

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-3-125-138>

УДК 551.506:551.557:551.579.4

Пространственное распределение метеорологических условий бассейна реки Зеравшан и их корреляция со стоком реки Зеравшан

*И.Ш. Норматов¹, Ф.А. Шарофзода²,
П.И. Норматов³, М. Ашуров¹*

¹*Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан;*

²*Академия Министерства внутренних дел Республики Таджикистан,
г. Душанбе, Таджикистан;*

³*Институт математики Национальной академии наук Таджикистана,
г. Душанбе, Таджикистан
inomnor@gmail.com*

Для западного, центрального и восточного субрегионов бассейна реки Зеравшан в Таджикистане исследована взаимосвязь среднемноголетних значений метеорологических параметров на метеорологических станциях за период 1950–2021 гг. Корреляционный анализ позволил получить информацию о воздушных массах, несущих влагу в бассейн реки Зеравшан, и распределение атмосферных осадков в зависимости от орографии местности, географических широт и высоты расположения местности.

Изучено сезонное распределение многолетнего среднегодового значения стока реки Зеравшан. Получены корреляционные зависимости периода максимального стока реки от распределения атмосферных осадков и температуры по сезонам года. Установлено, что увеличение летних значений стока реки Зеравшан происходит за счет осадков, аккумулированных на леднике Зеравшан в весенний период.

Ключевые слова: корреляция, река Зеравшан, атмосферные осадки, температура, сток реки

Spatial distribution of meteorological conditions of the Zeravshan River basin and their correlation with the Zeravshan River runoff

*I.Sh. Normatov¹, F.A. Sharofzoda²,
P.I. Normatov³, M. Ashurov¹*

¹*Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan;*

²*Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan,
Dushanbe, Tajikistan;*

³*Mathematics Institute of the Tajik National Academy of Sciences,
Dushanbe, Tajikistan
inomnor@gmail.com*

Correlations between average long-term values of meteorological parameters at weather stations over the period of 1950–2021 are investigated for the western, central, and eastern subregions of the Zeravshan River basin. The correlation analysis made it possible to obtain the information about the air masses transporting moisture, as well as about the distribution of precipitation depending on local orography, geographic latitude, and elevation. The seasonal distribution of long-term average annual runoff of the Zeravshan

River is studied. It is established that the increase in summer values of the flow of the Zeravshan River occurs due to precipitation accumulated on the Zeravshan glacier in the spring period.

Keywords: correlation, Zeravshan River, precipitation, temperature, river runoff

Введение

Зарафшан является одним из важнейших притоков Амударьи и обеспечивает более шести миллионов человек в Таджикистане и Узбекистане водными ресурсами для удовлетворения их бытовых, экономических и сельскохозяйственных потребностей [1, 8, 12].

Истоки реки расположены на леднике Зарафшан между горными хребтами Туркестан и Зарафшан в северном Таджикистане на высоте 2810 м над уровнем моря. Оттуда река течет с уклоном 5,1 % на протяжении 260 км в западном направлении через каньонообразную долину, образованную двумя горными хребтами Матча Река. Близ Айни к реке Матча присоединяется река Фондаря, идущая с юга, и теперь она называется рекой Зарафшан. Общая длина реки Зарафшан составляет 870 км со средним уклоном 2,9 %, а нынешний размер ее водосборного бассейна составляет 40 600 км² (по сравнению с 131 000 км² до 1957 года [14]). Примерно 29 % водосбора расположено в Таджикистане (11 700 км², 8,4 % территории Таджикистана), а остальные 71 % – в Узбекистане (28 900 км², 6,5 % территории Узбекистана). Река в основном питается талыми водами ледников, что приводит к максимальному расходу в конце весны и начале лета и минимальному расходу зимой [14]. Среднеголетний сток реки Зеравшан составляет 158 м³/с, среднегодовой объем воды – примерно 5 км³.

Горный рельеф, высотная зональность климата, значительная неоднородность метеорологических условий являются причинами больших геоэкологических контрастов бассейна реки Зеравшан. Изучение особенностей геоэкологических изменений и метеорологических условий Зеравшанской долины имеет важное значение для разработки региональных сценариев прогнозирования изменения климата и решения ряда практических проблем, таких как рациональное использование гидроэнергетических ресурсов путем эффективного размещения гидротехнических сооружений, планирование развития сельского хозяйства, комплексное и эффективное использование рекреационного потенциала долины [13].

Сравнение многолетних наблюдений за метеорологическими параметрами бассейна реки Зеравшан в Таджикистане позволяет выявить общие закономерности и индивидуальные особенности, способствует разработке эффективных механизмов адаптации геоэкологических систем к изменению климата и их устойчивости к чрезвычайным природным ситуациям [5, 6, 10, 11]. Для стран Центральной Азии водный фактор, а именно водность рек, представляет особое значение, и проблема идентификации воздушных масс, ответственных за обеспечения речных бассейнов атмосферными осадками, является актуальной.

Данные последних десятилетий свидетельствуют об усилении сокращения площадей оледенения и снежного покрова в горах как Южного, так и Северного полушария Земли [9]. Ожидается, что географические районы, в водных циклах которых доминирует гидрология таяния ледников и снега, будут более восприимчивыми к изменению климата, то есть к изменению сезонности стока речной системы [4]. Эти климатические реакции горной речной гидрологии в сочетании с потенциальными изменениями на поверхности Земли, ростом численности населения и уже существующим дефицитом водных ресурсов могут создавать серьезные проблемы для горных регионов. Региональные климатические прогнозы МГЭИК (2007 г.) показывают, что к концу XXI в. ожидается потепление в Центральной Азии на 3,7 °С с наибольшим значением на более высоких террасах, особенно на Тибетском плато и в Гималаях [7].

Пространственная неоднородность количественного распределения атмосферных осадков и глубина снежного покрова на высокогорьях обусловлена главным образом орографией горной местности и особенностью продвижения воздушных масс [2].

Целью настоящей работы является установление видов воздушных масс, несущих влагу в бассейн реки Зеравшан путем определения взаимной корреляции количеств атмосферных осадков, измеренных на метеорологических станциях бассейна, расположенных на различных широтах и высотах над уровнем моря.

Объект исследования. Горная часть долины р. Зеравшан является уникальным местом во всей Центральной Азии. Бассейн реки вытянут с востока на запад и обрамлен высокими горами. Туркестанский хребет с севера, Зеравшанский и Гиссарские хребты с юга (рис. 1) надежно экранируют долину от южных и северных влажных воздушных масс, следствием чего является выпадение в долине р. Зеравшан незначительных количеств осадков (115–500 мм/год) [3].

Для учета распределения атмосферных осадков по территории бассейна были использованы данные метеорологических станций западного, центрального и восточного субрегионов бассейна реки Зеравшан. На рис. 2 приведены географические координаты, высоты расположения метеостанций бассейна реки и среднемноголетние значения осадков. Взаимосвязь между результатами измерения среднегодовых осадков на разных метеорологических станциях определялась с применением статистических методов обработки (корреляции Пирсона и Спирмена).

Согласно [15], прямой корреляции между результатами наблюдений за температурой, осадками и речным стоком нет. Отсутствие таких взаимосвязей вызвано фактором аккумуляции осадков в ледниках. Например, в годы с низкими температурами осадки могут не вызвать увеличения речного стока, поскольку основное количество осадков будет накапливаться в ледниках. В период повышенных температур эта вода может повысить сток рек, даже если количество осадков не слишком велико.

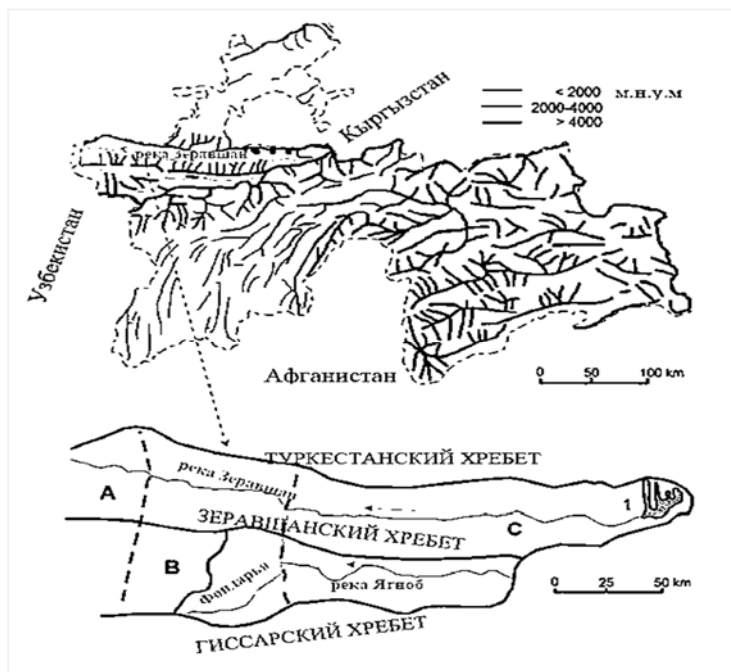


Рис. 1. Распределение основных горных хребтов Таджикистана и верховье бассейна реки Зеравшан с субрегионами: А – западный, В – центральный и С – восточный. 1 – Зеравшанский ледник.

Fig. 1. The distribution of the main mountain ranges in Tajikistan and the upper reaches of the Zeravshan River with subregions: A – western, B – central, C – eastern, 1 – Zeravshan glacier.

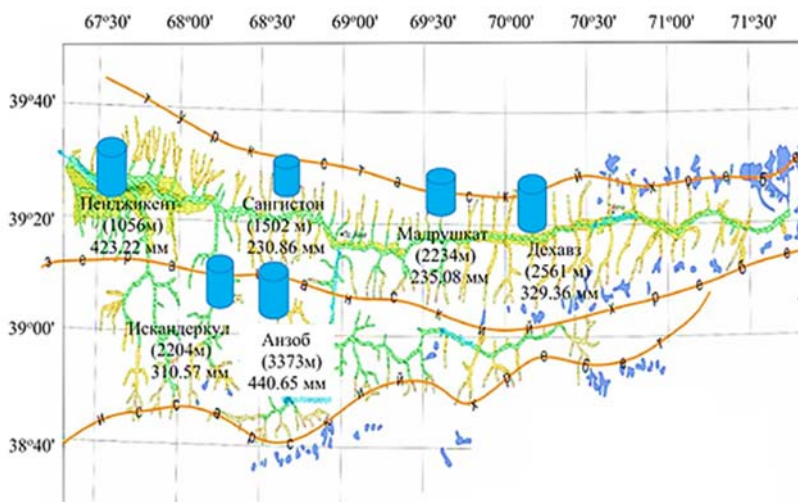


Рис. 2. Координаты метеорологических станций и среднемноголетние значения атмосферных осадков.

Fig. 2. The coordinates of weather stations and average long-term values of precipitation.

В табл. 1 представлены результаты корреляционных зависимостей атмосферных осадков между метеостанциями бассейна реки Зеравшан.

Таблица 1. Результаты взаимной корреляции атмосферных осадков на метеорологических станциях бассейна реки Зеравшан

Table 1. The results of the cross correlation of precipitation at the weather stations of the Zerafshan River basin

| | Анзоб | Искандеркул | Сангистон | Мадрушкат | Пенджикент | Дехавз |
|-------------|-------|--------------|--------------|--------------|------------|--------|
| Анзоб | 1 | | | | | |
| Искандеркул | 0,446 | 1 | | | | |
| Сангистон | 0,423 | 0,794 | 1 | | | |
| Мадрушкат | 0,410 | 0,748 | 0,821 | 1 | | |
| Пенджикент | 0,224 | 0,476 | 0,399 | 0,450 | 1 | |
| Дехавз | 0,283 | 0,632 | 0,621 | 0,765 | 0,438 | 1 |

Расчеты показывают, что тесная взаимосвязь среднегоголетних значений атмосферных осадков наблюдается между метеорологическими станциями центрального и восточного субрегионов бассейна реки Зеравшан на высотах 1500–2600 м н.у.м. Среднегоголетние значения атмосферных осадков на метеорологических станциях западного субрегиона бассейна (Анзоб, Пенджикент) не коррелируют со значениями осадков центрального и восточного субрегионов бассейна.

Полученные результаты дают основание предположить, что поступление влаги в бассейн реки Зеравшан обусловлено проникновением северо-западных и южных воздушных масс. Метеорологическая станция Пенджикент расположена в начале бассейна с западной стороны, а метеостанция Анзоб – на границе северной части бассейна. Не исключен также механизм, согласно которому влажная воздушная масса, проникая в субрегионы бассейна, застревает между Туркестанскими и Зеравшанскими хребтами, благодаря чему среднегогодовые значения атмосферных осадков по метеорологическим станциям центрального и восточного субрегионов (Дехавз, Искандеркул, Мадрушкат, Сангистон) принимают значения, близкие со средней величиной 277 ± 45 мм.

В пользу предположения о существенной роли орографии в распространении воздушных масс можно привести распределение средней температуры по бассейну реки Зеравшан. Из табл. 2 видно, что взаимосвязь среднегоголетних значений температуры по метеорологическим станциям бассейна реки Зеравшан значительно теснее, чем между осадками. Это обусловлено прежде всего тем, что Туркестанский хребет с севера, Зеравшанский и Гиссарские хребты с юга надежно экранируют долину Зеравшан от ветров, и тем самым в долине создается квазиравновесный температурный режим.

Таблица 2. Результаты взаимной корреляции температуры на метеорологических станциях бассейна реки Зеравшан

Table 2. The results of the cross correlation of temperature at the weather stations of the Zeravshan River basin

| | Анзоб | Дехавз | Мадрушкат | Искандеркул | Пенджикент | Сангистон |
|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Анзоб | 1 | | | | | |
| Дехавз | 0,65 | 1 | | | | |
| Мадрушкат | 0,58 | 0,80 | 1 | | | |
| Искандеркул | 0,61 | 0,81 | 0,90 | 1 | | |
| Пенджикент | 0,60 | 0,66 | 0,76 | 0,75 | 1 | |
| Сангистон | 0,65 | 0,74 | 0,86 | 0,89 | 0,83 | 1 |

Сравнение количеств атмосферных осадков на южных склонах Гиссарского хребта (2000 мм/год) и в долине Зеравшан (100–500 мм/год) указывает на определенный вклад влажных южных воздушных масс со стороны Гиссарского хребта в обеспечение долины атмосферными осадками.

Об этом свидетельствуют результаты корреляционных зависимостей атмосферных осадков, измеренных на метеорологических станциях Анзоб, расположенной в самом начале долины Зеравшан с северной части, и Мадрушкат в средней части с данными метеорологических станций Сангистон, Искандеркул, Пенджикент и Дехавз бассейна реки Зеравшан (рис. 3 и 4).

Из рис. 3 и рис. 4 видно, что атмосферные осадки, измеренные на метеорологической станции Анзоб хотя коррелируют положительно с данными метеорологических станций Искандеркул, Сангистон, Мадрушкат, Дехавз и Пенджикент, однако характеризуются более низкими значениями коэффициента Пирсона и критерия Стьюдента. При этом атмосферные осадки на метеорологической станции Мадрушкат имеют тесную взаимосвязь с атмосферными осадками, измеренными на метеорологических станциях Искандеркул, Сангистон, Дехавз, с высокими значениями коэффициента корреляции Пирсона и критерия Стьюдента.

Метеорологическая станция Пенджикент, расположенная в самой восточной части долины Зеравшан, показывает наиболее высокие значения атмосферных осадков и температуры (рис. 2, рис. 5).

Однако, как видно из рис. 2 и рис. 5, атмосферные осадки данной метеостанции слабо коррелируют с данными метеорологических станций Анзоб и Мадрушкат. Согласно нашему предположению, расположение метеорологической станции на низких широтах и теплая среднегодовая температура способствуют тому, что поступающая холодная западная воздушная масса обеспечивает район достаточным количеством осадков в жидкой фазе; облегченная, сухая воздушная масса далее проникает в центральную часть бассейна реки Зеравшан.

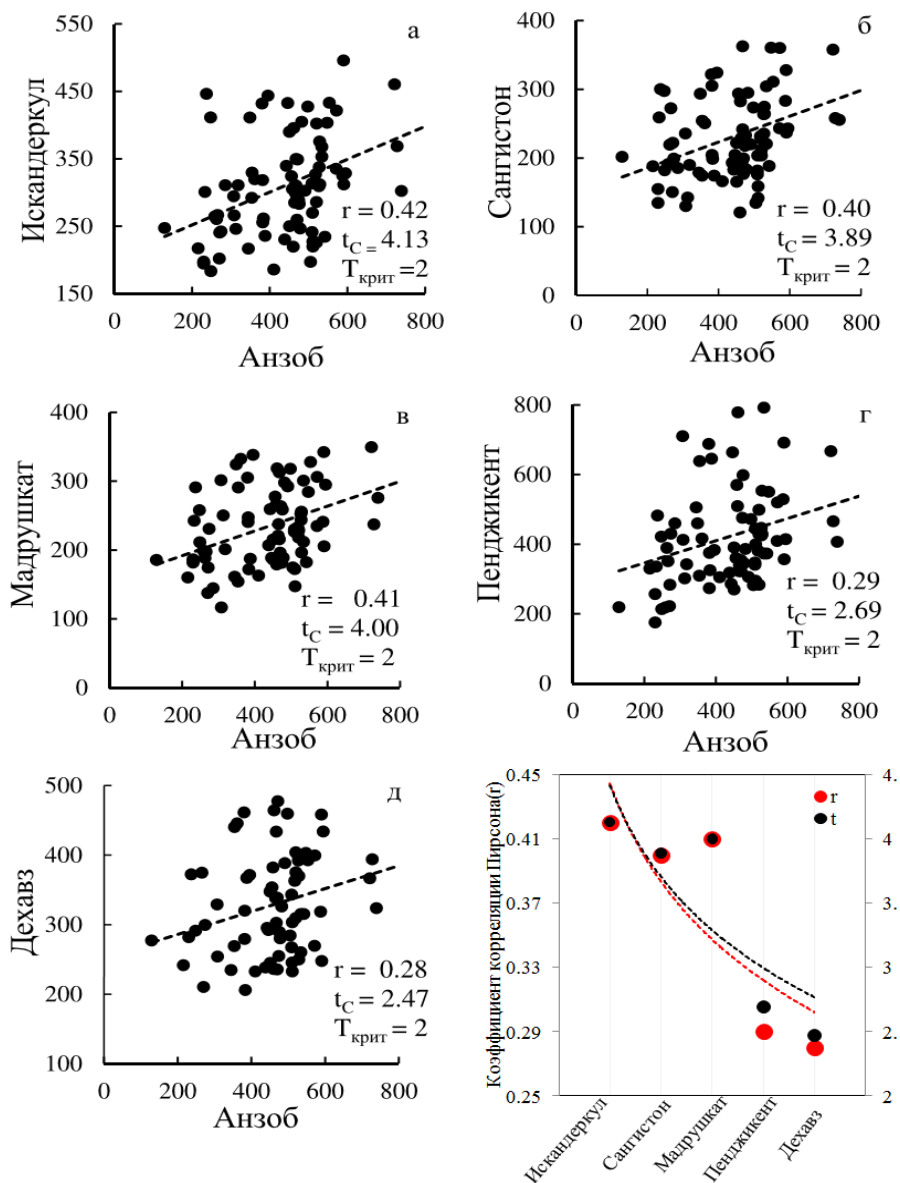


Рис. 3. Взаимная корреляция значений атмосферных осадков на метеостанциях Анзоб и Искандеркул, Сангистон, Мадрушкат, Дехавз, Пенджикент.

Fig. 3. The cross correlation of the values of precipitation at Anzob Iskanderkul, Sangiston, Panjakent, and Dehавz weather stations.

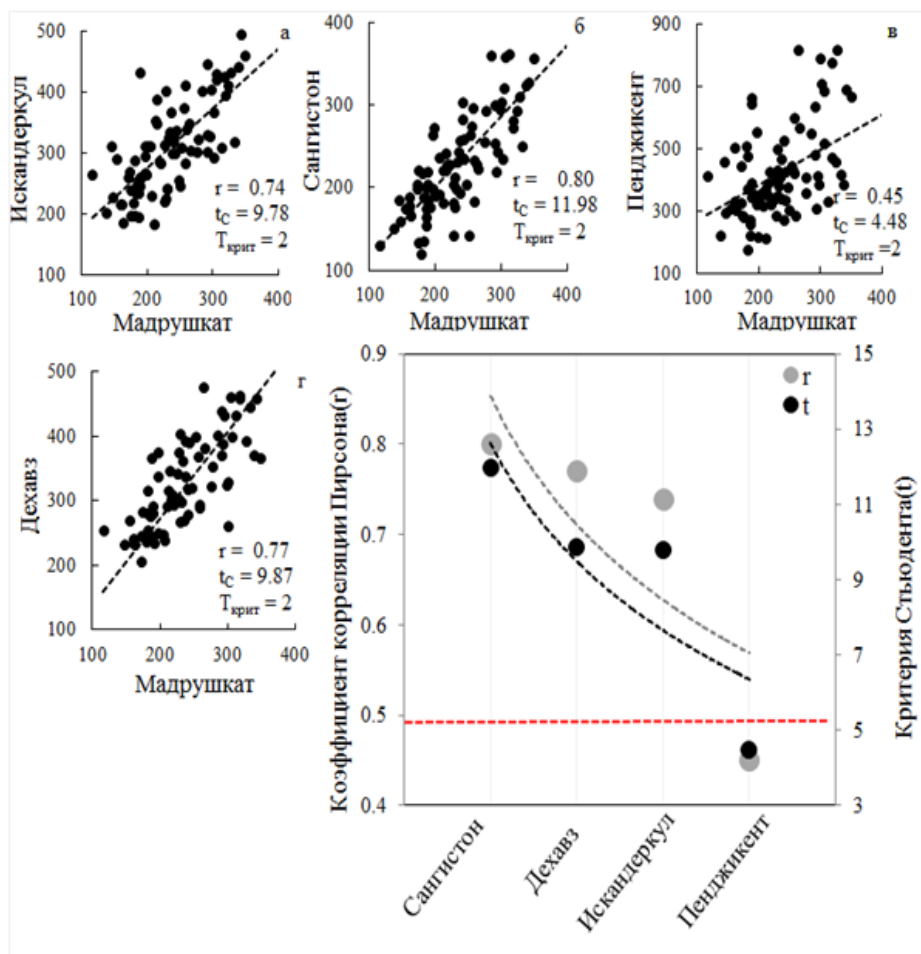


Рис. 4. Взаимная корреляция значений атмосферных осадков на метеостанции Мадрушкат с данными метеостанций Искандеркул, Сангистон, Пенджикент и Дехавз.

Fig. 4. The cross correlation of the values of precipitation at Madruskkat weather station with the data from Iskanderkul, Sangiston, Panjakent and Dehavz stations.

Следует отметить, что реализация перспективных государственных программ по освоению гидроэнергетического потенциала в верховьях и развитию сельского хозяйства в низовьях реки Зеравшан главным образом основана на широком использовании водных ресурсов бассейна реки Зеравшан. В условиях изменения климата непрерывный и последовательный мониторинг водных и снежно-ледовых ресурсов представляет существенное значение для планирования и корректировки планов реализации программ по строительству гидротехнических сооружений и ирригационных схем водообеспечения сельскохозяйственных земель.

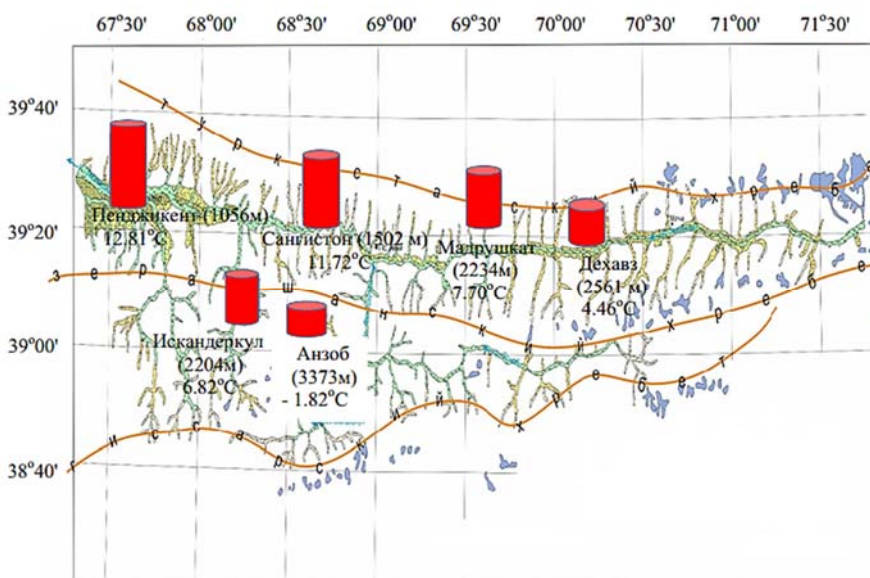


Рис. 5. Пространственное распределение температуры по субрегионам бассейна реки Зеравшан.

Fig. 5. The spatial distribution of temperature in the subregions of the Zeravshan River basin.

Естественно, что атмосферные осадки являются ключевым фактором в формировании стока рек. Следовательно, установление сезонного распределения атмосферных осадков и их вклада в образование стока реки Зеравшан является актуальным с точки зрения предотвращения природных чрезвычайных ситуаций.

На рис. 6 представлено сезонное распределение многолетнего среднего годового значения стока реки Зеравшан за период 1950–2021 гг. Из рис. 6 видно, что максимум стока реки соответствует летнему сезону (VI–VIII) и составляет $394,3 \text{ м}^3/\text{с}$.

Несомненно, важно выявить вклад атмосферных осадков различных сезонов года в формирование стока реки. Была исследована корреляционная зависимость периода максимального стока реки (VI–VIII) с распределением атмосферных осадков и температуры по сезонам года (рис. 7). Максимальные значения коэффициентов корреляции соответствуют весеннему (III–V) и летнему (VI–VIII) сезонам и составляют $r(P) = 0.40$, $r(T) = 0.18$ соответственно.

Полученные результаты дают основание предположить, что увеличение летних значений стока реки Зеравшан происходит за счет осадков, аккумулированных на леднике Зеравшан в весенний период.

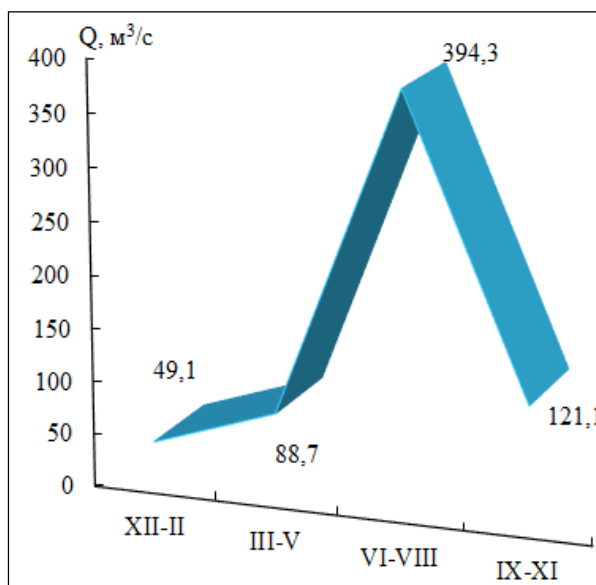


Рис. 6. Сезонное распределение стока реки Зеравшан.
Fig. 6. The seasonal distribution of the Zeravshan River runoff.

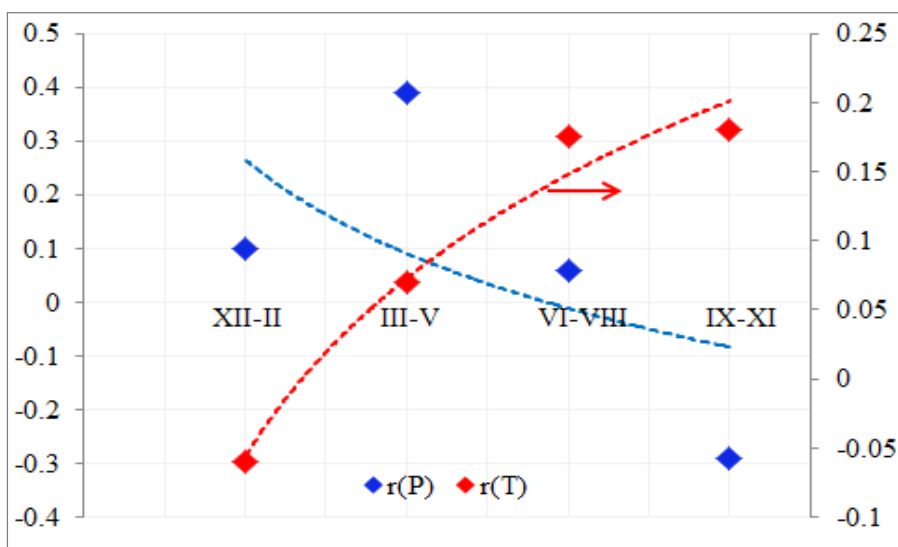


Рис. 7. Значения коэффициента корреляции Пирсона $r(P)$ и критерия Стьюдента $r(T)$ зависимости атмосферных осадков в бассейне реки Зеравшан от сезонов года.

Fig. 7. The values of the Pearson correlation coefficient $r(P)$ and t -test statistic $r(T)$ for the dependence of precipitation in the Zeravshan River basin on a season.

По данным метеорологической станции Дехавз, наиболее близко расположенной и характеризующей метеорологические условия района расположения ледника Зеравшан, максимальное значение атмосферных осадков (рис. 8) приходится на весенний период, а максимальная температура – на летний сезон. Наблюдаемый характер распределения температуры и атмосферных осадков в районе расположения ледника подтверждает результаты корреляционного анализа.

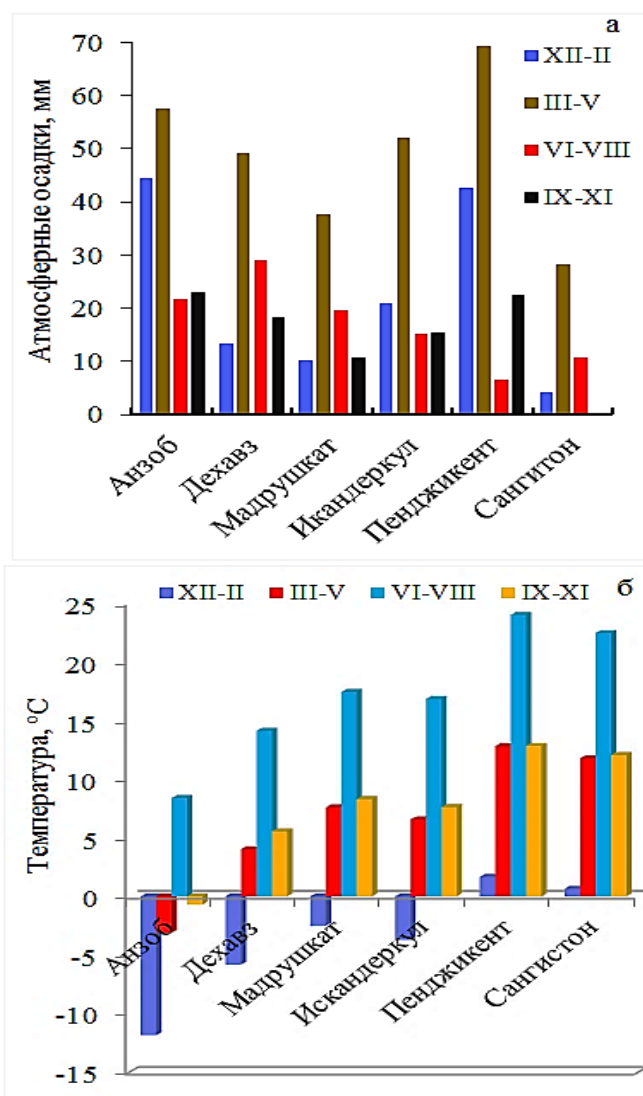


Рис. 8. Сезонное распределение атмосферных осадков (а) и температуры (б) в бассейне реки Зеравшан по данным метеорологических станций.

Fig. 8. The seasonal distribution of (a) precipitation and (б) temperature in the Zerafshan River basin according to weather station data.

Заключение

Обнаружено, что из-за экранирования бассейна реки с севера и юга Туркестанскими и Гиссарскими хребтами метеорологические условия, а именно количество атмосферных осадков в центральной и восточной части бассейна, проявляют небольшие различия.

Показано, что при статистическом анализе корреляционных зависимостей метеорологических параметров бассейна реки и расхода воды реки Зеравшан можно получить информацию о воздушных массах, несущих влагу, а также о распределении атмосферных осадков в зависимости от оротографии местности, географических широт и высоты расположения местности.

Показано, что поступление влаги в бассейн реки Зеравшан обусловлено проникновением северо-западных и южных воздушных масс.

Обнаружено, что взаимосвязь среднемноголетних значений температуры по метеорологическим станциям бассейна реки Зеравшан значительно теснее, чем между осадками. Это обусловлено прежде всего тем, что Туркестанский хребет с севера, Зеравшанский и Гиссарские хребты с юга надежно экранируют долину Зеравшан от ветров, и тем самым в долине создается квазиравновесный температурный режим.

Установлено, что максимальное значение коэффициентов корреляции периода максимального значения стока (VI–VIII) со значением атмосферных осадков соответствует весенним (III–V) сезонам, с температурой – летним сезонам (VI–VIII).

Благодарность: Авторы выражают благодарность профессору Г.Т. Фрумину за интерпретацию результатов и конструктивные замечания и предложения по значительному улучшению статьи.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to Professor G.T. Frumin for interpreting the results and for constructive comments and suggestions for significant improvement of the article.

Список литературы

1. *Норматов П.И., Фрумин Г.Т.* Сравнительный анализ гидрохимических параметров верховья и низовья трансграничной реки Зеравшан // Ученые записки РГГМУ. 2015. Т. 39. С. 181-188.
2. *Мирзохонова С.О., Маркаев Б.А., Норматов П.И., Эшанкулова Р.У.* Пространственное распределение осадков по климатическим зонам верховья трансграничной реки Пяндж // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 23. С. 74-82. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.74>.
3. Реки и озера Таджикистана. Душанбе: Главное управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой Министерства охраны природы Республики Таджикистан, 2003. С. 1-23.
4. *Adam J. C., Hamlet A. F., Lettenmaier D. P.* Implications of global climate change for snowmelt hydrology in the twenty-first century // Hydrological Processes. 2009. No. 23. P. 962-972.
5. *Analytical Report: Water quality of the Amudarya and Syrdarya River Basins, Tashkent.* 2011, 80p. http://www.cawater-info.net_analytic_report_en.

6. *Analytical review*. Status and prospects of integrated water resources management in the Zeravshan river basin. The project EU-UNDP project (2009–2012): support integrated water resources management and Transboundary dialogue in Central Asia, Dushanbe, 2010, 95p.

7. *Bhattarai B.Ch., Dhananjay R.D.* Impact of Climate Change on Water Resources in View of Contribution of Runoff Components in Stream Flow: A Case Study from Langtang Basin Nepal // *J. Hydrol. Meteorol.* 2015. Vol. 9, no 1. P. 75-84. DOI:10.3126/jhm.v9i1.15583

8. *Groll M., Opp Ch., Kulmatov R., Ikramova M., Normatov I.* Water quality, potential conflicts and solutions – an upstream – downstream analysis of the transnational Zeravshan River (Tajikistan, Uzbekistan) // *Environ Earth Sci.* 2015. Vol. 73. P. 743-763. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2988-5>

9. *IPCC.* Climate change 2007: Synthesis Report // Eds. C. W. Team, R. K. Pachauri, A. Reisinger. Geneva, Switzerland, 2007. 125 p.

10. *Normatov P.I.* Quantitative estimation of Hyman intervention Rivers on quality of waters of the Transboundary Rivers of the Central Asia // *The book of Abstracts, Goldschmidt, California*, 2014. P. 1827.

11. *Normatov P.I.* Water Quality of the Zeravshan River and chemical analysis of seasonal snow on the glaciers of the Zeravshan river basin // *Vestnik Tajik National University.* 2015. Vol. 1, no 1 (102). P. 306-310.

12. *Normatov P.I., Armstrong R., Normatov I. Sh., Narzulloev N.* Monitoring Extreme Water Factors and Studying the Anthropogenic Load of Industrial Objects on Water Quality in the Zeravshan River Basin // *Russian Meteorology and Hydrology.* 2015. Vol. 40 (5). P. 347-354. DOI: 10.3103/s106837391505009x.

13. *Normatov P.I.* Monitoring Impact of industrial complexes on water quality and chemical analyses of seasonal snow of the Zeravshan River Basin glaciers // *Proc. 16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India*, 2016. P. 208-212.

14. *Olsson O, Gassmann M, Wegerich K, Bauer M.* Identification of the effective water availability from stream flows in the Zeravshan river basin, Central Asia // *J. Hydrol.* 2010. Vol. 390. P. 190-197.

15. *Savitskaya D.* Statistical picture of climate changes in Central Asia: Temperature, precipitation, and river flow // *International Congress on Environmental Modeling and Software.* P. 300. <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2010/all/300>.

References

1. *Normatov P.I., Frumin G.T.* Comparative analysis of hydrochemical parameters of upstream and downstream of the transboundary Zeravshan river. *Uchenye zapiski RGGMU [Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University]*, 2015, vol. 39, pp. 181-188 [in Russ.].

2. *Mirzohonova S.O., Markaev B.A., Normatov P.I., Eshankulova R.U.* The spatial distribution of precipitation by climatic zones of the upstream of the transboundary pyanj river. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle*, 2018, vol. 23, pp. 74-82. DOI: 10.26516/2073-3402.2018.23.74 [in Russ.].

3. Reki i ozera Tadjikistana. Dushanbe: Glavnoe upravlenie po gidrometeorologii i nablyudenyam za prirodnoy sredoy Ministerstva ohrany prirody Respubliki Tadjikistan, 2003, pp. 1-23 [in Russ.].

4. *Adam J. C., Hamlet A. F., Lettenmaier D. P.* Implications of global climate change for snowmelt hydrology in the twenty-first century. *Hydrological Processes*, 2009, no. 23, pp. 962-972.

5. *Analytical Report: Water quality of the Amudarya and Syrdarya River Basins*, Tashkent. 2011, 80 p. Available at: http://www.cawater-info.net_analytic_report_en.

6. *Analytical review*. Status and prospects of integrated water resources management in the Zeravshan river basin. The project EU-UNDP project (2009–2012): support integrated water resources management and Transboundary dialogue in Central Asia, Dushanbe, 2010, 95 p.

7. *Bhattarai B.Ch., Dhananjay R.D.* Impact of Climate Change on Water Resources in View of Contribution of Runoff Components in Stream Flow: A Case Study from Langtang Basin Nepal. *J. Hydrol. Meteorol.*, 2015, vol. 9, no 1, pp. 75-84. DOI:10.3126/jhm.v9i1.15583
8. *Groll M., Opp Ch., Kulmatov R., Ikramova M., Normatov I.* Water quality, potential conflicts and solutions – an upstream – downstream analysis of the transnational Zeravshan River (Tajikistan, Uzbekistan). *Environ Earth Sci.*, 2015, vol. 73, pp. 743-763. DOI: 10.1007/s12665-013-2988-5.
9. *IPCC.* Climate change 2007: Synthesis Report. Eds. C.W. Team, R.K. Pachauri, A.Reisinger. Geneva, Switzerland, 2007, 125 p.
10. *Normatov P.I.* Quantitative estimation of Hyman intervention Rivers on quality of waters of the Transboundary Rivers of the Central Asia. The book of Abstracts, Goldschmidt, California, 2014, pp. 1827.
11. *Normatov P.I.* Water Quality of the Zeravshan River and chemical analysis of seasonal snow on the glaciers of the Zeravshan river basin. *Vestnik Tajik National University*, 2015, vol. 1, no 1, (102), pp. 306-310.
12. *Normatov P.I., Armstrong R., Normatov I. Sh., Narzulloev N.* Monitoring Extreme Water Factors and Studying the Anthropogenic Load of Industrial Objects on Water Quality in the Zeravshan River Basin. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2015, vol. 40, no. 5, pp. 347-354. DOI: 10.3103/s106837391505009x.
13. *Normatov P.I.* Monitoring Impact of industrial complexes on water quality and chemical analyses of seasonal snow of the Zeravshan River Basin glaciers. Proc. 16th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India, 2016, pp. 208-212.
14. *Olsson O, Gassmann M, Wegerich K, Bauer M.* Identification of the effective water availability from stream flows in the Zeravshan river basin, Central Asia. *J. Hydrol.*, 2010, vol. 390, pp. 190-197.
15. *Savitskaya D.* Statistical picture of climate changes in Central Asia: Temperature, precipitation, and river flow // International Congress on Environmental Modeling and Software. 300 p. Available at: <https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2010/all/300>.

*Поступила 25.03.2023; одобрена после рецензирования 20.09.2023;
принята в печать 06.10.2023.
Submitted 25.03.2023; approved after reviewing 20.09.2023;
accepted for publication 06.10.2023.*