



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 26–31

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 26–31

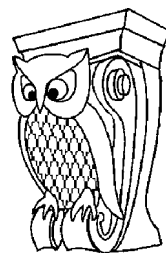
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

Научная статья

УДК 551.506.1:551.582.1

Динамика метеорологических характеристик и эвапотранспирации низовья реки Кафирниган (Таджикистан) – притока трансграничной реки Амударья за период 1946–2021 гг.



Г. Н. Сабурова[✉], И. Ш. Норматов

Таджикский национальный университет, Таджикистан, 734025, г. Душанбе, просп. Рудаки, д. 17

Сабурова Гурдофарид Накимовна, соискатель кафедры экологии биологического факультета, umarova52@gmail.com

Норматов Ином Шерович, доктор химических наук, профессор, член корреспондент Национальной академии наук Таджикистана, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии inomnor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-584X>

Аннотация. Представлены результаты исследования динамики метеорологических характеристик и эвапотранспирации среднего течения реки Варзоб – притока реки Кафирниган за период с 1946 по 2021 г. Установлено, что температура является более действенным фактором в процессах эвапотранспирации. Незначительный тренд уменьшения атмосферных осадков на высотах до 400 м н.у.м. в южных частях бассейна реки Варзоб связан, главным образом, с локальными метеорологическими явлениями и никак не связан с процессами проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки, так как коэффициент корреляции значений атмосферных осадков в верховьях (метеостанция Майхура) и в низовьях бассейна реки Варзоб (метеостанция Айвадж) характеризуется низким значением (0,1).

Ключевые слова: Кафирниган, Варзоб, атмосферные осадки, температура, эвапотранспирации, бассейн

Для цитирования: Сабурова Г. Н., Норматов И. Ш. Динамика метеорологических характеристик и эвапотранспирации низовья реки Кафирниган (Таджикистан) – притока трансграничной реки Амударья за период 1946–2021 гг. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 26–31. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics of the Kafernigan river (Tajikistan) – a tributary of the Transboundary Amudarya River for the period 1946–2021

G. N. Saburova[✉], I. Sh. Normatov

Tajik National University, 17 Rudaki Ave., Dushanbe 734025, Tajikistan

Gurdofarid N. Saburova, umarova52@gmail.com

Inom Sh. Normatov, inomnor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5474-584X>

Abstract. The research results of the meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics in the middle reaches of the Varzob river, a tributary of the Kafernigan river, for the period 1946–2021 are presented. It has been established that temperature is a more active factor in the processes of evapotranspiration. A slight trend of decreasing precipitation at altitudes up to 400 m a. s. l in the southern parts of the Varzob river basin is associated mainly with local meteorological phenomena and is in no way related to the processes of penetration of external air masses into the river basin, since the correlation coefficient of atmospheric precipitation values in the upstream (Maykhura weather station) and in the downstream of the Varzob river basin (Ayvaj weather station) is very little (0.1).

Keywords: Kafernigan, Varzob, precipitation, temperature, evapotranspiration, basin

For citation: Saburova G. N., Normatov I. Sh. Meteorological characteristics and evapotranspiration dynamics of the Kafernigan river (Tajikistan) – a tributary of the Transboundary Amudarya River for the period 1946–2021. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2024, vol. 24, iss. 1, pp. 26–31 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-26-31>, EDN: WJRQEH

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Горная экосистема как резервуар с богатым потенциалом снежно-ледовых ресурсов подвержена климатическим катаклизмам. В таких слу-

чаях возможен риск возникновения природных чрезвычайных явлений в предгорьях и долинах, где развернута широкая инфраструктура для обеспечения жизнедеятельности населения. Актуальность мониторинга гидрометеорологи-



ческих условий в бассейне реки Кафирниган и ее притока реки Варзоб обусловлена прежде всего их орографическими особенностями и выполняемыми ими функциями.

Бассейн реки Варзоб характеризуется крутыми склонами и ограниченностью почвенного покрытия, из-за чего осадки быстро скатываются по крутым склонам, образуя мощные селевые потоки, которые причиняют существенный экономический ущерб жителям бассейна.

Бассейн реки Кафирниган расположен в Центральной Азии между 37° и 39° северной широты и 68° и 70° восточной долготы. Это один из северо-западных притоков Амударьи и трансграничная река между Таджикистаном и Узбекистаном. Климат бассейна Кафирнигана континентальный с преобладанием западных ветров и очень высокой локальной контрастностью из-за географического рельефа. Климат на большей территории бассейна реки горный с характерными умеренными зимами в гористой расчлененной местности, холодными зимами в горных районах и летними сезонами с относительно большими годовыми колебаниями температуры [1].

Ледниковый район бассейна реки Кафирниган расположен на юге горной системы Тянь-Шаня (на южных склонах Гиссарского хребта, отходящего от восточной части Зеравшанского хребта). Наибольшая высота составляет около 5000 м н.у.м.

Общая протяженность Кафирнигана 387 км, площадь бассейна – 11 600 км². Река Варзоб – один из важных и наиболее водоносных притоков реки Кафирниган – формируется при слиянии рек Майхура и Зидди. Ее длина 71 км, площадь бассейна – 1740 км². Площадь оледенения занимает не более 3% площади водосбора реки и составляет 37,8 км².

Реку Зидди питают в основном талые воды сезонных снегов и ледников, а также подземные и дождевые воды. В ее бассейне насчитывается около 40 ледников общей площадью 12 км². Река Майхура вытекает из небольшого ледникового озера с абсолютной высотой около 4008 м н.у.м., ее питают в основном талые воды сезонных снегов, ледников и обильные родниками. В бассейне Майхуры имеются 28 ледников общей площадью 8,9 км² [2].

В бассейн реки Варзоб атмосферная влага поступает с Атлантического океана, тогда как путь летним индийским муссонам перекрывает горная система Гиндукуш [3].

Орография верховья бассейна реки Варзоб характеризуется горными хребтами с крутыми склонами, достигающими до 5000 м н.у.м. Такая орография и ограниченность площадей почвенных покрытий водосбора реки Варзоб сводит к минимуму отток воды в подземные резервуары, и отношение эвапотранспирации к выпавшим осадкам является доминирующим фактором

в формирование стока реки. В весенне-летний период, чаще всего в апреле–июне, ливневые или продолжительные дожди на общем фоне талого половодья вызывают разрушительные наводнения, паводки, селевые потоки.

Для оценки динамических характеристик водных ресурсов горных рек был предложен балансый метод расчета:

$$Q = S \cdot (A - E) - F, \quad (1)$$

где Q – средний многолетний или годовой сток бассейна горной реки, S – площадь водосбора (км²), A – среднемноголетняя (годовая) величина атмосферных осадков, поступивших на единицу площади водосбора реки, мм, E – средняя (многолетняя и годовая) величина испарения влаги с единицы площади водосбора (в мм), F – средняя многолетняя (годовая) величина подземного оттока воды за пределы площади водосбора, км³ [4].

Учитывая резкое расчленение рельефа и крутые склоны горных вершин водосбора горных рек, благодаря которым жидкие атмосферные осадки быстро стекают вниз, в равнину, уравнение (1) было представлено в виде

$$Q = S \cdot A(1 - k), \quad (2)$$

где $k = E/A + F$ [4].

С учетом орографических особенностей и ограниченности площадей почвенных покрытий водосбора реки Варзоб и ее притоков – горных рек – из уравнения (1) следует, что отношение эвапотранспирации к выпавшим осадкам является доминирующим фактором формирования стока реки.

Целью настоящей работы является исследование динамики метеорологических условий и эвапотранспирации с верховья до низовья реки Варзоб.

Методы исследований

Были использованы среднемесячные значения атмосферных осадков за 1946–2021 гг. метеорологических станций Майхура (1922 м н.у.м.), Гушары (1359 м н.у.м.) и Айвадж (319 м н.у.м.). Для оценки взаимосвязи атмосферных осадков на метеорологических станциях бассейна реки Варзоб использовались корреляции Пирсона и Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Ранее изучением динамики метеорологических характеристик верховья реки Варзоб по данным метеостанции Майхура за 1962–2022 гг. было обнаружено повышение температуры в бассейне и появление экстремумов в динамиках температуры и атмосферных осадков. Переход с монотонного уменьшения количества осадков и повышения температуры к более интенсивному изменению свидетельствует о влиянии изменения



климата на микроклимат бассейна реки Майхура в частности и бассейна реки Варзоб в целом [5].

Метеорологическая станция Айвадж (36°59' с. ш. и 68°52' в. д.) расположена на высоте 319 м н.у.м. в низовье реки Кафирниган, в которую впадает река Варзоб. В низовье Кафирнигана сезонные атмосферные осадки выпадают в основном зимой и весной, но в малых количествах.

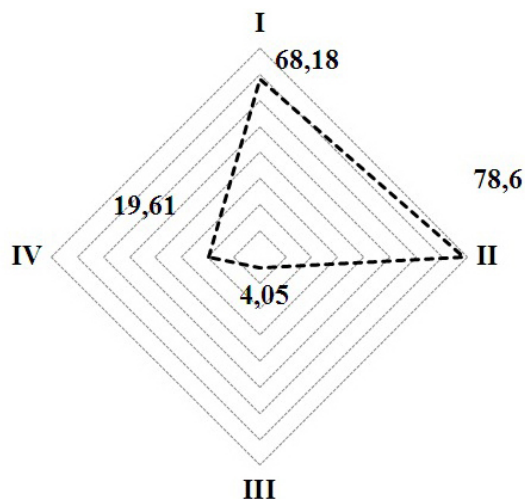


Рис. 1. Среднегодовое сезонное значение атмосферных осадков в низовье реки Кафирниган, мм

Динамика атмосферных осадков и температуры имеет противоположные тренды (рис. 2). Незначительный тренд уменьшения атмосферных осадков на высотах до 400 м н.у.м. в южных частях бассейна реки Варзоб связан главным образом

с локальными метеорологическими явлениями. Это никак не зависит от процессов проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки, так как коэффициент корреляции значений атмосферных осадков в верховье (метеостанция Майхура) и в низовье бассейна реки Варзоб (метеостанция Айвадж) характеризуется низким значением (0, 1).

С учетом больших территорий орошаемых земель в сельскохозяйственных районах низовья реки Кафирниган и важности планирования ирригационных сетей полива представляется важным составление водного баланса определением соотношения атмосферных осадков и эвапотранспирации.

Для этого проводились вычисления значений эвапотранспирации с использованием соотношения

$$ET = 0.01(T_{\text{сред}} + 17)((T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}) - 0.0123P_{\text{сред}})^{0.76} \quad (3)$$

На рис. 3 представлено среднее многолетнее сезонное значение эвапотранспирации за 1946–2021 гг. в зависимости от среднего многолетних значений температуры и атмосферных осадков.

Как видно из рис. 3, повышение температуры приводит к усилению процессов эвапотранспирации. Увеличение количества атмосферных осадков способствует понижению температуры поверхности почвы и, соответственно, ослаблению эвапотранспирации.

На рис. 4 представлены значения эвапотранспирации бассейна реки Варзоб в верховье (Майхура, 1922 м н.у.м.), среднем течении (Гушары, 1359 м н.у.м.) и низовье (Айвадж, 319 м н.у.м.).

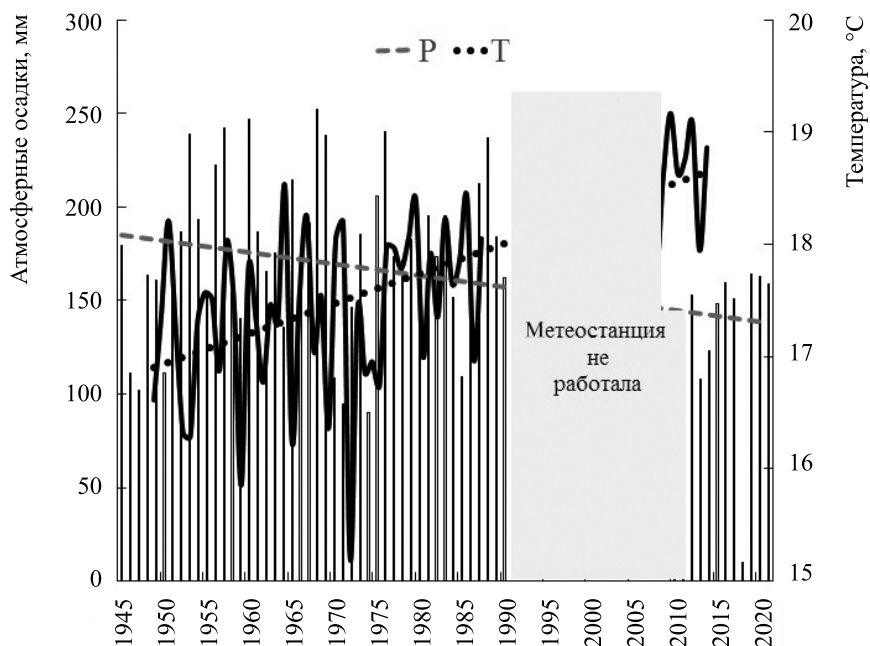


Рис. 2. Динамика среднего многолетних значений атмосферных осадков (Р) и температуры (Т) в низовье реки Кафирниган за 1946–2021 гг.

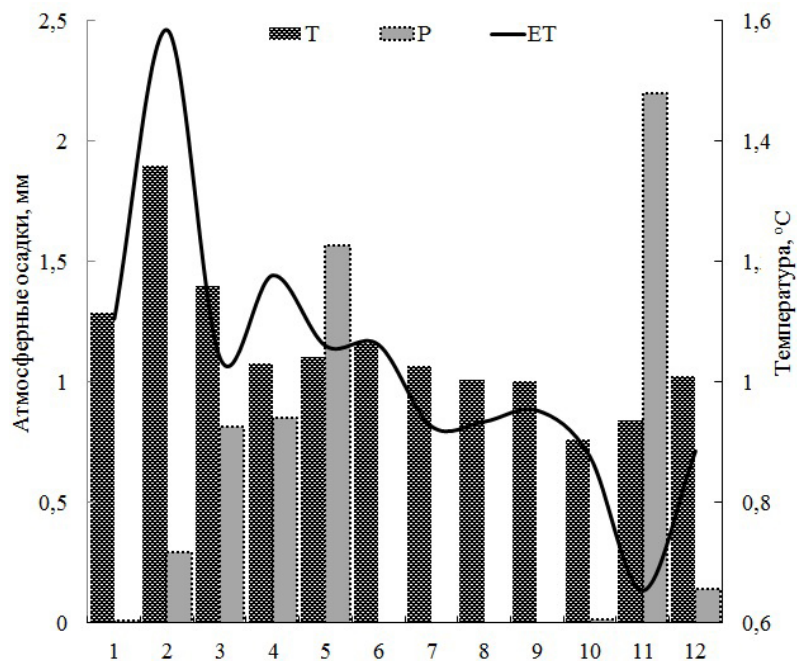


Рис. 3. Среднегодовое значение эвапотранспирации (ЕТ), температуры (Т) и атмосферных осадков (Р) в низовье реки Кафирниган за 1946–2021 гг.

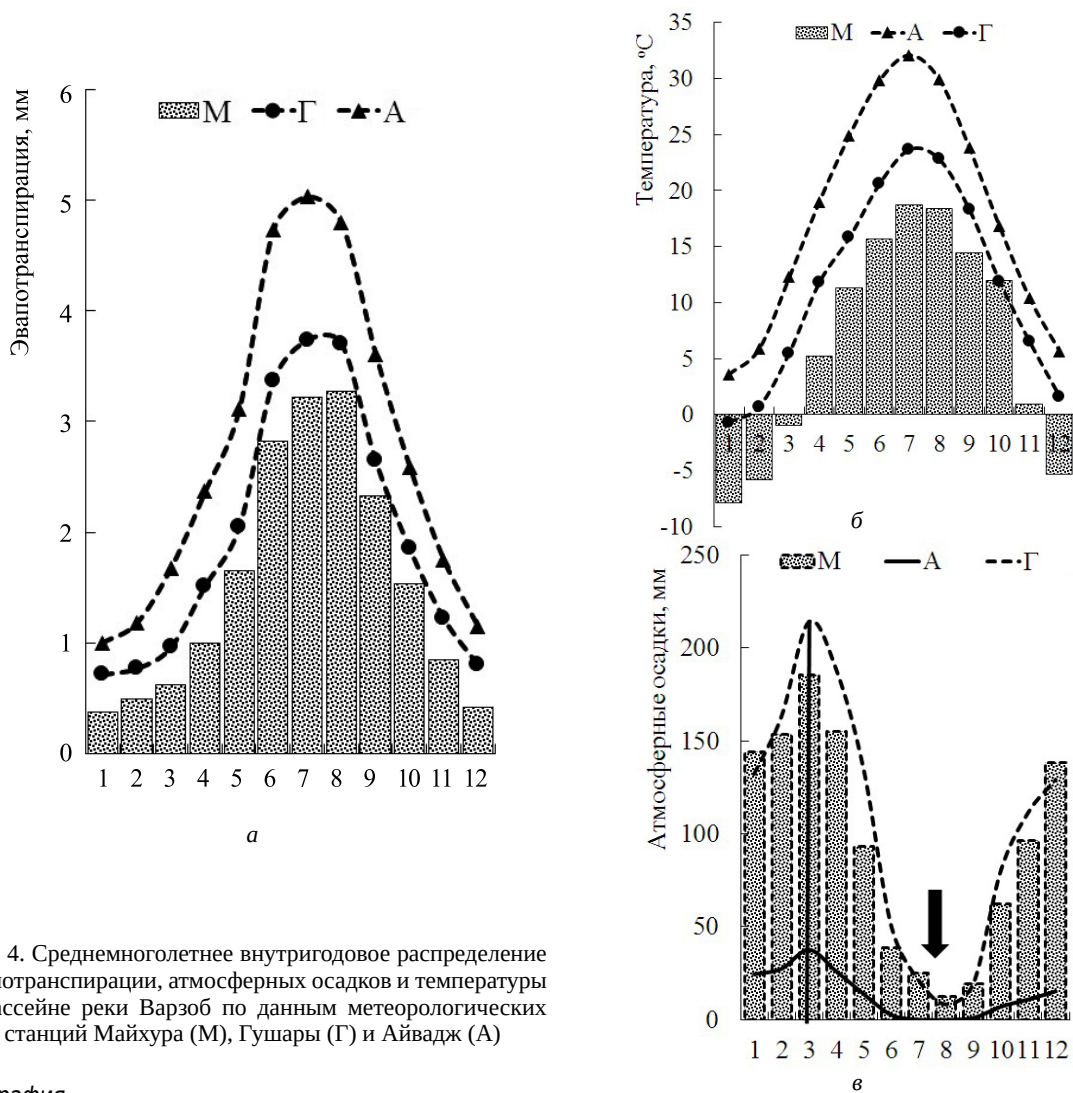


Рис. 4. Среднегодовое внутригодовое распределение эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в бассейне реки Варзоб по данным метеорологических станций Майхура (М), Гушары (Г) и Айвадж (А)



Наблюдаемое распределение эвапотранспирации обусловлено прежде всего высотным распределением атмосферных осадков и температуры (см. рис. 4, б, в). В свою очередь, для бассейнов рек с горной орографией, когда в каждой межгорной впадине и каждом ущелье формируется свой микроклимат, важно выявление доминирующей роли каждого из метеорологических параметров в динамике эвапотранспирации местности.

Для этого были построены взаимные корреляционные зависимости значений эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в верховье, низовье и в среднем течении реки Варзоб, результаты которых представлены на рис. 5.

Из рис. 5, а видно, что взаимосвязь эвапотранспирации низовья и среднего течения является тесной и характеризуется высокими значениями коэффициентов корреляции. С другой стороны, атмосферные осадки в верховье и низовье реки почти не коррелируют между собой.

Между значениями температур трех климатических участков бассейна реки Варзоб наблюдаются тесные корреляции (рис. 5, в).

Наблюдаемая картина подтверждает существенное влияние орографии горной местности на распространение влажных воздушных масс и показывает, что бассейн реки Варзоб находится под влиянием одного температурного фронта.

Заключение

Установлено, что в 1946–2021 гг. в низовье реки Кафирниган тренды температуры и атмосферных осадков имеют возрастающий и нисходящий характер соответственно. Нисходящий тренд атмосферных осадков никак не связан с процессами проникновения внешних воздушных масс в бассейн реки.

Взаимные корреляционные зависимости значений эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры в верховье, низовье и в среднем те-

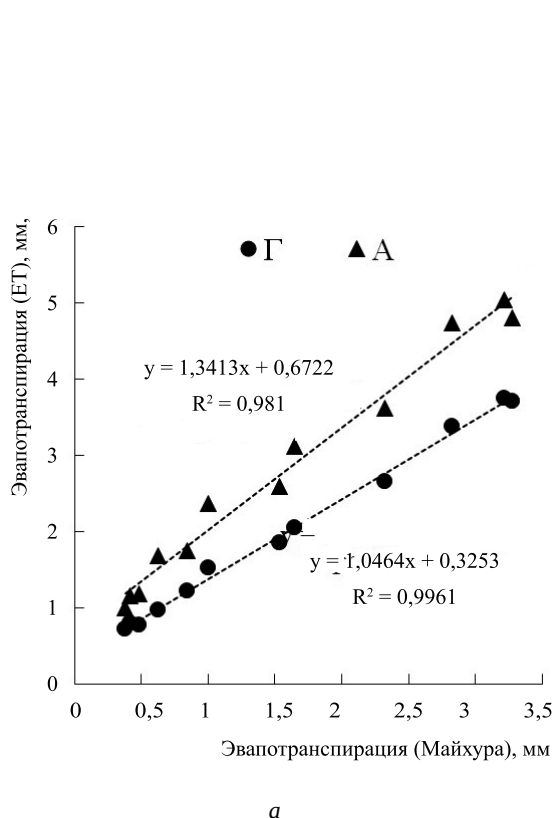
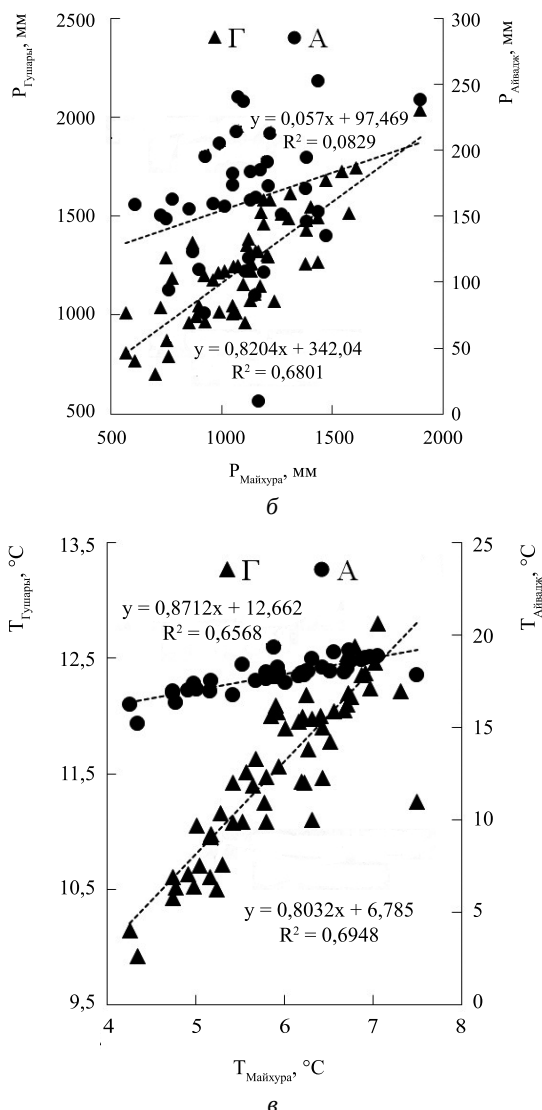


Рис. 5. Корреляция эвапотранспирации, атмосферных осадков и температуры верховья реки Варзоб (метеостанция Майхура) с данными метеостанции Гушары (Г) в среднем течении и метеостанции Айвадж (А) в низовье реки





чении реки Варзоб показывают, что взаимосвязь эвапотранспирации низовья и среднего течения является тесной и характеризуется высокими значениями коэффициентов корреляции, когда атмосферные осадки в верховье и низовье реки почти не коррелируют между собой.

Библиографический список

1. Гулахмадов Н. А., Чен Я. Анализ многолетних трендов температуры в бассейне реки Кафирниган в Таджикистане // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 2. С. 189–203. <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2023-09-02-189-203>
2. Квачев Б. И., Санников А. Г., Соколов Л. Н. Каталог ледников СССР. Т. 14. Средняя Азия. Гл. 3. Амударья. Ч. 5. Бассейн реки Кафирниган. Л. : Гидрометеониздат, 1968. С. 44.
3. Gulahmadov N., Chen Y., Gulahmadov M., Satti Z., Naveed M., Davlyatov R., Ali S., Gulahmadov A. Assessment of temperature, precipitation, and snow cover at different altitudes of the Varzob river basin in Tajikistan // Applied Sciences. 2023. Vol. 13, iss. 9. P. 5583–5598. <https://doi.org/10.3390/app13095583>
4. Sattarov M. A., Eshmirzoev I. E., Rakhimov F. On estimation methods and rational use of water resources in Central Asia // Proc. XXXI IAHR Congress. Seoul, Korea, 2005. Vol. II. P. 1261–1263.
5. Норматов И. Ш., Сабурова Г. Н., Муминов А. О., Авази М. Пространственно-высотное распределение атмосферных осадков в бассейне реки Варзоб // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2023. № 3. С. 128–136.

Поступила в редакцию 04.01.2024; одобрена после рецензирования 04.02.2024; принята к публикации 09.02.2024
The article was submitted 04.01.2024; approved after reviewing 04.02.2024; accepted for publication 09.02.2024