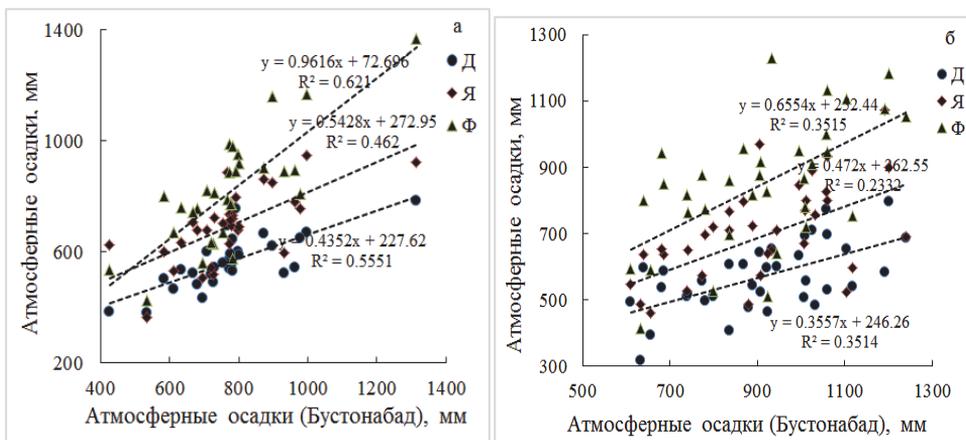


Рис. 3. Корреляция среднегодовых значений осадков на метеостанции Бустонабад и районов Дангары (Д), Явана (Я) и Файзабада (Ф), прибрежных к Нурекскому водохранилищу, до (а) и после (б) наполнения водой

На основе полученных результатов можно предположить, что Нурекское водохранилище существенно влияет на динамику метеорологических характеристик прибрежных районов и верховьев р. Кафирниган.

На рис. 4, а представлено сезонное распределение атмосферных осадков по данным метеостанции Бустонабад. Максимальное значение стока р. Кафирниган наблюдается в весеннем сезоне, что связано с выпадением больших количеств осадков. В летний сезон в период минимума атмосферных осадков также наблюдается достаточный объем стока. Согласно проведенным расчетам, ледниковый сток бассейна р. Кафирниган не превышает 10 %.

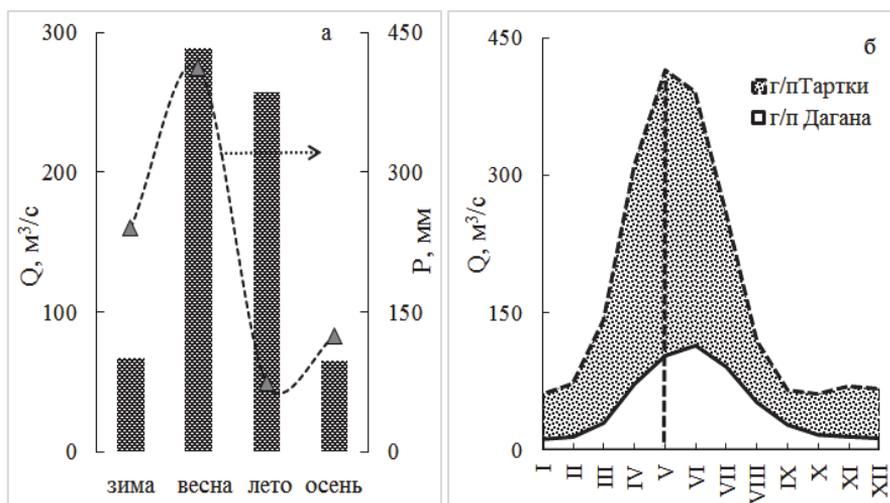


Рис. 4. Сезонное распределение расхода воды р. Кафирниган и атмосферных осадков по данным метеорологических станций Бустонабад ( $\Delta$ ) (а) и гидрограф р. Кафирниган (г/п Тартки) и ее притока реки Варзоб (г/п Дагана) (б)

Корреляция расхода воды р. Кафирниган со значениями атмосферных осадков на метеорологической станции Айвадж ( $36^{\circ}59'$  с. ш.,  $68^{\circ}02'$  в. д., 319 м над у. м.) показывает, что низовья р. Кафирниган почти не вносят вклада в формирование стока реки.

Гидрограф р. Кафирниган и ее притока – р. Варзоб, по данным гидрологических станций Тартки и Дагана соответственно, представленный на рис. 4, б, характеризует режим питания рек. Как видно из рис. 4, б, максимальный расход воды р. Кафирниган приходится на май, р. Варзоб – на июнь. Можно утверждать, что сток р. Кафирниган формируется за счет снежных покровов бассейна, а режим питания р. Варзоб за счет вклада ледников бассейна ее притоков рек Майхура и Зидди является снежно-ледовым. Особенность графиков заключается в несоответствии внутригодового распределения стока рек, а именно в том, что максимальные значения стока рек Кафирниган и Варзоб соответствуют разным месяцам года. Проявление такой картины гидрографов определяется, во-первых, орографией бассейнов рек, высотой расположения и степенью внедрения и вида воздушных масс, от которых зависит обогащение или обеднение источников водных ресурсов. К примеру, бассейн р. Варзоб охватывает территории, расположенные на более чем 3000 м над у. м., которые значительно превышают бассейн р. Кафирниган. В этом направлении

немаловажную роль играют модули стока бассейнов рек, определяемые степенью покрытия бассейна почвенным покрытием, коэффициентом инфильтрации почвенного покрова. Бассейн р. Варзоб и ее притоков характеризуется почти отсутствием достаточной толщи земельного покрова с крутыми склонами и благоприятными метеорологическими условиями в верховьях реки для накопления снежного и ледяного покрова.

### Заклучение

Установлено высокое значение коэффициента корреляции (0,71) между значениями атмосферных осадков в приграничной к бассейну р. Кафирниган территории Бустонабада и расхода воды р. Кафирниган. Корреляция атмосферных осадков на метеостанции Файзабад, расположенной на расстоянии не более 20 км от метеостанции Бустонабад, с расходом воды р. Кафирниган характеризовалась коэффициентом корреляции 0,55, что свидетельствует о вкладе территории Файзабада в формирование стока реки. Обнаружено, что, несмотря на достаточную разницу высоты расположения метеостанций Бустонабад и Файзабад (более 700 м), они характеризовались близкими значениями атмосферных осадков. Выявлено, что после возведения Нурекской ГЭС с водохранилищем происходит резкое уменьшение значений коэффициентов корреляции между метеорологическими параметрами метеостанции Бустонабад и прибрежных к водохранилищу районов. Определением гидрографов р. Кафирниган и ее притока – р. Варзоб установлен режим питания рек.

### Список литературы

- Бобиев Д. Ф. Хозяйственная деятельность в бассейне р. Кафирниган и ареалы изменения климата в нем // Известия вузов (Кыргызстан). 2014. № 12. С. 16–20.
- Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия. Вып. 3. Бассейн р. Аму-Дарья. Ч. 5. Бассейн р. Кафирнигана / В. И. Квачев [и др.]. Л. : Гидрометеиздат, 1980. 43 с.
- Корнев Ю. Н., Кондратьев А. Ф., Гавриков Б. И. Нижне-Кафирниганский гидроузел // Гидротехника и мелиорация. 1985. № 2. С. 11–16.
- Паспорт Варзобского района. Душанбе : Агентство по статистике при Президенте Респ. Таджикистан, 2008. 82 с.
- Пространство-высотное распределение атмосферных осадков в бассейне реки Варзоб / И. Ш. Норматов, Г. Н. Сабурова, А. О. Муминов, А. Мирзо // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2023. № 3. С. 128–136.
- Assessment of Temperature, Precipitation, and Snow Cover at Different Altitudes of the Varzob River Basin in Tajikistan / N. Gulahmadov, Y. Chen, M. Gulahmadov [et al.] // Appl. Sci. 2023. Vol. 13. P. 5583–5598. <https://doi.org/10.3390/app13095583>
- Central Asian rivers under climate change: Impacts assessment in eight representatives' catchments / I. Didovets, A. Lobanova, V. Krysanova [et al.] // J. Hydrol: Regional Studies. 2021. Vol. 34. P. 100779. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100779>
- Climate change impacts in Central Asia and their implications for development / C. P. Reyer, I. M. Otto, S. Adams [et al.] // Reg. Environ. Change. 2015. Vol. 17. P. 1639–1650. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0893-z>
- Consistent increase in High Asia's runoff due to increasing glacier melt and precipitation / A. F. Lutz, W. Immerzeel, A. B. Shrestha, M. F. P. Bierkens // Nat. Clim. Change. 2014. Vol. 4. P. 587–592.
- Effects of projected climate change on the glacier and runoff generation in the Naryn River Basin, Central Asia / R. Gan, Y. Luo, Q. Zuo, L. Sun // J. Hydrol. 2015. Vol. 523. P. 240–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.057>

Glacier and runoff changes in the Rukhk catchment, upper Amu-Darya basin until 2050 / W. Hagg, M. Hoelzle, S. Wagner [et al.] // *Glob. Planet. Change*. 2013. Vol. 110. P. 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.05.005>

Hydrological response to climate change in a glacierized catchment in the Himalayas / W. Immerzeel, L. P. H. Van Beek, M. Konz [et al.] // *Climatic Change*. 2012. Vol. 110. P. 721–736. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0143-4>

Immerzeel W., Pellicciotti F., Bierkens M. Rising river flows throughout the twenty-first century in two Himalayan glacierized watersheds // *Nature Geosci.* 2013. Vol. 6. P. 742–745. <https://doi.org/10.1038/ngeo1896>

Immerzeel W., Van Beek L. P. H., Bierkens M. F. P. Climate Change Will Affect the Asian Water Towers // *Science*. 2010. Vol. 328 (5984). P. 1382–1385. <https://doi.org/10.1126/science.1183188>

Influence of southwest monsoons in the Kashmir Valley, western Himalayas / G. Jeelani, R. D. Deshpande, R. A. Shah, W. Hassan // *Isot. Environ. Health Study*. 2017. Vol. 53. P. 400–412. <https://doi.org/10.1080/10256016.2016.1273224>

Internal structure and hydrological functions of an alpine proglacial moraine / G. Langston, L. R. Bentley, M. Hayashi [et al.] // *Hydrol. Processes*. 2011. Vol. 25, Iss. 19. P. 2967–2982. <https://doi.org/10.1002/hyp.8144>

Large-scale monitoring of snow cover and runoff simulation in Himalayan river basins using remote sensing / W. Immerzeel, P. Droogers, S. de Jong, M. Bierkens // *Remote Sens. Env.* 2009. Vol. 113. P. 40–49.

Mountains of the world, water towers for humanity: Typology, mapping, and global significance / D. H. H. Viviroli, B. Dürr, M. Meybeck, R. Weingartner // *Water Resour. Res.* 2007. Vol. 43. P. W07447. <https://doi.org/10.1029/2006WR005653>

Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5 / T. Ozturk, M. T. Turp, M. Türkes, M. L. Kurnaz. // *Atmos. Res.* 2017. Vol. 183. P. 296–307. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.09.008>

Rapid assessment of climate risks for irrigated agriculture in two river basins in the Aral Sea Basin / A. Lobanova, I. Didovets, C. Menz [et al.] // *Agric. Water Manage.* 2021. Vol. 243. P. 106–128. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106381>

White C. J., Tanton T. W., Rycroft D. W. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia // *Water Resour. Manag.* 2014. Vol. 28. P. 5267–5281. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0716-X>

## References

Bobiev D.F. Hozjajstvennaja dejatel'nost v bassejne r. Kafirnigan i arealy izmenenija klimata v nem [Economic activity in the Kafirnigan river basin and areas of climate change in it]. *Izvestiya vuzov (Kyrgyzstan)* [News of the universities of Kyrgyzstan], 2014, no. 12, pp. 16–20. (in Russian)

Kvachev V.I. et al. *Katalog lednikov CCCR. T. 14. Srednyaya Aziya. Vyp. 3. Bassejn r. Amudaryi. Ch. 5. Bassejn r. Kafirngana* [Catalogue of glaciers of the USSR. Vol. 14. Central Asia. Iss. 3. Amu Darya River basin. Part 5. Kafirnigan River basin]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1980, 43 p. (in Russian)

Kornev Ju.N., Kondrat'ev A.F., Gavrikov B.I. Nizhne-Kafirnganskij gidrouzel [Nizhne-Kafirngansky hydroelectric complex]. *Gidrotehnika i melioracija* [Hydraulic engineering and melioration], 1985, no. 2, pp. 11–16. (in Russian)

*Passport Varzobskogo rajona* [Passport of Varzob district]. Dushanbe, Agency on Statistics under the President of the Republic of Tajikistan Publ., 2008, 82 p. (in Russian)

Normatov I.Sh., Saburova G.N., Muminov A.O., Mirzo A. Prostranstvo-vysotnoe raspredelenie atmosferynyh osadkov v bassejne reki Varzob [Spatial-altitude distribution of atmospheric precipitation in the Varzob River basin]. *Vestnik TNU, Seriya estestvennykh nauk* [Bulletin of TNU. Series of natural sciences], 2023, no. 3, pp. 128–136. (in Russian)

Gulohmadov N., Chen Y., Gulohmadov M. et al. Assessment of Temperature, Precipitation, and Snow Cover at Different Altitudes of the Varzob River Basin in Tajikistan. *Appl. Sci.*, 2023, vol. 13, pp. 5583–5598. <https://doi.org/10.3390/app13095583>

Didovets I., Lobanova A., Krysanova V. et al. Central Asian rivers under climate change: Impacts assessment in eight representatives' catchments. *J. Hydrol: Regional Studies*, 2021, vol. 34, pp. 100779. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100779>

Reyer C.P., Otto I.M., Adams S. et al. Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. *Reg. Environ. Change.*, 2015, vol. 17, pp. 1639-1650. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0893-z>

Lutz A.F., Immerzeel W., Shrestha A.B., Bierkens M.F.P. Consistent increase in High Asia's runoff due to increasing glacier melt and precipitation. *Nat. Clim. Change*, 2014, vol. 4, pp. 587-592.

Gan R., Luo Y., Zuo Q., Sun L. Effects of projected climate change on the glacier and runoff generation in the Naryn River Basin, Central Asia. *J. Hydrol.*, 2015, vol. 523, pp. 240-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.057>

Hagg W., Hoelzle M., Wagner S. et al. Glacier and runoff changes in the Rukhk catchment, upper Amu-Darya basin until 2050. *Glob. Planet. Change*, 2013, vol. 110, pp. 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.05.005>

Immerzeel W., Van Beek L.P.H., Konz M. et al. Hydrological response to climate change in a glacierized catchment in the Himalayas. *Climatic Change*, 2012, vol. 110, pp. 721-736. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0143-4>

Immerzeel W., Pellicciotti F., Bierkens M. Rising river flows throughout the twenty-first century in two Himalayan glacierized watersheds. *Nature Geosci.*, 2013, vol. 6, pp. 742-745. <https://doi.org/10.1038/ngeo1896>

Immerzeel W., Van Beek L.P.H., Bierkens M.F.P. Climate Change Will Affect the Asian Water Towers. *Science*, 2010, vol. 328 (5984), pp. 1382-1385. <https://doi.org/10.1126/science.1183188.133>

Jeelani G., Deshpande R.D., Shah R.A., Hassan W. Influence of southwest monsoons in the Kashmir Valley, western Himalayas. *Isot. Environ. Health Study*, 2017, vol. 53, pp. 400-412. <https://doi.org/10.1080/10256016.2016.1273224>

Langston G., Bentley L.R., Hayashi M. et al. Internal structure and hydrological functions of an alpine proglacial moraine. *Hydrol. Processes*, 2011, vol. 25, iss. 19, pp. 2967-2982. <https://doi.org/10.1002/hyp.8144>

Immerzeel W., Droogers P., de Jong S., M. Bierkens Large-scale monitoring of snow cover and runoff simulation in Himalayan river basins using remote sensing. *Remote Sens. Env.*, 2009, vol. 113, pp. 40-49.

Viviroli D.H.H., Dürr B., Meybeck M., Weingartner R. Mountains of the world, water towers for humanity: Typology, mapping, and global significance. *Water Resour. Res.*, 2007, vol. 43, pp. W07447. <https://doi.org/10.1029/2006WR005653>

Ozturk T., Turp M.T., Türkes M., Kurnaz M.L. Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5. *Atmos. Res.*, 2017, vol. 183, pp. 296-307. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.09.008>

Lobanova A., Didovets I., Menz C., Umirbekov A., Babagalieva Z., Hattermann F., Krusanova V. Rapid assessment of climate risks for irrigated agriculture in two river basins in the Aral Sea Basin. *Agric. Water Manage*, 2021, vol. 243, pp. 106-128. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106381>

White C.J., Tanton T.W., Rycroft D.W. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia. *Water Resour. Manag.*, 2014, vol. 28, pp. 5267-5281. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0716-X>

#### Сведения об авторах

##### **Норматов Ином Шерович**

член-корреспондент НАН Таджикистана,  
заведующий, кафедра метеорологии  
и климатологии  
Таджикский национальный университет  
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,  
просп. Рудаки, 17  
e-mail: inomnor@gmail.com

#### Information about the authors

##### **Normatov Inom Sherovich**

Corresponding Member NAS Tajikistan,  
Head, Department of Meteorology and  
Climatology  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025, Tajikistan  
e-mail: inomnor@gmail.com

**Сабурова Гурдофарид Накимовна**  
соискатель, биологический факультет  
Таджикский национальный университет  
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,  
просп. Рудаки, 17  
e-mail: umarova52@gmail.com

**Курбонали Кароматулло**  
доцент кафедры ботаники  
Таджикский национальный университет  
Таджикистан, 734025, г. Душанбе,  
просп. Рудаки, 17  
e-mail: karomat.tj@bk.ru

**Saburova Gurdofarid Naqimovna**  
Applicant, Biology Faculty  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025, Tajikistan  
e-mail: umarova52@gmail.com

**Qurbonali Karomatullo**  
Associate Professor of the Department  
of Botany  
Tajik National University  
17, Rudaki ave., Dushanbe, 734025, Tajikistan  
e-mail: karomat.tj@bk.ru

Код научной специальности: **1.6.18**

Статья поступила в редакцию **17.07.2024**; одобрена после рецензирования **04.09.2024**; принята к публикации **12.03.2025**

The article was submitted **July, 17, 2024**; approved after reviewing **September, 04, 2024**; accepted for publication **March, 12, 2025**