DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2022, №1
Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2022, No10
DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

УДК (UDC) 551.583.13

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ВЕРХОВЬЯХ БАССЕЙНА РЕКИ АМУДАРЬЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ

ANALYSIS OF CLIMATE VARIABLES IN THE UPPER AMU DARYA RIVER BASIN IN TAJIKISTAN

Гулахмадов А.А.
Gulakhmadov A.A.

Синьцзянский институт экологии и географии Китайской академии наук (Урумчи, КНР)
Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences (Urumqi, PRC)

Аннотация. *В данной статье представлены результаты анализа осадков, максимальных и минимальных температур на различных территориях Таджикистана. Анализ показал, что на юге Таджикистана тренд летнего и зимнего периода времени года показывает положительный фактор, и температура растёт летом и зимой, за исключением двух станций наблюдения-Рашт и Мургаб, где зафиксирована аномальная погода. На севере и в центральной части Таджикистана также положительный тренд лета и зимы. Восточная часть Таджикистана, где начинается высотная территория, тренд температуры показывает, что летний период времени года становится немного прохладнее, а зимний период показывает повышенный тренд температуры, т.е. становится теплее. На равнинных участках территории Таджикистана просматривается относительный рост выпадения осадков, а количество осадков в высокогорной зоне (восточный Памир) по многолетним данным уменьшается. Это изучение показывает ярко выраженные климатические колебания изменения температуры воздуха и осадков в Таджикистане.*

Ключевые слова: *тренд, осадки, максимальная температура, минимальная температура, Таджикистан.*

Дата принятия к публикации: *18.01.2022*
Дата публикации: *25.03.2022*

Сведения об авторе:
Гулахмадов Аминджон Абдуджабборович – постдокторант Синьцзянского института экологии и географии Китайской академии наук,
e-mail: agulakhmadov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7289-8310

Abstract. *This article presents the results of the trend analysis of precipitation, maximum and minimum temperatures in the upstream of Amu Darya River Basin in Tajikistan. The result showed that in the south part of Tajikistan the trend of the summer and winter seasons indicate a positive and the temperature rises in summer and winter. In the north and central part of Tajikistan, there is also a positive trend in summer and winter with the exception of the Rasht and Murgab stations, where was recorded a decreasing trend in air temperature in summer. The eastern part of Tajikistan, where the high-altitude territory begins, the temperature trend shows that the summer period of the year becomes slightly cooler, and the winter period shows an increasing temperature trend, i.e. it is getting warmer. On the flat plain areas of Tajikistan, a relative increase in precipitation is observed, and the amount of precipitation in the high-mountain zone (eastern Pamir) decreases according to long-term data. This study shows pronounced climatic fluctuations in Tajikistan, changes in air temperature and precipitation conditions.*

Keywords: *trend, precipitation, maximum temperature, minimum temperature, Tajikistan.*

Date of acceptance for publication: *18.01.2022*
Date of publication: *25.03.2022*

Author' information:
Aminjon A. Gulakhmadov – Postdoctoral fellow at the Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences,
e-mail: agulakhmadov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7289-8310

Благодарности
Исследование выполнено при поддержке программы Международной инициативы по стипендиям президента Китайской академии наук (проект 2021PC0002), Исследовательского фонда для международных ученых Национального фонда естественных наук Китая (проект 42150410393), Программы "Сотня талантов Синьцзян Тяньчи"(проект Y848041)

Acknowledgements
The study was supported by the CAS PIFI fellowship (project No. 2021PC0002), Research Fund for International Scientists of National Natural Science Foundation of China (project No. 42150410393), Xinjiang Tianchi Hundred Talents Program (project No. Y848041)

CC BY SA

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

1. Введение

Климат меняется на Земле и погода определяется как ежедневное состояние атмосферы. Погода - это хаотическая нелинейная динамическая система. Климат является усредненным состоянием погоды, и он предсказуем. Климат включает в себя такие показатели как средняя температура, количество осадков, количество солнечных дней и другие переменные, которые могут быть измерены в конкретном месте наблюдения. Однако есть также и другие процессы на Земле, которые могут повлиять на климат. Изменение климата является одним из самых актуальных и сложных проблем современного общества, которая затрагивает практически все аспекты его жизнедеятельности. Согласно Межправительственной Группе Экспертов по Изменению Климата (МГЭИК), глобальное потепление за последние сто лет достигло критических значений, и тенденция дальнейшего роста ставит под угрозу благоприятное существование природных ресурсов и устойчивость экономики стран мира [1]. Погодные явления, которые по своей интенсивности, продолжительности во времени могут нанести значительный ущерб отдельным отраслям экономики и создать угрозу безопасности людей [2]. Тенденция глобального потепления стала очевидной и она связана с проблемой изменения климата [3].

В предыдущих исследованиях можно было наблюдать тенденцию изменения температуры и осадков в горной части Центральноазиатского региона. З. Щу и др. [4] проанализировали многолетний тренд температуры и осадков на Тибетском плато. Результат анализа показали, что температура в течение последних нескольких десятилетий показывала долгосрочную тенденцию к потеплению. Однако на одной из 38-и исследованных станций наблюдалась тенденция к снижению. Количество осадков на Тибетском плато увеличилось в большинстве регионов исследуемой области. За последние несколько десятилетий можно выделить восточную и центральную части Тибетского плато. Однако западный Тибетский регион за тот же период показал тенденцию к снижению [4]. Также [3] изучали пространственно-временную изменчивость температуры воздуха и осадков на основе долгосрочных наблюдений метеорологической станции над горами Тянь-Шань в Центральной Азии. Результаты его исследования показали, что горы Тянь-Шань испытали общее быстрое потепление и увлажнение в течение периода исследования со средней скоростью потепления 0,32 °С/десятилетие и скоростью увлажнения 5,82 мм/десятилетие. Годовой и сезонный пространственный ход температуры имел разные масштабы в разных регионах. Годовое количество осадков показало незначительную тенденцию к увеличению на 20 станциях, а на 6 станциях – значительную тенденцию к увеличению. Температуры в Восточном Тянь-Шане росли быстрее всего со скоростью 0,41 °С/десятилетие [3]. Изменения температуры воздуха и количества осадков в горах Тянь-Шань не только повлияли на изменения ледников, но и повлияли на гидрологические системы, которые снабжают водой примерно 50 миллионов человек в Кыргызстане, Казахстане, Узбекистане, северном Таджикистане и провинции Синьцзян в Китае и поддерживают сельское хозяйство в низовьях, городских районах и промышленности в этих регионах [5, 6].

Территория Таджикистана находится на стыке влияния нескольких мощных процессов атмосферной циркуляции. Один из них – Сибирский антициклон зимой. Волны холода из Арктики достигают территории юго-западного Таджикистана, а горы, граничащие со страной с севера и востока, способствуют удержанию холодных воздушных масс. Приток теплого воздуха зимой, как правило, происходит с проникновением тропических воздушных масс. Летом преобладает другой важный атмосферный процесс – термальная депрессия. Его формированию способствует близость пустынь, высоких гор, и характерна ясная, сухая и жаркая погода. Сильные дожди часто приносят юго-западные циклоны в зимне-весенний период [7].

Среднегодовые температуры, в зависимости от высоты местности, колеблются от +17 ºС в жарких южных пустынях до –6 ºС и ниже в высокогорьях Памира. Самые высокие

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

температуры наблюдаются в июле, самые низкие – в январе. В долинах и предгорьях она колеблется от +6 до +17 °С, а в альпийских районах высокогорья, например, на Западном Памире климат суров и среднегодовая температура здесь близка к 0 °С, а на малых высотах поднимается от +6 до +8 °С. Климат суров на Восточном Памире (территория метеостанций Мургаб и Хорог), где среднегодовая температура колеблется от –1 до –6 °С мороза [8]. Восточный Памир (Булункуль) отличается особенно суровым климатом, где минимальная температура достигает –65 ºС [7]. На юге страны абсолютный максимум достигает +47 ºС (район Шартуз). Таким образом, разница между максимальной и минимальной температурами в разных частях страны превышает 100 °С [9].

В холодное время года на территории Таджикистана выпадает около 75% годовых осадков. В горных районах выпадает большая часть осадков, которые открыты для влажных воздушных масс, поступающих с запада. Высокие горы создают эффект орографического затенения и отделяют участки от влажных масс, в которых выпадает малое количество осадков. К ним относятся глубокие и узкие горные долины и высокогорное плато на востоке Памира, для которого характерно наименьшее количество осадков – менее 100 мм в год [7]. Среднегодовое количество осадков в жарких пустынях южного Таджикистана и холодных альпийских пустынях Восточного Памира колеблется от 70 до 160 мм, в то время как в Центральном Таджикистане количество осадков может превышать 1800 мм [10].

2. Постановка задачи исследования

Целью данного исследования является понимание пространственно-временных характеристик температуры воздуха и осадков в период 1936–2015 гг. на территориях климатических станций разной высоты в Таджикистане. Обсуждаются существенные периодические изменения и зависимость трендов температуры воздуха и осадков от высоты. Результаты предоставят полезную информацию для оценки воздействия изменения климата в Таджикистане.

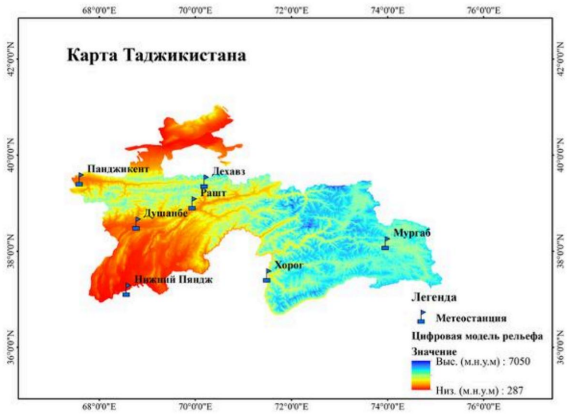

Рис. 1. Регион исследования и расположение климатических станций

Месячные данные о температуре и осадках на семи метеорологических станциях района исследования были получены за период 1936–2015 гг. Метеорологические данные были предоставлены Агентством по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан (табл. 1). Диапазон высот между станцией Нижний Пяндж и станцией Мургаб составляет около 3250 м. Климатическая станция Нижний Пяндж расположена в нижнем течении реки Пяндж, а станция Мургаб расположена в верховьях реки Пяндж. Цифровая модель рельефа с пространственным разрешением 90 м было получено с веб-сайта Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [11]. Согласно Цифровой модели рельефа, высота над уровнем моря в Таджикистане колеблется от 287 до 7050 м (рис. 1).

Таблица 1

Климатические станции с указанием долготы, широты, высоты, и периодов наблюдений

Код станции	Станция	Широта	Долгота	Высота н.у.м. (м)	Средняя годовая температура (°С)	Общее годовое количество осадков (мм)	Период
38954	Хорог	37.5	71.5	2075	9.07	1923.1	1936–2015
38734	Дехавз	39.45	70.2	2561	4.43	2292.1	1936–2015

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

Окончание табл. 1

од станции	Станция	Широта	Долгота	Высота н.у.м. (м)	Средняя годовая температура (°C)	Общее годовое количество осадков (мм)	Период
38851	Рашт	39	69.95	1316	10.9	4962.5	1936–2015
38705	Пенджикент	39.5	67.6	1015	12.7	2731.27	1936–2015
38836	Душанбе	38.58	68.78	803	14.77	4891.3	1936–2015
38938	Нижний Пяндж	37.2	68.58	327	16.44	2649.52	1936–2015
38878	Мургаб	38.17	73.97	3576	–1.1	513.88	1936–2015

3. Результаты и их анализ

Климат Таджикистана резко континентальный, что приводит к большим сезонным колебаниям температур. Этот большой разброс проявляется в горном рельефе страны (диапазон высот от 290 до 7114 м над уровнем моря), поскольку горы занимают более 93% территории страны, и более половины территории находится на высоте более 3000 м над уровнем моря. Температуры в Таджикистане строго контролируются высотами; чем выше расположение, тем обычно ниже температура. Таким образом, учет высоты считался важным для объяснения пространственных колебаний температуры в Таджикистане.

На рис. 2 показано, что область исследования характеризуется высокой температурой в течение 5 месяцев со среднегодовым изменением от 12,9 ºC на станции Мургаб (на востоке) и 29,26 ºC на станции Нижний Пяндж (на юге) в течение всего года. П ри этом наблюдалось, что температура уменьшается в течение лета. Также было отмечено, что самыми жаркими месяцами были июнь, июль и август, а самыми холодными месяцами были январь, февраль и декабрь на большинстве станций. Максимальное количество осадков было отмечено в марте и апреле на шести климатических станциях, за исключением станции Мургаб, где максимальное количество осадков наблюдается в мае, июне, июле и августе. На территории станции Мургаб выпадает небольшое количество осадков, однако в основном они выпадают в летнее время года, в отличие от других шести станций, где в основном осадки выпадают в весенний период.

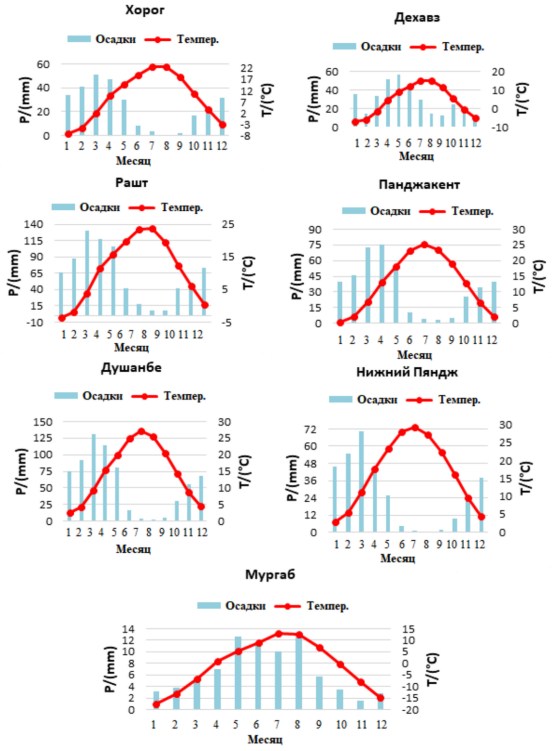

Рис. 2. Среднемесячное распределение температуры и осадков на исследуемой территории

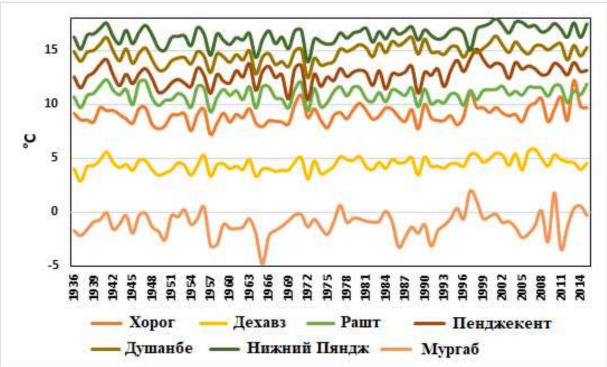

Рис. 3. Среднегодовая температура на исследованных станциях (°C) в период 1936–2015 гг.

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

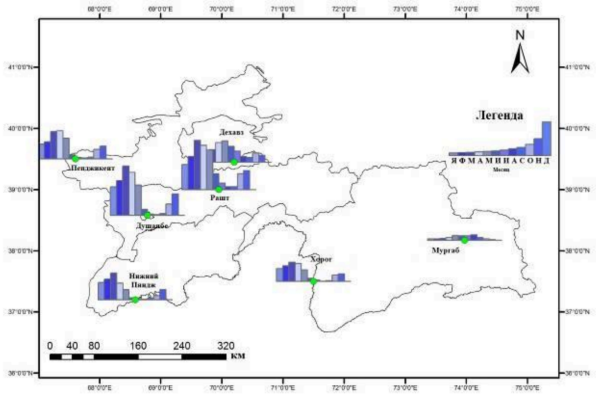

Рис. 4. Распределение осадков по месяцам в разных районах Таджикистана

Таблица 2

Годовые тренды изменения температуры (°C) за десятилетие в период 1936–2015 гг.

	Хорог	Дехавз	Раш	Пенджикент	Душанбе	Нижний Пяндж	Мургаб
Тренд/Десятилетие	0.13	0.103	0.044	0.164	0.139	0.14	0.072

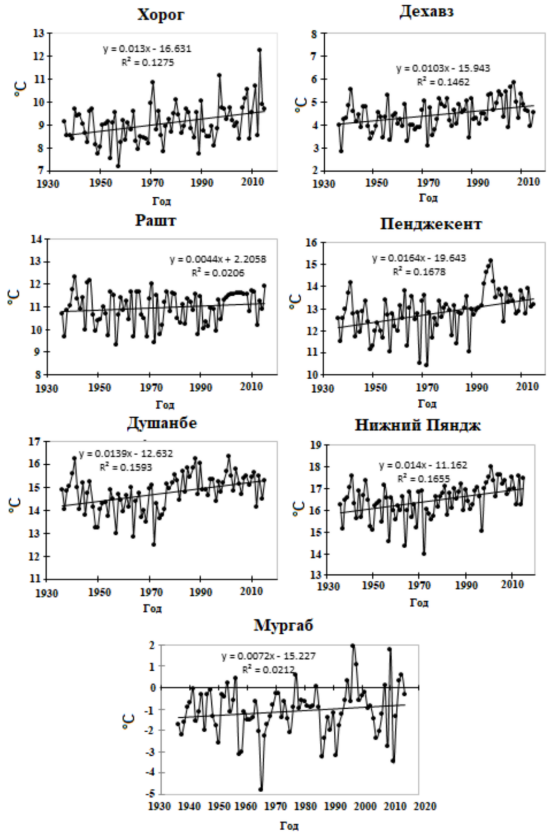

Рис. 5. Тренд среднегодовых температур на метеостанциях в Таджикистане в период 1936–2015 гг.

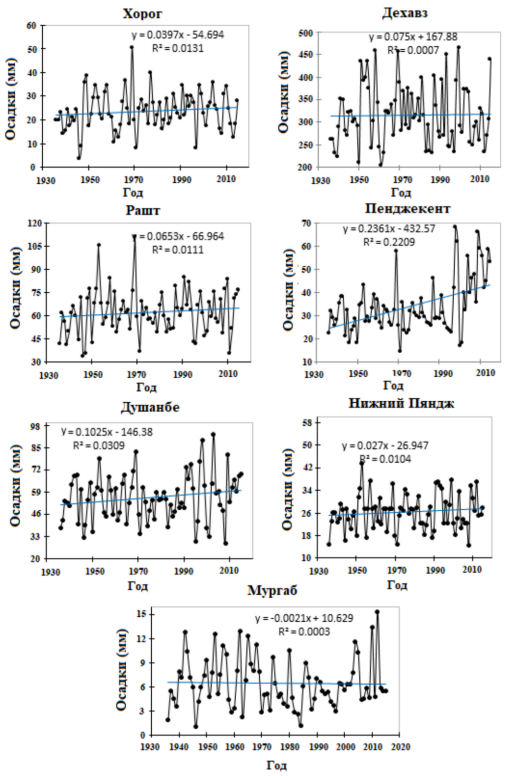

Рис. 6. Тренд годового количества осадков на метеостанциях в Таджикистане в период 1936–2015 гг.

Как видно на представленном рис. 3 температурный тренд на исследуемых станциях симметричен. Разница высоты расположения над уровнем моря, резко выделятся на указанном графике, т.е. среднегодовая температура зависима от места и высоты объекта.

Таджикистан расположен примерно между широтами 37° и 41° северной широты и

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

68° и 75° восточной долготы (рис. 4). Динамика месячного выпадения осадков на карте Таджикистана в каждом исследуемом районе. При этом период максимального выпадения осадков колеблется между временами года весна – лето. Станции, расположенные в равнинных участках (на низких высотах) подвержены весеннему периоду максимальных осадков, а на высокогорных станциях выпадение осадков преимущественно происходит с наступлением летнего периода времени.

На рис. 5 отчётливо наблюдается тренд общего повышения температурного фона в республике Таджикистан. Зависимость между высотой расположения станции сохраняется, т.е. в высокогорной зоне тренд повышения температурного фона немного ниже.

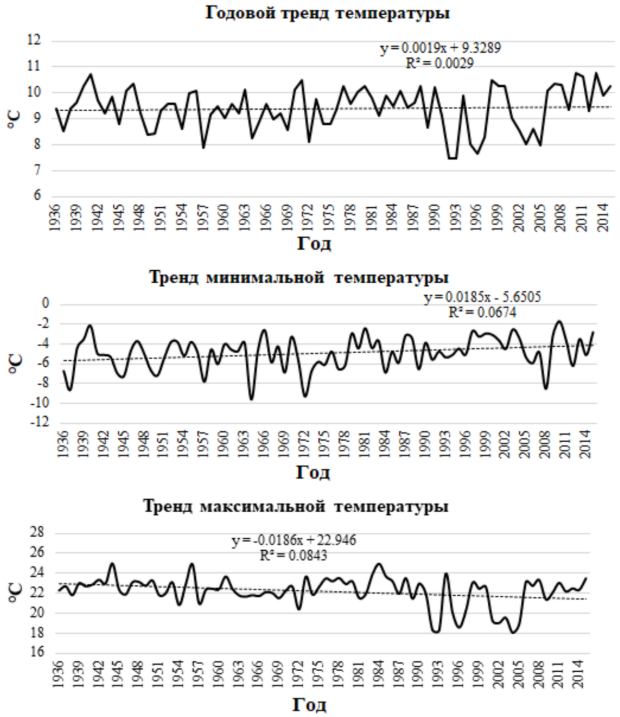

Рис. 7. Тренды средней, минимальной и максимальной температуры

Зависимость выпадения осадков (рис. 6) по многолетним данным наблюдения немного зависит от повышения температуры. И если на равнинных участках территории республики просматривается относительный рост выпадения осадков, то количество осадков в высокогорной зоне (восточный Памир) по многолетним данным уменьшается.

На общих графиках многолетних данных по температуре (рис. 7), для всех семи метеостанций, можно видеть, что на общем фоне роста годовой температуры произошёл относительный рост и увеличение общей минимальной температуры, а общий тренд по максимальной температуре сильно уменьшился.

Судя по полученному графику, в летний период времени года температура постепенно уменьшается. Из этого можно сделать вывод, что зимний период времени года стал намного теплее, а летний период времени года стал более прохладным (рис. 8). Общий итог по данным многолетней температуры показывает, что тренд в зимний период увеличился, что подтверждает рост относительной минимальной температуры (рис. 9). Такая же ситуация прослеживается в весенний и осенний период.

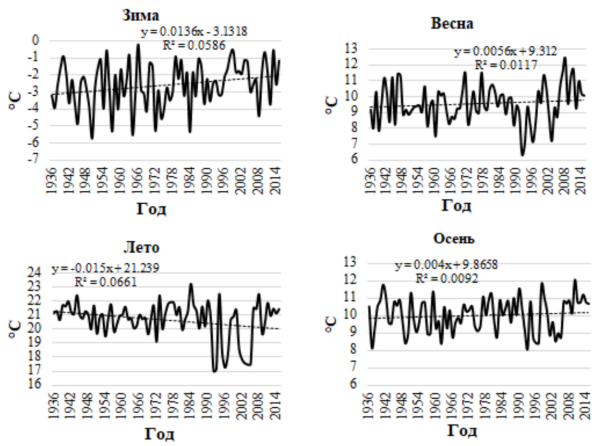

Рис. 8. Тренды температуры для периодов времени года по данным семи метеостанций в Таджикистане

Все климатические станции указали, что среднпя температура повысилась зимой на всех климатических станциях Хорог, Дехавз, Пенджикент, Душанбе, Нижний Пяндж, Рашт и Мургаб в период 1936–2015 гг. Однако среди всех семи климатических станций Рашт и Мургаб указали на тенденцию к снижению летней температуры.

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

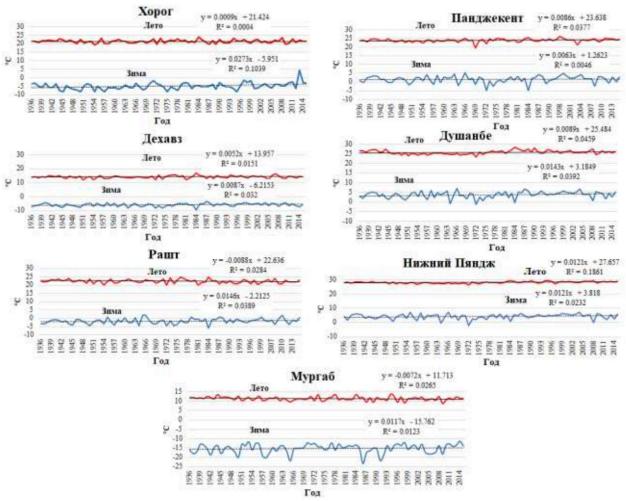

Рис. 9. Тренды летних и зимних температур (°C) в период 1936–2015 гг. для семи метеостанций

Таджикистан считается одной из самых уязвимых стран к последствиям изменения климата по отчетам Всемирного Банка [12]. Ожидаются изменения температуры воздуха и режима осадков, которые могут иметь серьезные последствия как для природы, так и для общества в Таджикистане [12-16]. Основными стихийными бедствиями в этой области, которые уже зарегистрированы в большом количестве в последние десятилетия и демонстрируют общие тенденции к увеличению, являются засухи, наводнения, оползни и лавины. Например, наиболее опасным последствием изменения климата является таяние горных ледников [7]. Следовательно, это окажет глубокое влияние на гидрологию Таджикистана, что в дальнейшем будет отражаться на национальную продовольственную безопасность, производство энергии и экологию и таким образом, требуются подробные оценки текущего и будущих климатических условий региона [17]. Наш результат показал, что годовая температура постоянно увеличивалась за период 1936–2015 годов, и увеличение тренда наблюдалась в минимальной температуре, а общий тренд по максимальной температуре сильно уменьшился. Однако в отчете Азиатского Банка Развития об устойчивости к изменению климата для инвестиций в природные ресурсы прогнозируется, что максимальная и минимальная дневная температура воздуха в Таджикистане может повыситься. Также прогнозируется, что среднегодовое количество осадков вряд ли изменится, но из-за более высоких средних температур годовое количество осадков, возможно, увеличится, а годовое количество снега, возможно, уменьшится [18]. Результаты нашего анализа показали, что в зимний период тренд температуры увеличился, что подтверждает рост относительной минимальной температуры. По многолетним данным наблюдения можно судить о том, что выпадения осадков, немного зависима от повышения температуры. На равнинных участках территории Таджикистана наблюдается относительный рост выпадения осадков, а по многолетним данным в высокогорной зоне количество осадков уменьшается. Следующее исследование планируется изучить и спрогнозировать потенциальные будущие климатические условия для различных периодов времени и сценариев выбросов парниковых газов с использованием глобальных климатических моделей.

4. Заключение

Подводя итог исследованию, можно сказать, что на юге республики темепературы летнего и зимнего периода времени года показывает положительный тренд и температура растёт летом и зимой. На севере и в центральной части республики также положительный тренд лета и зимы. Восточная часть республики, где начинается высотная территория республики, тренд температуры показывает, что летний период времени года становится немного прохладнее, а зимний период показывает положительный фон температуры, т.е. становится теплее. По многолетним данным наблюдения, выпадение осадков зависит от повышения температуры. И если на равнинных участках территории республики просматривается относительный рост выпадения осадков, то количество осадков в высокогорной зоне (восточный Памир) по многолетним данным уменьшается. Это еще больше усугубляется тем фактом, что текущие климатические данные и национальные анализы немногочисленны и сохраняются большие пробелы в знаниях, касающихся изменчивости климата. Данное исследование

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

показывает ярко выраженные климатические колебания в Таджикистане: изменения температуры воздуха и осадков, тем самым формируя основу для будущего планирования национальных мероприятий по смягчению последствий и адаптации к изменению климата.

Список литературы

1. Каюмов А., Салимов Т. Изменения климата и водные ресурсы Таджикистана. Душанбе: Ирфон, 2013. 83 с.

2. Crosa G., Froebrich J., Nikolayenko V., Stefani F., Galli P., Calamari D. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Amu Darya River (Central Asia). Water Research. 2006. Vol. 40. pp. 2237-2245. DOI: 10.1016/j.watres.2006.04.004.

3. Xu M., Kang S., Wu H., Yuan X. Detection of spatio-temporal variability of air temperature and precipitation based on long-term meteorological station observations over Tianshan Mountains, Central Asia. Atmospheric research. 2018. Vol. 203. pp. 141-163. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.12.007.

4. Xu Z., Gong T., Li J. Decadal trend of climate in the Tibetan Plateau—regional temperature and precipitation. Hydrological Processes: An International Journal. 2008. Vol. 22. pp. 3056-3065. DOI: https://doi.org/10.1002/ hyp.6892.

5. Sorg A., Bolch T., Stoffel M., Solomina O., Beniston M. Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). Nature Climate Change. 2012. Vol. 2. P. 725. DOI: https://doi.org/10.1038/nclimate1592.

6. Chen Y., Pang Z., Hao X., Xu C., Chen Y. Periodic changes of stream flow in the last 40 years in Tarim River Basin, Xinjiang, China. Hydrological processes. 2008. Vol. 22. pp. 4214-4221. DOI: https://doi.org/10.1002/ hyp.7024.

7. Каюмов А., Новиков В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан в соответствии с Рамочной конвенцией ООН по изменению климата. Правительство Республики Таджикистан, Государственное управление по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан: Душанбе. 2014. 167с.

References

1. Kayumov A., Salimov T. *Izmeneniya klimata i vodnyye resursy Tadzhikistana* [Climate change and water resources of Tajikistan]. Dushanbe, Irfon, 2013. 83 p. (In Russian)

2. Crosa G., Froebrich J., Nikolayenko V., Stefani F., Galli P., Calamari D. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Amu Darya River (Central Asia). *Water Research*, 2006, Vol. 40, pp. 2237-2245. DOI: 10.1016/j.watres.2006.04.004.

3. Xu M., Kang S., Wu H., Yuan X. Detection of spatio-temporal variability of air temperature and precipitation based on long-term meteorological station observations over Tianshan Mountains, Central Asia. *Atmospheric research*, 2018, Vol. 203, pp. 141-163. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.12.007.

4. Xu Z., Gong T., Li J. Decadal trend of climate in the Tibetan Plateau—regional temperature and precipitation. *Hydrological Processes: An International Journal,* 2008, Vol. 22, pp. 3056-3065. DOI: https://doi.org/10.1002/ hyp.6892.

5. Sorg A., Bolch T., Stoffel M., Solomina O., Beniston M. Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia). *Nature Climate Change,* 2012, Vol. 2, pp. 725. DOI: https://doi.org/10.1038/ nclimate1592.

6. Chen Y., Pang Z., Hao X., Xu C., Chen Y. Periodic changes of stream flow in the last 40 years in Tarim River Basin, Xinjiang, China. *Hydrological processes,* 2008, Vol. 22, pp. 4214-4221. DOI: https://doi.org/10.1002/ hyp.7024.

7. Kayumov A., Novikov V. *Tretye natsionalnoe soobshchenie Respubliki Tadzhikistan v sootvetstvii s Ramochnoy konventsiey OON po izmeneniyu klimata* [Third national communication of the Republic of Tajikistan in accordance with the UN Framework Convention on Climate Change.]. Government of the

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

8. Сабуриён М. Природные условия и особенности восточного Таджикистана (Памир) // Вестник педагогического университета. Естественные науки. 2019. №3-4. С.79-84.

9. Рауфов Р., Давлятов Р.Р. Влияние изменения климата на состояние ледников и режим речного стока Таджикистана // Кишоварз. 2015. №1. С. 57-59.

10. Усмонов М.Г. Экологическая обстановка Республики Таджикистан: выпускная бакалаврская работа по направлению подготовки: 05.03. 06 - Экология и природопользование. 2020.

11. Jarvis A., Reuter H.I., Nelson A., Guevara E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (http://srtm.csi.cgiar.org). 2008. Vol. 15. pp. 25-54.

12. Fay M, Block RI, Ebinger J. Adapting to Climate Change in Eastern Europe and Central Asia. World Bank Group, Vol. 52862. 2010. P.180. URL: http://hdl.handle.net/10986/2407.

13. Lutz A.F., Immerzeel W.W., Gobiet A., Pellicciotti F., Bierkens M.F. Comparison of climate change signals in CMIP3 and CMIP5 multi-model ensembles and implications for Central Asian glaciers. Hydrology and Earth System Sciences. 2013. Vol. 17. pp. 3661-3677. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-17-3661-2013, 2013.

14. Christmann S., Aw-Hassan A.A. A participatory method to enhance the collective ability to adapt to rapid glacier loss: The case of mountain communities in Tajikistan. Climatic Change. 2015. Vol. 133. pp. 267-282. DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-015-1468-1.

15. Gulakhmadov A., Chen X., Gulahmadov N., Liu T., Anjum M.N., Rizwan M. Simulation of the Potential Impacts of Projected Climate Change on Streamflow in the Vakhsh River Basin in Central Asia under CMIP5 RCP Scenarios. Water. 2020. Vol. 12. P. 1426. DOI: https://doi.org/10.3390/w12051426.

16. Gulahmadov N., Chen Y., Gulakhmadov A., Rakhimova M., Gulakhmadov, M. Quantifying the Relative

Republic of Tajikistan, State Department for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, 2014. 167p. (In Russian).

8. Saburiyon M. *Prirodnye usloviya i osobennosti vostochnogo Tadzhikistana (Pamir)* [Natural conditions and features of eastern Tajikistan (Pamir)]. *Vestnik pedagogicheskogo universiteta, Yestestvennyye nauki*, 2019, No.3-4, pp.79-84. (In Russian).

9. Raufov R., Davlyatov R.R. *Vliyanie izmeneniya klimata na sostoyanie lednikov i rezhim rechnogo stoka Tadzhikistana* [The impact of climate change on the state of glaciers and the regime of river flow in Tajikistan]. *Kishovarz*, 2015, No.1, pp. 57-59. (In Russian).

10. Usmonov M.G. *Ekologicheskaya obstanovka Respubliki Tadzhikistan* [Ecological situation of the Republic of Tajikistan]. Ekologicheskaya obstanovka Respubliki Tadzhikistan: vypusknaya bakalavrskaya rabota po napravleniyu podgotovki: 05.03. 06-Ekologiya i prirodopolzovaniye. 2020. (In Russian).

11. Jarvis A., Reuter H.I., Nelson A., Guevara E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. *available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (http://srtm.csi.cgiar.org).* 2008. Vol. 15. pp. 25-54.

12. Fay M, Block RI, Ebinger J. Adapting to Climate Change in Eastern Europe and Central Asia. World Bank Group, 2010, Vol. 52862. P.180. URL: http://hdl.handle.net/10986/2407.

13. Lutz A.F., Immerzeel W.W., Gobiet A., Pellicciotti F., Bierkens M.F. Comparison of climate change signals in CMIP3 and CMIP5 multi-model ensembles and implications for Central Asian glaciers. *Hydrology and Earth System Sciences,* 2013, Vol. 17, pp. 3661-3677. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-17-3661-2013, 2013.

14. Christmann S., Aw-Hassan A.A. A participatory method to enhance the collective ability to adapt to rapid glacier loss: The case of mountain communities in Tajikistan. *Climatic Change,* 2015, Vol. 133, pp. 267-282. DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-015-1468-1.

CC BY SA

DOI: 10.22281/2413-9920-2022-08-01-76-85

Contribution of Climate Change and Anthropogenic Activities on Runoff Variations in the Central Part of Tajikistan in Central Asia. Land. 2021. Vol. 10. P. 525. DOI: https://doi.org/10.3390/ land10050525.

17. Punkari M., Droogers P., Immerzeel W., Korhonen N., Lutz A., Venäläinen A. Climate change and sustainable water management in Central Asia. Asian Development Bank. 2014. P.27.

18. Government of Tajikistan. Climate Resiliency for Natural Resources Investments. TA 7599-TAJ. Dushanbe, Asian Development Bank. 2011. P. 158.

15. Gulakhmadov A., Chen X., Gulahmadov N., Liu T., Anjum M.N., Rizwan M. Simulation of the Potential Impacts of Projected Climate Change on Streamflow in the Vakhsh River Basin in Central Asia under CMIP5 RCP Scenarios. *Water,* 2020, Vol. 12, pp. 1426. DOI: https://doi.org/10.3390/ w12051426.

16. Gulahmadov N., Chen Y., Gulakhmadov A., Rakhimova M., Gulakhmadov, M. Quantifying the Relative Contribution of Climate Change and Anthropogenic Activities on Runoff Variations in the Central Part of Tajikistan in Central Asia. *Land,* 2021, Vol. 10, pp. 525. DOI: https://doi.org/10.3390 /land10050525.

17. Punkari M., Droogers P., Immerzeel W., Korhonen N., Lutz A., Venäläinen A. Climate change and sustainable water management in Central Asia. Dushanbe, Asian Development Bank, 2014. P.27.

18. Government of Tajikistan. Climate Resiliency for Natural Resources Investments. TA 7599-TAJ. Dushanbe, Asian Development Bank, 2011. P. 158.