

УДК (UDC) 551.582.1:551.506.3

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИХ СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В  
УЩЕЛЬЕ ГУШАРЫ БАССЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ (ТАДЖИКИСТАН)METEOROLOGICAL CONDITIONS AND THEIR SEASONAL DISTRIBUTION IN  
THE GUSHARY GORGE OF THE VARZOB RIVER BASIN (TAJIKISTAN)Норматов И.Ш., Сабурова Г.Н.  
Normatov I. Sh., Saburova G.N.Таджикский национальный университет (Душанбе, Таджикистан)  
Tajik National University (Dushanbe, Tajikistan)

**Аннотация.** Представлены результаты мониторинга метеорологических условий средней части бассейна реки Варзоб ущелье Гушары. Показано, что за период 1946 – 2021 гг атмосферные осадки сохраняют почти постоянное значение и среднегодовая температура характеризуется возрастающим трендом. Сезонное распределение температуры и атмосферных осадков в ущелье Гушары бассейна реки Варзоб, характеризуется тем, что максимальное значение осадков соответствует весеннему сезону при максимальных значениях температуры в летний сезон. Установлено, что среднегодовая температура в летний сезон в ущелье Гушары не превышает 25°C, что связано с предохранением высокими горными хребтами ущелья от проникновения воздушных масс. Исследованием и сравнением значений эвапотранспирации в ущелье за 1950 и 2021 годы показано, что за более семидесятилетний период существенных изменений в эвапотранспирации не происходило.

**Ключевые слова:** эвапотранспирация, температура, атмосферные осадки, бассейн реки Варзоб, Гушары, корреляция.

**Дата получения статьи:** 20.12.2023  
**Дата принятия к публикации:** 16.01.2024  
**Дата публикации:** 25.03.2024

**Сведения об авторах:**

**Норматов Ином Шерович** – профессор, член-корреспондент Национальной Академии наук Таджикистана, заведующий кафедрой Метеорологии и климатологии Физического факультета Таджикского национального университета,  
e-mail: inomnor@gmail.com

ORCID:0000-0001-5474-584X

**Сабурова Гурдофарид Накимовна** – соискатель кафедры экологии Биологического факультета Таджикского национального университета, e-mail: umarova52@gmail.com

**Abstract.** The results of monitoring meteorological conditions in the middle part of the Varzob river basin in the Gushary gorge are presented. It is shown that for the period 1946 – 2021, atmospheric precipitation remains almost constant and the average annual temperature is characterized by an increasing trend. The seasonal distribution of temperature and atmospheric precipitation in the Gushary gorge of the Varzob river basin is characterized by the fact that the maximum precipitation corresponds to the spring season with maximum temperature in the summer season. It has been established that the average long-term temperature in the summer season in the Gushary gorge does not exceed 25 °C that is due to the protection of the gorge from the penetration of air masses by high mountain ranges. A study and comparison of evapotranspiration in the gorge for 1950 and 2021 showed that for the period of more than seventy years there have been no significant changes in evapotranspiration.

**Keywords:** evapotranspiration, temperature, precipitation, Varzob river basin, Gushary, correlation.

**Date of manuscript reception:** 20.12.2023  
**Date of acceptance for publication:** 16.01.2024  
**Date of publication:** 25.03.2024

**Authors' information:**

**Inom Sh. Normatov** – Professor, Corresponding member of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head of Meteorology and Climatology Department of the Physics Faculty of the Tajik National University,  
e-mail: inomnor@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5474-584X

**Gurdofarid N. Saburova** – applicant for the Department of Ecology, Faculty of Biology, Tajik National University, e-mail: umarova52@gmail.com

## 1. Введение

Таблица 1

Основные характеристики изучаемых водосборов

| Бассейн реки | Пл-дь, км <sup>2</sup> | Сред. Высо-та, м н.у.м | Ср. год. атм. осадки, мм | Ср. год. Тем-па, °С | Расход воды, м <sup>3</sup> /с |
|--------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Исфара       | 3200                   | 2266                   | 440                      | 6.4                 | 14.0                           |
| Зеравшан     | 10200                  | 2943                   | 451                      | 3.8                 | 155.8                          |
| Тупаланг     | 2630                   | 1786                   | 405                      | 7.1                 | 23.5                           |
| Каферниган   | 3216                   | 2673                   | 677                      | 5.3                 | 95.5                           |
| Мургаб       | 35963                  | 1694                   | 308                      | 12.8                | 51.2                           |

Бассейн реки Каферниган 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 реки Каферниган континентальный с преобладанием западных ветров, с очень высокой локальной контрастностью из-за географического рельефа. Бассейн реки Каферниган 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 [1].

Прогнозируется, что будущие изменения среднегодовой температуры над Центральной Азией будут выше по сравнению со средним глобальным значением, с увеличением более чем на 5°C к концу столетия и до 6,5°C в летние месяцы в соответствии с RCP 8.5 [2, 3].

Прогнозируемые изменения количества осадков не имеют четкой тенденции. Некоторые исследования по бассейну Амударьи указывают на неопределенную или небольшую тенденцию к увеличению. Например, небольшое увеличение от 3 до 4% к 2050 году в верховьях бассейна реки Амударья [4].

В [5] проведена оценка воздействия изменения климата на наличие воды в речных бассейнах Исфара, Каферниган, Тупалангдэрья (Тупаланг) и Зеравшан с использованием эколого-гидрологической модели SWIM, созданной, откалиброванной и проверенной для каждого из рассматриваемых речных бассейнов, разработанной GCM (глобальные климатические модели) с поправкой на предвзятость в соответствии с двумя сценариями RCP (репрезентативный путь концентрации) до конца столетия.

Самым южным пилотным водосбором является Мургаб, берущий начало в высокогорье Афганистана и впадающий в пустыню Каракумы. Этот водосбор имеет самый сухой и жаркий климат среди изучаемых нами речных водосборов. Основные характеристики водосборов представлены в табл. 1.

Сезонное распределение осадков также имеет некоторые региональные аспекты в зависимости от водосбора. На водосборе реки Мургаб наибольшее количество осадков выпадает в феврале–марте, а на остальных водосборах – в весенние месяцы.

Высота и географический аспект оказывают существенное влияние на гидрологический цикл и условия водосборов рек. Например, река Каферниган берет свое начало на Гиссарском хребте, где граничит с Зеравшаном, но водосборный бассейн Каферниган имеет южное направление, что обуславливает более высокую температуру и количество осадков. Каферниган имеет ниво-ледниковый режим стока. Зеравшанский водосбор имеет северное расположение, сравнительно меньше осадков, более низкую среднюю температуру и гляционивальный режим речного стока [5].

Согласно климатическим сценариям пяти моделей ISIMIP, среднегодовая температура увеличивается во всех водосборах по обоим сценариям RCP с 1,2°C в ближайшем будущем до 5,7°C в отдаленном будущем, при этом изменения в рамках RCP 8.5 будут более значительными по сравнению с RCP 4.5 [5].

Прогнозируемые изменения годового количества осадков качественно различаются между выбранными речными бассейнами, как и температура, с некоторым увеличением в северных и уменьшением в южных и центральных водосборах. Для самого южного водосбора – Мургаба – по обоим RCP прогнозируется явный отрицательный тренд го-

довых осадков до 15,1 % по RCP 8,5 в отдаленной перспективе. Для остальных водосборов центральной части исследуемого региона прогнозируются лишь незначительные изменения (табл. 2).

Таблица 2

Изменения среднегодовой температуры и осадков на пяти речных водосборах за периоды 2011-2040, 2041-2070 и 2070-2100 относительно периода 1981-2010 гг в рамках RCP 4.5 и RCP 8.5

| Бассейн    | RCP     | ΔT, °C    |           |           | ΔP, %     |           |           |
|------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            |         | 2011-2040 | 2041-2070 | 2070-2100 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2070-2100 |
| Исфара     | RCP 4.5 | 1.2       | 2.4       | 3.1       | 0.9       | 1.8       | 1.9       |
| Зеравшан   | RCP 4.5 | 1.2       | 2.4       | 3.1       | 0.6       | 0.3       | -0.4      |
| Тупаланг   | RCP 4.5 | 1.2       | 2.4       | 3.0       | 0.5       | -0.3      | -1.7      |
| Каферниган | RCP 4.5 | 1.2       | 2.5       | 3.2       | 1.3       | 0.8       | -0.1      |
| Мургаб     | RCP 4.5 | 1.2       | 2.3       | 3.0       | -1.0      | -5.9      | -8.3      |
| Исфара     | RCP 8.5 | 1.5       | 3.4       | 5.6       | -3.6      | -1.3      | -2.0      |
| Зеравшан   | RCP 8.5 | 1.5       | 3.3       | 5.5       | -5.8      | -2.8      | -4.0      |
| Тупаланг   | RCP 8.5 | 1.5       | 3.2       | 5.3       | -7.0      | -3.7      | -4.6      |
| Каферниган | RCP 8.5 | 1.6       | 3.5       | 5.7       | -5.3      | -1.9      | -2.9      |
| Мургаб     | RCP 8.5 | 1.5       | 3.3       | 5.5       | -12.8     | -10.1     | -15.1     |

В целом, наибольшие сокращения ожидаются для водосборов центральной части в июле и сентябре в среднесрочной перспективе и в июне-июле в отдаленной перспективе при RCP 8,5, а также для Мургаба в летние месяцы.

Результаты [5], основанные на GCMs, показывают повышение среднегодовой температуры во всех изучаемых водосборах до конца столетия, которое подтверждается и другими исследованиями [6,7]. Повышение температуры приводит к уменьшению снегонакопления в холодное время года и повышенное испарение летом. В некоторых регионах подобные изменения могут быть выгодны для сельскохозяйственного производства за счет удлинения вегетационного периода [8]. 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.

Ранее [9] изучением динамики метеорологических характеристик бассейна реки Майхура за период 1962 – 2022 гг было обнаружено повышение температуры бассейна и появление экстремумов в динамиках температуры и атмосферных осадков, т.е. переход монотонного уменьшения и повышения атмосферных осадков и температуры соответственно на более интенсивное изменение, которое предполагалось о влияние изменения климата на микроклимат бассейна реки Майхура в частности и бассейна реки Варзоб в целом.

Река Варзоб является одной из главных притоков реки Каферниган и водные ресурсы, формируемые в бассейне, вносит существенный вклад в водности реки Каферниган. Это в свою очередь, зависит от метеорологических условий бассейна реки Варзоб. Последовательный мониторинг метеорологических условий бассейна реки Варзоб и ее притоков важен также с точки зрения оповещения и нейтрализации чрезвычайных природных явлений, бассейн, который благодаря орографическим особенностям часто подвержен риску наводнений и схода снежных лавин.

Цель работы заключается в мониторинге метеорологических условий бассейна реки Варзоб, изучение сезонного распределения атмосферных осадков по данным метеорологической станции Хушери за период 1964 – 2022 гг.

## 2. Методы исследований

Были использованы среднемесячные значения атмосферных осадков за период 1946-2021 гг. метеорологической станции Хушери (1359 м н.у.м.). Для оценки взаимосвязи значений атмосферных осадков с температурой на метеорологической станции Хушери бассейна реки Варзоб использовалась корреляция Пирсона.

### 3. Результаты и обсуждение

На рис.1 представлена динамика изменения температуры и атмосферных осадков в ущелье Гушары.

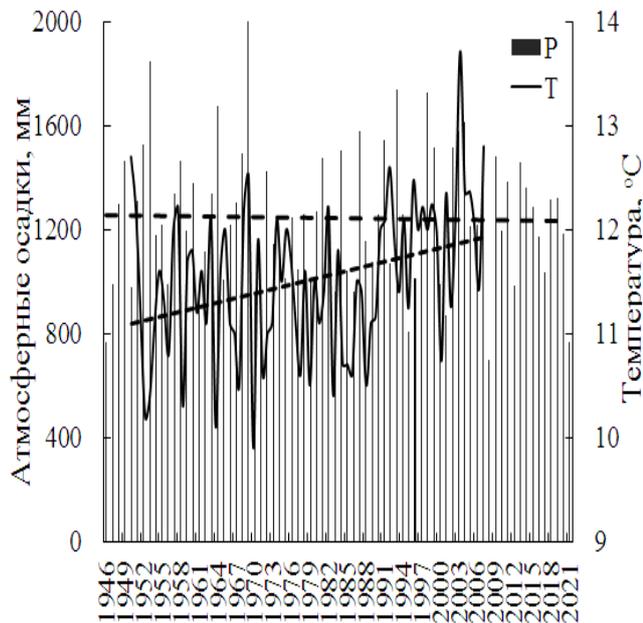


Рис. 1. Динамика температуры и осадков по данным метеостанции Гушары за период 1946 – 2021 гг

Как следует из рис.1, изменение температуры за период 1946 – 2021 гг характеризуется возрастающим трендом при этом атмосферные осадки сохраняют почти постоянное значение. Это в более наглядной форме видно также из рис. 2.

В работе [9] было показано, что по данным метеорологической станции Майхура атмосферные осадки проявляли убывающий характер изменения. Основываясь на результатах работы [9], можно утверждать, что постоянство атмосферных осадков в ущелье Гушары не связано с влиянием внешней воздушной массы.

Скорее всего, локальные метеорологические явления, а именно образование большой разницы теплой дневной и холодной ночной температуры в ущелье Гушары становится причиной генерации конденсационных процессов и выпадения осадков. В дневное время происходит обильное испарение с формирование достаточной влажности и влияние гор, узкое и ущелье с крутыми, зачастую

отвесными бортами, сказывается также в наличии высотной климатической зональности, образовании горно-долинной циркуляции, способствующей перераспределению влаги внутри горной системы.

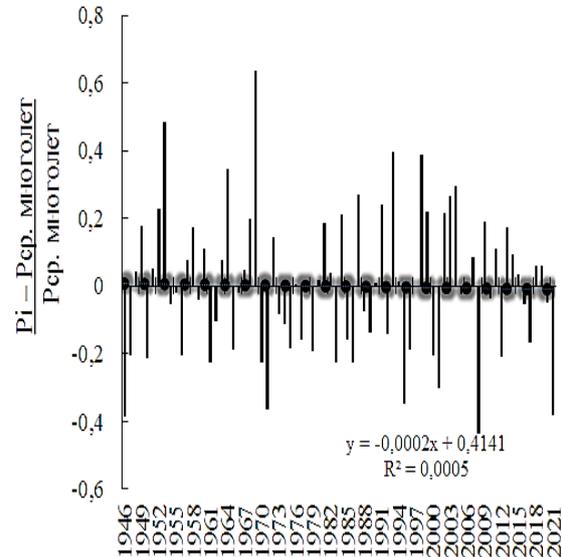


Рис. 2. Динамика атмосферных осадков в ущелье Гушары по отношению к многолетнему значению

отвесными бортами, сказывается также в наличии высотной климатической зональности, образовании горно-долинной циркуляции, способствующей перераспределению влаги внутри горной системы.

Сезонное распределение температуры и атмосферных осадков в ущелье Гушары бассейна реки Варзоб, как следует из рис. 3, характеризуется тем, что максимальное значение осадков соответствует весеннему сезону при максимальных значениях температуры в летний сезон. Из рис. 3 видно, что среднее многолетняя температура в летний сезон не превышает 25°C и это свидетельствует о создании преграды высокими горными хребтами к проникновению в ущелье воздушных масс. Это послужило тем, что ущелье Гушары превратилось в природную лабораторию для исследований растительного мира Таджикистана.

Известно, что для сохранения биоразнообразия и селекции лекарственных растений наряду с остальными необходимыми условиями важным аспектом является сохранение баланса влажности и водообеспеченнос-

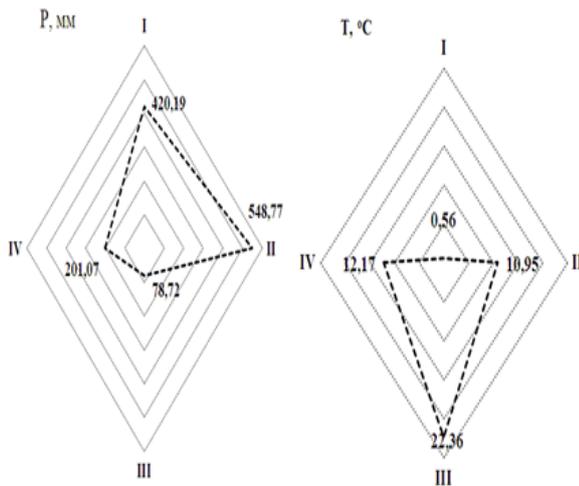


Рис. 3. Сезонное распределение температуры и атмосферных осадков в ущелье Гушары Бассейна реки Варзоб

сти их корневых систем. Пока единственным методом в этом направлении считается расчет эвапотранспирации и определения ее соотношения с выпавшим атмосферной осадкой. Ниже приводятся результаты расчетных значений эвапотранспирации с использованием данных метеорологической станции Гушары для 1950 и 2021 гг (рис.4).

Следует отметить, что за период 1950-2021 гг эвапотранспирация в ущелье Гушары увеличилась лишь на 3%. Это подтверждает вышеприведенную мысль о том, что ущелье Гушары в метеорологическом аспекте является неким анклавом в бассейне реки Варзоб, обусловленным локальными физическими и климатическими условиями.

#### 4. Заключение

Показано, что за период 1946 – 2021 гг в ущелье Гушары атмосферные осадки сохраняют почти постоянное значение и среднегодовая температура характеризуется возрастающим трендом.

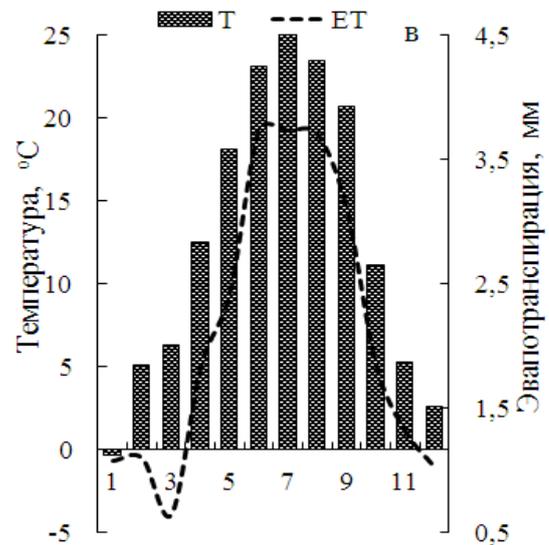
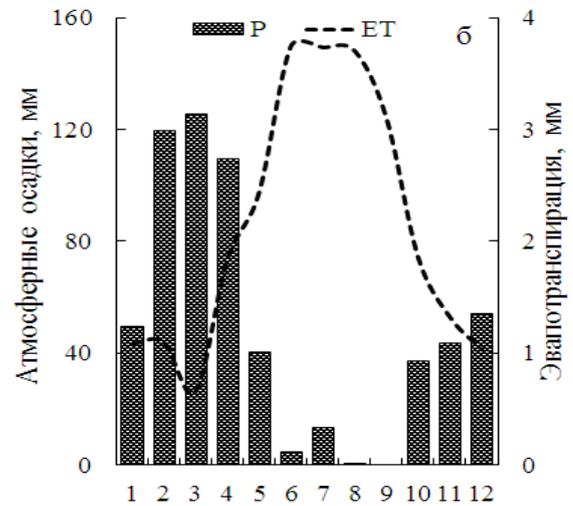
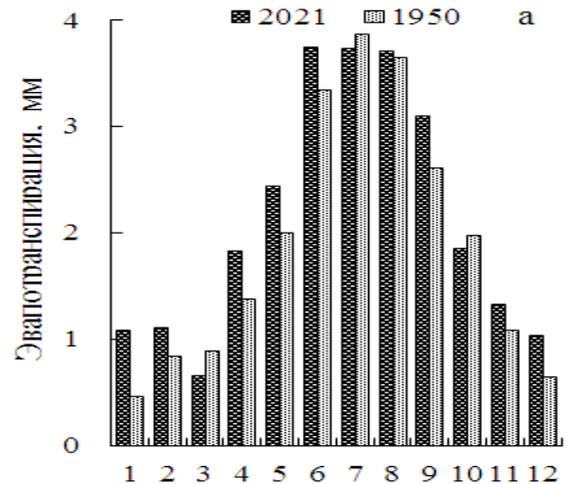


Рис.4. Эвапотранспирация в ущелье Гушары в 1950 и 2021 гг (а) и ее характерная зависимость от среднемесячных значений осадков (б) и температуры (в)

## Список литературы

1. Гулахмадов Н.А., Янинг Чен. Анализ многолетних трендов температуры в бассейне реки Кафирниган в Таджикистане // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2023. № 2. С. 189-206. DOI: 10.22281/2413-9920-2016-02-04-64-70.
2. Reyer C.P., Otto I.M., Adams S., Albrecht T., Baarsch F., Carlsburg M., Coumou D., Eden A., Ludi E., Marcus R., Mengel M., Mosello B., Robinson A., Schleussner C. F., Serdeczny O., Stagl J. Climate change impacts in Central Asia and their implications for development // *Reg. Environ. Change*. 2015. Vol. 17. С. 1639–1650. DOI:10.1007/s10113-015-0893-z.
3. White C.J., Tanton T.W., Rycroft D.W., 2014. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia // *Water Resour. Manag.* 2014. 28 (15). С. 5267–5281. DOI: 10.1007/s11269-014-0716-X.
4. Hagg W., Hoelzle M., Wagner S., Mayr E., Klose Z. Glacier and runoff changes in the Rukhk catchment, upper Amu-Darya basin until 2050 // *Glob. Planet. Change*. 2013. T.110. С. 62–73. DOI:10.1016/j.gloplacha.2013.05.005
5. Didovets I., Lobanova A., Valentina Krysanova V., Menz Ch., Babagalieva Z., Nurbatsina A., Gavrilenko N., Khamidov V., Umirbekov A., Qodirov S., Muhyyew D., Hattermann F. Central Asian rivers under climate change: Impacts assessment in eight representatives' catchments // *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2021. 34. С. 100779. DOI: 10.1016/j.ejrh.2021.100779.
6. Gan R., Luo Y., Zuo Q., Sun L. 2015. Effects of projected climate change on the glacier and runoff generation in the Naryn River Basin, Central Asia // *J. Hydrol.* 2015. T. 523. С. 240–251. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.01.057
7. Ozturk T., Turp M.T., Türkes M., Kurnaz M.L. 2017. Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5 // *Atmos. Res.* 2017. 183, 296–307. DOI: 10.1016/j.atmosres.2016.09.008.
8. Lobanova A., Didovets I., Menz C., Umirbekov A., Babagalieva Z., Hattermann F.,

## References

1. Gulahmadov N.A., Chen Y. Analysis of the long-term temperature trends in the Kofarnihon river basin in Tajikistan. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2023, No.2, pp. 189-206. DOI: 10.22281/2413-9920-2016-02-04-64-70. (In Russian)
2. Reyer C.P., Otto I.M., Adams S., Albrecht T., Baarsch F., Carlsburg M., Coumou D., Eden A., Ludi E., Marcus R., Mengel M., Mosello B., Robinson A., Schleussner C. F., Serdeczny O., Stagl J. Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. *Reg. Environ. Change*, 2015, 17, 1639–1650. DOI: 10.1007/s10113-015-0893-z.
3. White C.J., Tanton T.W., Rycroft D.W., 2014. The impact of climate change on the water resources of the Amu Darya Basin in Central Asia. *Water Resour. Manag.*, 2014, 28 (15), pp. 5267–5281. DOI: 10.1007/s11269-014-0716-X.
4. Hagg W., Hoelzle M., Wagner S., Mayr E., Klose Z. Glacier and runoff changes in the Rukhk catchment, upper Amu-Darya basin until 2050. *Glob. Planet. Change*, 2013, 110, pp. 62–73. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2013.05.005.
5. Didovets I., Lobanova A., Valentina Krysanova V., Menz Ch., Babagalieva Z., Nurbatsina A., Gavrilenko N., Khamidov V., Umirbekov A., Qodirov S., Muhyyew D., Hattermann F. Central Asian rivers under climate change: Impacts assessment in eight representatives' catchments. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2021, 34, pp. 100779. DOI: 10.1016/j.ejrh.2021.100779.
6. Gan R., Luo Y., Zuo Q., Sun L. 2015. Effects of projected climate change on the glacier and runoff generation in the Naryn River Basin, Central Asia. *J. Hydrol.*, 2015, 523, pp. 240–251. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.01.057.
7. Ozturk T., Turp M.T., Türkes M., Kurnaz M.L. 2017. Projected changes in temperature and precipitation climatology of Central Asia CORDEX Region 8 by using RegCM4.3.5. *Atmos. Res.*, 2017, 183, pp. 296–307. DOI: 10.1016/j.atmosres.2016.09.008.
8. Lobanova A., Didovets I., Menz C., Umirbekov A., Babagalieva Z., Hattermann F.,

