

15. Mandal, K. K.; Dharanirajan, K.; Sarkar, S. Application of Gumbel's Distribution Method for Flood Frequency Analysis of Lower Ganga Basin (Farakka Barrage Station), West Bengal, India / K. K. Mandal, K. Dharanirajan, S. Sarkar // Disaster Adv. 2021, 14, 51–58.
16. Rivers and Lakes of Tajikistan // Main Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Dushanbe, 2003.
17. Boyko, M. P. Machine Learning for Hydrological Data Analysis: Monograph / M. P. Boyko, A. S. Repkin. – Moscow: Nauchny Mir, 2021. – 215 p. – ISBN 978-5-123456-78-9.
18. Zaitseva, O. V. Modern Methods of Time Series Processing in Environmental Management: Textbook / O. V. Zaitseva. – Saint Petersburg: Lan, 2022. – 189 p. – ISBN 978-5-987654-32-1.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ- СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ- INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

TJ	RU	EN
Фатхуллоев Нарзулло Исмокович	Фатхуллоев Нарзулло Исмокович	Fathulloev Narzullo Ishokovich
Институти илмӣ-таджикотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета	Research Institute of the Tajik National University
Унвонҷӯӣ	Соискатель	Applicant
734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Телефон: (+992) 905-75-71-17.	734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 905-75-71-17.	734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: (+992) 905-75-71-17.
E-mail: narzullo7570@mail.ru		
ORCID: 0009-0003-4555-1439		

УДК 551.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ГЛАВНЫЕ РЕЧНЫЕ БАССЕЙНЫ ТАДЖИКИСТАНА

Кодиров А.С., Гулзода А.Б.

Центр инновационного развития науки и новых технологий Национальной академии наук Таджикистана

Аннотация: Цель данного исследования заключается проведения сравнительного анализа влияния климатических изменений на главные речные бассейны Таджикистана.

Материалы и методы. Таджикистан – высокогорная страна с огромными водными ресурсами. Исследования водных ресурсов в республике начались еще во времени Советского Союза, однако после приобретения государственной независимости в связи с изменениями межгосударственными отношениями (с соседними странами) данная тематика приобрела новый уровень и стала более актуальными.

Для проведения исследования понадобились информационная база Агентство по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан, Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, натурные наблюдения и физико-химические изучения.

Исследования проводились на основе изучения гидрологических, метеорологических, климатических и гидрохимических характеристик данных рек.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования нами была выявлены, что в среднем температуры воздуха на базовых год (1981-2020 годах) имеет тенденции к увеличению на 10% и стока рек на 15%, что представляет собой значительное изменение, требующее комплексного подхода к анализу и управлению водными ресурсами. Эти изменения могут иметь значительные последствия для экосистем, сельского хозяйства и общества, и важно активно взаимодействовать с местными сообществами и заинтересованными сторонами для обеспечения устойчивого развития и защиты окружающей среды.

Ключевые слова: Таджикистан, речной сток, вода, гидрология, гидрохимия, экология, климат, метеорология, река, озеро, водохранилище.

Источник финансирования: Работа выполнена в рамках государственной теме №ГР0118ТJ00911 Центра инновационного развития науки и новых технологий Национальной академии наук Таджикистана.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования влияния климатических изменений на главные речные бассейны Таджикистана является актуальной темой и играет важную роль для обеспечения гидрологической безопасности Таджикистана и государств бассейна Аральского моря (БАМ) в целом. На территории Таджикистана формируется 55,4% водных ресурсов БАМ. Сравнительный анализ влияния климатических изменений на гидрологические режимы рек даёт возможность для выявления основных механизмов управления водных объектов. В связи с

этим, особое значение имеет водные объекты Таджикистана – основного источника водных ресурсов БАМ, которого используются для ирригации и гидроэнергетики.

Последние годы планируется строительство разных гидрообъектов в зоне формирования водных ресурсов БАМ (Таджикистан, Кыргызстан, Афганистан) а в зонах транзита и рассеивания (Казахстан, Туркменистан и Узбекистан) планируется водохранилища ирригационного назначения. Исходя из этого выявления причины и масштабы прогнозных изменений количества и качества водных ресурсов представляет собой актуальную задачу.

Для разработки научно-обоснованного механизма управления зона формирования стока, рациональной использованием и охраны водных ресурсов необходимо исследования влияния климатических изменений на основные водные артерии, также изучения роли антропогенного фактора позволит прогнозировать количество и качество водных ресурсов.

Даная задача имеет большой научно-прикладных интерес и актуальна, так как водный сток образующиеся в пределах Таджикистана являются фактором устойчивого развития БАМ. В свою очередь, социально-экономическая ситуация Республики Таджикистан тоже сильно зависит от рационального использования водных ресурсов в интересах ирригации.

Обзор нормативных документов, научно-исследовательских работ и национальных документов Центрально-Азиатских государств показывают, что проблемы зона формирования стока, гидрологические режимы стока с учётом изменения климатических параметров, вододеления и вопросы рационального использования рассмотрены без учёта их особенностей и не должным образом.

В связи с этим, в данной работе затрагиваются эти проблемы.

Вода является одним из основных природных богатств Таджикистана. По инициативе Таджикистана продвигались водный вопрос в глобальной повестке дня. Таким образом, в ходе сессий Генеральной Ассамблеи ООН были провозглашены 2003 года Международным годом пресной воды; 2005-2015-й годы были объявлены Генеральной Ассамблеей ООН «Десятилетием воды для жизни»; объявлены 2013 года Международным годом водного сотрудничества; 2018 - 2028 годы объявлены Международным десятилетием действий «Вода для устойчивого развития»; 2025 года годом сохранения ледников и 2025 - 2034 годы «Десятилетие действий в поддержку криосферных наук».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Более 80% водных ресурсов Центрально-Азиатского региона формируются на территориях Таджикистана и Кыргызстана [15]. Водные ресурсы бассейна Аральского моря, где в основном формируется за счёт бассейнов рек Амударья и Сырдарья, составляет 115,6 км³/год (табл. 1).

Таблица 1. Формирования водных ресурсов бассейна Аральского моря [5]

Страна	Бассейн Амударья, км ³ /год	Бассейн Сырдарья, км ³ /год	Бассейн Аральского моря	
			км ³ /год	%
Казахстан	-	4,50	4,50	3,9
Кыргызстан	1,90	27,4	29,30	25,3
Таджикистан	62,9	1,1	64,00	55,4
Туркменистан	2,78	-	2,78	2,4
Узбекистан	4,70	4,14	8,84	7,6
Афганистан	6,18	-	6,18	5,4
ЦА	78,46	37,14	115,6	100,0

Ученые и эксперты в области гидрологии рек отмечают, что подземные воды могут составлять значительную долю водных ресурсов в различных территориях, иногда достигая от 30 до 50% от общего объема доступной пресной воды [6, 16].

Подземные воды играют важную роль в гидрологическом цикле и часто составляют значительную долю водных ресурсов, особенно в континентах с ограниченными поверхностными водами.

Потенциал подземных вод бассейна Аральского моря оценена 43,7 км³/год, или составляет 37,8%. Около 15,8 км³/год утверждена как эксплуатационный запас. Также в бассейне каждый год формируется около 45,8 км³/год возвратных вод, большая часть (23,5 км³/год) отводится в реки и около 6,0 км³/год повторно используется для орошения [12] достаточности и нехватки водных ресурсов для Центрально-Азиатского региона оценены неоднозначна.

В странах Центральной Азии водные ресурсы в основном используются в аграрном секторе, которого в процентном отношении составляет 88,7%, в секторе коммунального хозяйства – 47% и в промышленности – 6,6% (рис. 1) [5].

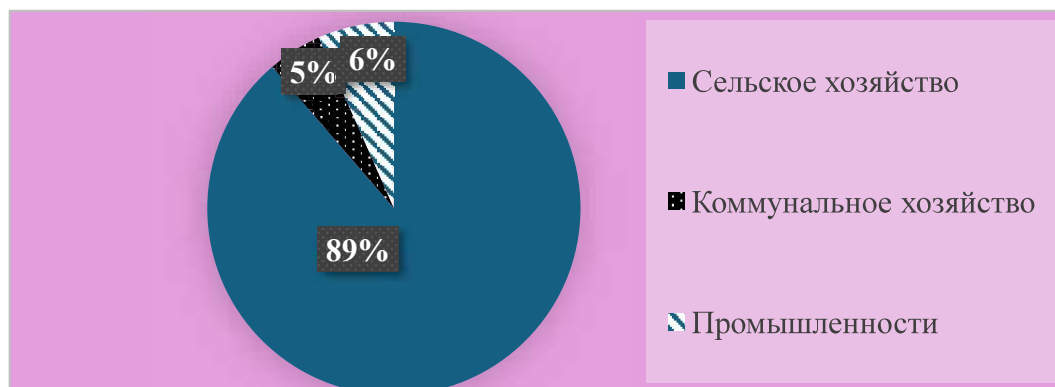


Рисунок 1. Использование водных ресурсов в Центрально-Азиатских государствах по секторам экономики

Основным правовым документом, регулирующим водные отношения в Центральной Азии, является «Соглашение между Республикой Казахстан, Республикой Кыргызстан, Республикой Узбекистан, Республикой Таджикистан и Республикой Туркменистан о сотрудничестве в сфере совместного управления, использования и охраны водных ресурсов межгосударственных источников», подписанное в 1992 году в г. Алматы.

Однако в данной Соглашении на должном образом не учтены гидрометеорологических факторов зона формирования стока, что ежегодно государств этих зон потеряют значительную часть свою экономики. Например, Таджикистан в среднем ежегодно теряет 0,5-0,6% ВВП [14].

С другой стороны, дефицит водных ресурсов ощущается во всех государствах бассейна Аральского моря. Большинство исследований [3, 11] показывают, что дефицит водных ресурсов, изменения гидрологического режима и водных экосистем связаны с антропогенными факторами. Наиболее яркий пример такого положения является катастрофы Аральского моря.

Орошаемое земледелие и гидроэнергетики в Центральной Азии являются основными секторами водопользования. Орошаемое земледелия берёт своё начало ещё VII-VI векам до нашей эры. Однако до сих пор его роль имеет тенденции к повышению, конечно это связана с демографического роста и увеличения орошаемые площади. Интенсивное водопользование, в том числе ирригация, в Центрально-Азиатском регионе активно развивалось в 1960–1990 годах XX века [2]. К 1980–1990 годам XX века общая площадь орошаемых земель в регионе возросла до 8,8 млн га (рис. 2).

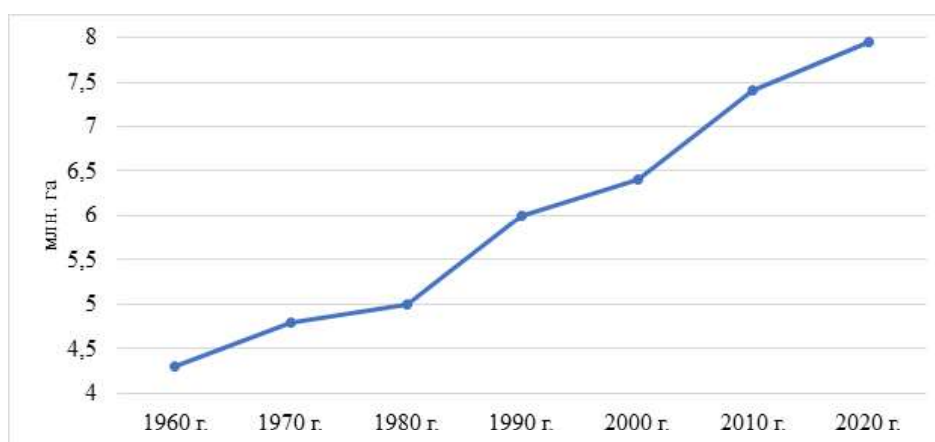


Рисунок 2. Возрастаение площадь орошаемых земель государств Центральной Азии за период 1960-2020 годов [13].

Как видно из рисунка 2 за период 1960-2020 годов орошаемая площадь в регионе Центральной Азии увеличилась почти в два раза, достигнув около 8 млн. га.

Отрицательным влиянием интенсивном водопользованием в секторе ирригации повлияло на водной экосистеме региона. Из-за этого Аральское море усыхало и состояние фауны и флоры этого бассейна ухудшалось.

Проблемы водопользовании получил новый темп после распада Советского Союза и приобретением государств региона независимости. Одна из основных проблем является конфликта интересов между ирригацией (государств низовьев) и гидроэнергетикой (стран верховьев), где отсутствует современный механизм урегулирования водной отношении.

Страны зона формирования стока (Таджикистан, Кыргызстан) заинтересованы использования водных ресурсов в секторе энергетики, а страны зон транзита, рассеивания и дельты (Казахстан, Туркменистан, Узбекистан) заинтересованы в ирригационном режиме. Ирригационный режим требует большое количество воды, особенно в вегетационный период, этот период совпадает с апреля по октябрь. Для гидроэнергетики потребуется воды во всех сезонах года, однако водный сток уменьшается зимний период года. Период маловодья начинается с октября по апрелю, таким образом для ирригации необходимо запастись воды зимой (сработка летом), необходимо наполнение летом водных объектов (сработка зимой).

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основных источников водных ресурсов Таджикистана являются снегово-ледниковых запасов и сезонные атмосферные осадки. Основная масса ледников и снежников, около 550 км³ расположена в высокогорной части в бассейнах рек Гунт, Муксу, Обихингоу, Вахш и т.д.

Воды, формирующиеся от высокогорных ледников, образуют основную часть летнего стока, и в маловодные периоды это показатель достигает до 30-40%.

На реках, которые формируются за счёт ледников и снежного покрова половодье начинается с апреля – мая месяцев и заканчивается в период октябрь-ноябре. За это период формируется около 80-90% от их годового стока, которого стока воды по сравнению маловодье увеличивается в 5-9 раз. Реки Пяндж, Вахш и Зерафшан относятся к вышеуказанным рекам, что касается бассейну реки Кафирниган, то относится к рекам снеголедникового питания. Половодья реках снеголедникового характера соответствуют в май – июне.

Третья категория рек являются реками с снегодождевого характера, таких рек в Таджикистане встречаются в предгорных зонах бассейнов рек. Для крупных рек Таджикистана годовое распределение формирующиеся стока зависит от высоты водосборов.

Располагаемые водный сток или её среднесуточный объем по бассейнам крупных рек Таджикистана представлен в таблице 1.

Таблица 2. Основные характеристики крупных речных бассейнов Таджикистана

Название реки (гидропост (ГП))	Место впадения	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Средний расход воды, м ³ /с
р.Бартанг (ГП. Шужанд)	р.Пяндж	528	24700	133
р.Пяндж (ГП. Нижний Пяндж)	р.Амударья	921	114000	1020
р.Кызылсу (ГП. Самончи)	р.Амударья	235	8380	77
р.Вахш (ГП. Туткаул)	р.Амударья	524	39100	640
р.Зеравшан (ГП. Дупули)	Не доходит до Амударьи	877	12300	155
р.Кафирниган (ГП. Тартки)	р.Амударья	387	11000	162
р.Сырдарья (ГП. Акжар)	Аральское море	2660	219000	488
р.Амударья	Аральское море	2620	227000	-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

С целью определения влияния климатических изменений на главные речные бассейны Таджикистана были анализированы гидрометеорологические данные и характеристики стока рек.

Река Вахш в основном формируется за счёт таяния ледников и сезонных снегов. Роль грунтовых вод в формирование реки Вахш незначительно, в высокогорных частях бассейнов основном осадки выпадают в виде снега.

Основные проблемы бассейна реки Вахш являются селевые паводки и антропогенные факторы. За последние две десятилетия наблюдается увеличение частоты селевых паводков, что ещё раз свидетельствует об климатических изменениях и его влияниях на гидрологические режимы бассейна. Такая тенденция также наблюдается на других реках Таджикистана. В основном в Таджикистане вовремя весной уровень рек возрастает и разрушаются береговые экосистемы. Разрушения береговых экосистем повлечет за собой другие проблемы, таких как возрастание в водных объектов количество растворимых примесей, горнорудные пыли и т.п.

Среднегодовой расход р. Вахш (гидропост Туткаул) составляет $647 \text{ м}^3/\text{с}$ и средний многолетний сток – $20,5 \text{ км}^3/\text{год}$. Бассейн р. Вахш в основном формируется за счёт притоков Сурхоб и Обихингоу. С точки зрения географической характеристики разница между зонами формирования и рассеивания составляет 2500 м . Вклад ледников и снежных покров в формирование бассейна оценивается около 63% от годового стока, что касается роль подземных вод, то составляет 40-43%. Половодье в бассейне начинается с апреля и продолжается до июля, наименьшие расходы – в феврале.

Повышение температуры воздуха напрямую влияет на таяние ледников, и этот процесс оказывает серьезное воздействие на климатическую систему, в том числе на ледниках.

Таяние ледников приводит к увеличению объема воды, поступающей в реки. В случае реки Кофарнихан, которая берет начало в высокогорьях, повышение температуры воздуха ускоряет таяние ледников, что увеличивает количество воды в реке, особенно в летние месяцы, когда температура наиболее высока (рис. 4).

Коэффициент корреляции 0,2 показывает, что повышение температуры воздуха влияет на увеличение речного стока, но эта связь не является очень сильной. Однако, это означает, что помимо температуры, на речной сток влияют и другие факторы, такие как количество осадков, особенности водосбора, степень ледникового покрова или особенности рельефа.

Мониторинги и анализы показывают, что максимальный сток (месячный) десятикратно превышает минимального. Следует отметить, что цикличность чередования лет для р. Вахш характерно следующими: маловодные периоды наступают через 4-6 лет и многоводные – через 6-10 лет.

Для исследования гидрологического режима и особенности бассейна реки Пяндж были изучены 11 пунктов наблюдений бассейна: Гунт, Шуджанд, Друмдара, Токузбулак, Обихумбоу, Бичхарв, Шидз, Ишкошим, Хорманджо, Нижний Пяндж и Карбостанак, исходные данные и их анализ показывают, что за период 1991-2020 годах изменения водного стока на реке Гунд составляет $5,90 \text{ м}^3/\text{с}$, на реке Обихумбоу увеличение межень стока – $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и р. Бичхарв – $1,4 \text{ м}^3/\text{с}$.

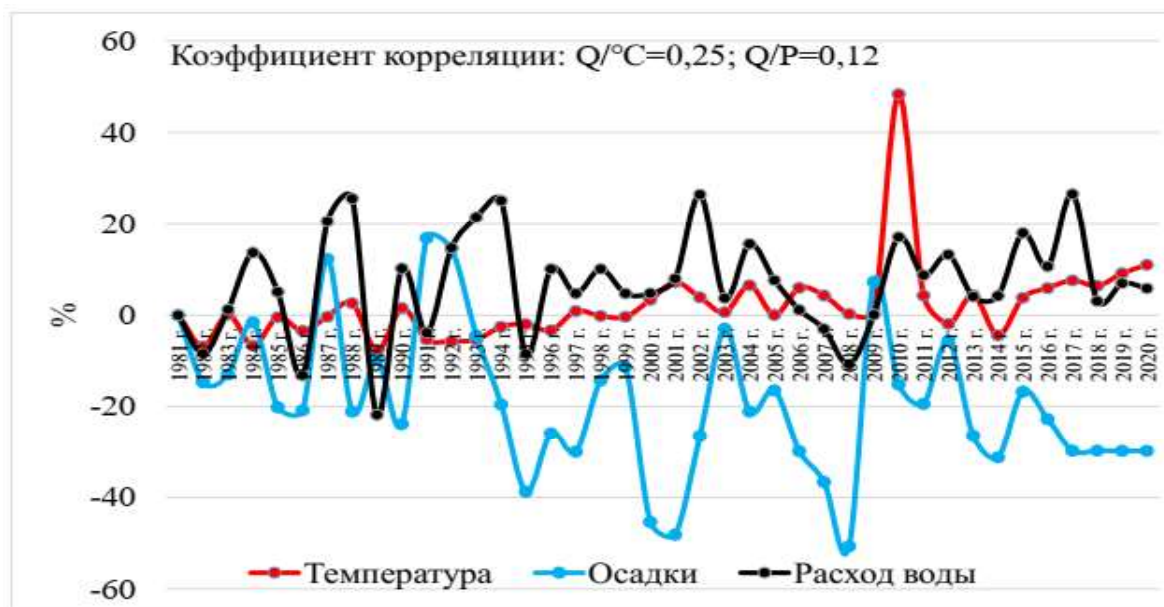


Рисунок 4. - Показатели по температуре, осадкам и расходу воды бассейна реки Вахш за 1981-2020 годы

Для режима притоков бассейна р. Пяндж наблюдается уменьшение стока в период октябрь – марта, иногда межени продолжается до середины апреля. Максимальная продолжительность составляет 230 дней, минимальное – 176 дней и средняя продолжительность – 199 дней.

Повышение температуры воздуха на 0,1 °C и одновременное увеличение расхода воды в долине реки действительно могут быть взаимосвязанными процессами, особенно в контексте сезонных изменений и климатических факторов (рис. 5).

Из-за нехватки гидрологических данных по р. Пяндж нами была использована метод интерполяции для восполнения пробелов в данных. Интерполяция позволяет оценить значения между известными точками, используя математические методы для построения непрерывной функции. В контексте гидрологии это может быть полезно для прогнозирования стока, уровней воды или других характеристик на основании ограниченного количества данных.

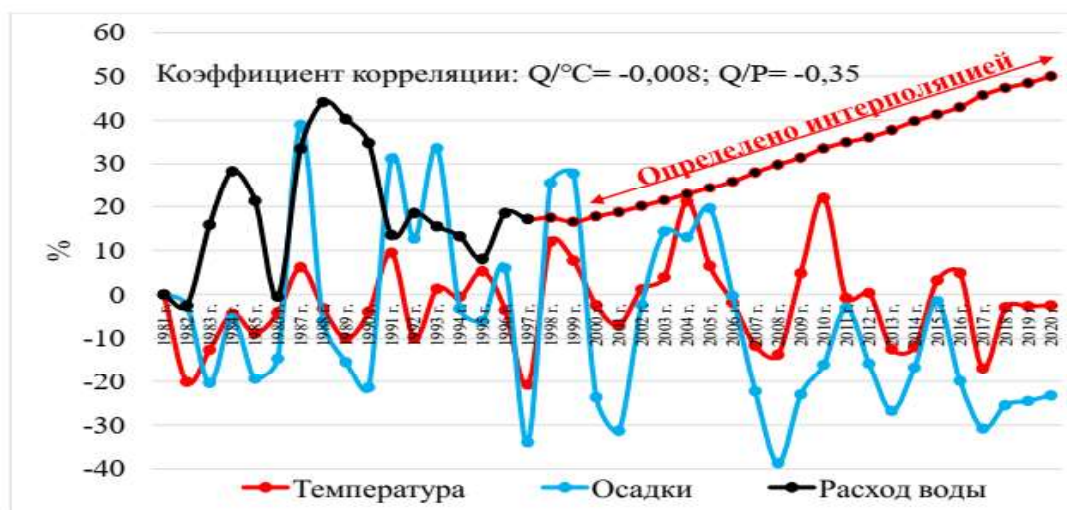


Рисунок 5. - Показатели по температуре, осадкам и расходу воды бассейна реки Пяндж за 1981-2020 годы

Бассейн реки Кафирниган формируется на склонах Гиссарского хребта и протекает по Гиссарской долине. Самый первый ледник бассейна р. Кафирниган является ледник №262 и формирующийся с этого ледника река называется «Оби Сафед». Общая длина реки составляет 387 км, а общая площадь бассейна – 11,600 км². Бассейн р. Кафирниган в гидрологическом отношении по сравнению с другими реками Таджикистана изучен хорошо. Для р. Кафирниган характерен снеголедниковая типы питания. Половодье длится в период с марта по сентябрь, максимальный сток в июнь-июль, а что касается минимального стока – в октябрь – феврале. Согласно [10, 8] в период 1931-2015 годах среднегодовой расход воды в бассейне составляет 166 м³/с.

По бассейну р. Кафирниган отмечается повышение температуры на 10%, привело к более интенсивному таянию снега и ледников, что, в свою очередь, увеличивается объем талой воды, поступающей в реку. Увеличение расхода воды на 15% в данной реке может быть следствием этого процесса (рис. 6).

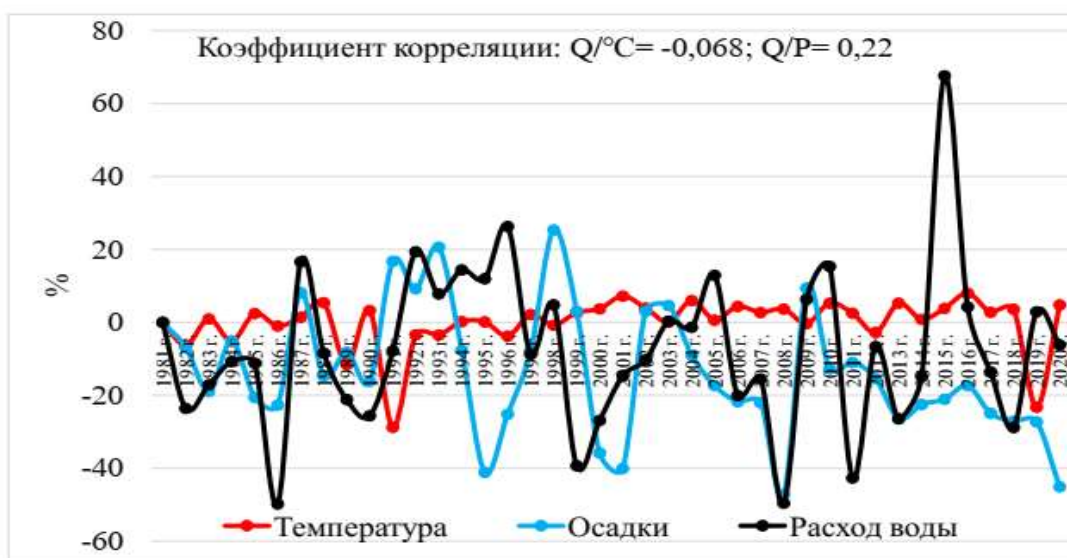


Рисунок 6. - Показатели по температуре, осадкам и расходу воды бассейна реки Кафирниган за 1981-2020 годы

Более высокая температура может также повлиять на режим осадков, возможно, увеличивая количество дождевых осадков по сравнению со снегом. Это может дополнительно увеличить количество воды, поступающей в реку, однако в долине р. Кафирниган наблюдается хаотическая изменения осадков. Глобальные изменения климата могут вызывать нестабильность в погодных условиях, что приводит к изменению характеров и объемов осадков. Увеличение частоты экстремальных погодных явлений, таких как сильные дожди или засухи, может также привести к непредсказуемым изменениям в осадках.

Бассейн реки Зеравшан занимает около 43000 км² площадью с длиной 877 км, начинается с ледники Зеравшан (на территории Таджикистана) заканчивается на территории Узбекистана. Его длина на территории Таджикистана составляет 316 км.

Река Зеравшан до 1960 годов являлась одним из основных притоков бассейна реки Амударьи, но в настоящее время из-за разбора воды на орошение не доходит до неё, вода полностью рассеивается на территории Каракульском оазисе.

По сравнению с другими бассейнами гидрологическая сеть бассейна р.Зеравшан не сложная, однако с точки зрения геолокации расположено неравномерно. С обеих сторон (правой и левой) присоединяются около 200 притоков, 86 из них имеют более 10 км длины и 3 из них протягиваются до 50 км.

Водные ресурсы бассейна р.Зеравшан в основном формируется за счёт высокогорные ледники и сезонных снегов, всего в бассейне количество ледников составляет 1272 с общей площадью 708,5 км² [1, 7].

Река Зеравшан играет важную роль в орошении Каракульском оазисе Узбекистана (в основном) и Зеравшанской долины Таджикистана.

Половодье в р.Зеравшан длится течение тёплое время года (в среднем продолжается 190 дней), за это время расходуется около 80-85% годового стока.

В бассейне реки Зарафшан температура воздуха и количество осадков увеличились на 10%, а ее сток увеличился на 40%, что свидетельствует о серьезном изменении гидрологического режима реки (рис. 7).

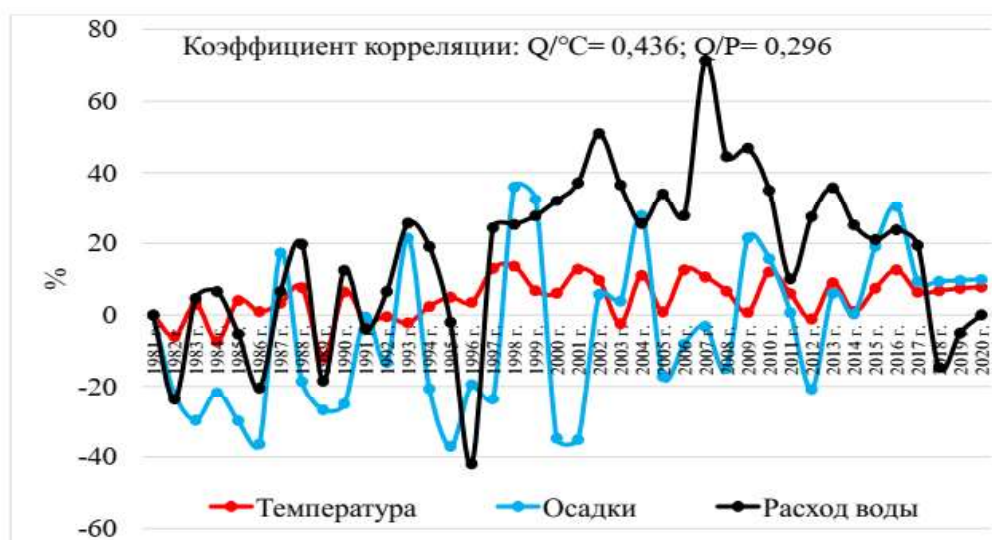


Рисунок 7. - Показатели по температуре, осадкам и расходу воды бассейна реки Зеравшан за 1981-2020 годы

Более высокая температура может привести к увеличению испарения с поверхности водоемов и почвы, что может повлиять на общий баланс воды в долине.

Увеличение температуры способствует более быстрому таянию снега и ледников, что может увеличивать приток воды в реку в весенне-летнее месяцы.

Значительное увеличение расхода воды может быть связано с определенными климатическими условиями в конкретные годы. Например, если в году наблюдается не только повышение температуры и увеличение осадков, но и другие факторы, такие как интенсивные дожди или обильное таяние снега, это может привести к резкому росту стока.

Таким образом, резкое увеличение расхода воды может быть следствием комплекса климатических факторов, включая повышение температуры, увеличение осадков, интенсивные дожди и таяние снега. Понимание этих взаимосвязей позволяет более эффективно управлять водными ресурсами, адаптироваться к изменениям климата и минимизировать риски, связанные с водными явлениями.

Адаптация к изменениям климата и минимизация рисков, связанных с водными явлениями, требуют комплексного подхода и внедрения стратегий на различных уровнях.

Нами приведены некоторые основные направлений, которые могут полезным для рационализации водных отношений:

1. Разработка стратегий. Создание стратегий адаптации, которые учитывают особенности республики и его ресурсы. Это может включать в себя планирование водоснабжения, орошения и защиты от наводнений и других стихийных бедствий связанных с водой.

2. Интеграция в городское планирование. Учет климатических рисков при разработке градостроительных планов, что поможет избежать развития в уязвимых зонах и снизит риски для населения.

3. Инвестиции в инфраструктуру. Построение или модернизация водохранилищ, каналов и систем водоотведения, чтобы справляться с режимами рек.

4. Зеленая инфраструктура. Использование природных решений, таких как восстановление засоленных земель и создание зеленых зон, чтобы улучшить управление стоком и качество воды.

5. Обучение и осведомленность. Проведение мероприятий по повышению осведомленности населения о климатических изменениях и связанных с ними рисках.

6. Участие граждан. Вовлечение местных сообществ в процессы принятия решений, чтобы они могли вносить свой вклад в планирование и управление водными ресурсами, а также чувствовать ответственность за свою экосистему, в том числе водной экосистемы.

Эти составляющие взаимосвязаны друг другом и могут значительно повысить устойчивость сообществ к изменениям климата и связанным с ними водным явлениям. Адаптация к изменениям климата требует совместных усилий на всех уровнях - от местного до национального, а также междисциплинарного подхода, объединяющего экологические, экономические и социальные аспекты.

Литература

1. Аброров Х. Географо-гидрологические особенности формирования, использования и охраны водных ресурсов Горного Зеравшана Таджикистана // Автореф. дисс. на соиск. к.геогр.н. Душанбе, 2019. -24 с.
2. Викулина, З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза // Монографии. -Л.: Гидрометеиздат, 1979. -175 с.
3. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии // Евразийский Банк Развития. Отраслевой обзор. -2009. -44 с.
4. Водные ресурсы бассейна Аральского моря // [Электронный ресурс] / Интернет портал ИК МФСА. Дата обращения: 20.09.2021 г., Режим доступа: <https://ecifas-tj.org/2021/01/28/vodnye-resursy-bassejna-aralskogo-morya/>.
5. Водные ресурсы бассейна Аральского моря // [Электронный ресурс] / Интернет портал ИК МФСА. Дата обращения: 20.09.2021 г., Режим доступа: <https://ecifas-tj.org/2021/01/28/vodnye-resursy-bassejna-aralskogo-morya/>.
6. Каримов А., Смахтин В. Управление питанием подземных вод: решение проблемы дефицита водных ресурсов Ферганской долине // Исследовательский отчет ИВМИ. №151. 2013. 62 с.
7. Каталог ледников СССР // Каталог. Т.14, Вып.1-3. - Л.: Гидрометеиздат, 1969-1980. -С. 85-96.
8. Кобулиев З.В., Кодиров Ш.С. Состояния гидрологических характеристик и гидрологических сетей бассейна реки Кафирниган // Вестник педагогического университета. -№2(2), 2019. -Душанбе, -2019. С. 71-77.
9. Кодиров А.С. Закономерности трансформации гидрообъектами водных ресурсов Таджикистана в условиях изменения климата // Автореф. дисс. на соиск. доктора техн. наук. Душанбе, 2024. -89 с.
10. Кодиров Ш.С. Некоторые вопросы зона формирования стока бассейна реки Кафирниган // Вестник ТГУК, №1(22)/2018. ОАО «Сумани Кудрат», - Душанбе, 2018. -стр. 91-94.
11. Олимов К.З., Саидов И.И. Методика и методология по разработке бассейнового плана по управлению водными ресурсами реки Зерафшан // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. -2019. -№3(176). -С. 101-111.
12. Основные положения водной стратегии бассейна Аральского моря // Межгоссовет по проблемам Аральского моря, Всемирный банк. 1994-1996 гг.
13. Развитие орошения в регионе // [Электронный ресурс] / Интернет-портал Sawater-Info. Режим доступа: <http://www.sawater-info.net/bk/4-2-1-1-1.htm>.
14. Соглашение между Республикой Казахстан, Республикой Кыргызстан, Республикой Узбекистан и Туркменистаном о сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов межгосударственных источников // Соглашение. Алма-Ата. 1992 г. -57 с.
15. Соколов А.А. Гидрография СССР // Монография. -Л.: Гидрометеиздат, 1952. -287 с.
16. Устойчивость и загрязнение подземных вод: как ученые их изучают? // [Электронный ресурс] / Интернет портал МАГАТЭ. Дата обращения: 28.09.2024 г., Режим доступа: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/ustoychivost-i-zagryaznenie-podzemnyh-vod>.
17. Усупаев Ш.Э., Алферов И.Н., Шарифов Г.В. Инженерная геология георисков от глубинного круговорота флюидов в дренажной оболочке земли // В сборнике: Гидрогеология и Карстоведение. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь, 2025. -С. 121-127.
18. Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Усубалиев Р.А., Абдыбачаев У.А., Шарифов Г.В. Об адаптации Центральной Азии и Кыргызстана к условиям изменения климата // В сборнике: Гидрогеология и Карстоведение. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь, 2025. -С. 86-91.
19. Усупаев Ш.Э. Инженерно-геономическая карта типизации карста Мира // В сборнике: Карст и пещеры. 2024. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 2024. С. 182-185.
20. Усупаев Ш.Э. Ноосферная геология палеогеоэкологических космоударных катастроф в формировании жизни и минеральных ресурсов планетоблем Земли // В сборнике: От исторической географии ландшафтов до исторической геоэкологии. материалы VIII Международной научно-образовательной конференции. Казань, 2025. С. 155-165.

References

1. Abrorov Kh. Geografo-gidrologicheskie osobennosti formirovaniya, ispol'zovaniya i okhrany vodnykh resursov Gornogo Zeravshana Tadjikistana [Geographical and Hydrological Features of the Formation, Use and Protection of Water Resources of the Mountainous Zeravshan of Tajikistan]. Extended abstract of Cand. Sci. (Geography) dissertation. Dushanbe, 2019. 24 p.
2. Vikulina Z.A. Vodnyi balans ozer i vodokhranilishch Sovetskogo Soyuz [Water Balance of Lakes and Reservoirs of the Soviet Union]. Monograph. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1979. 175 p.
3. Vliyanie izmeneniya klimata na vodnye resursy v Tsentral'noi Azii [Impact of Climate Change on Water Resources in Central Asia]. Eurasian Development Bank. Sectoral Review. 2009. 44 p.
4. Vodnye resursy basseina Aral'skogo morya [Water Resources of the Aral Sea Basin]. Electronic resource. IC IFAS Internet Portal. Accessed September 20, 2021. Available at: <https://ecifas-tj.org/2021/01/28/vodnye-resursy-bassejna-aralskogo-morya/>

5. Vodnye resursy basseina Aral'skogo morya [Water Resources of the Aral Sea Basin]. Electronic resource. IC IFAS Internet Portal. Accessed September 20, 2021. Available at: <https://ecifas-tj.org/2021/01/28/vodnye-resursy-bassejna-aralskogo-morya/>
6. Karimov A., Smakhtin V. Upravlenie pitaniem podzemnykh vod: reshenie problemy defitsita vodnykh resursov Ferganskoi doliny [Managed Groundwater Recharge: Addressing Water Scarcity in the Fergana Valley]. IWMI Research Report. No. 151. 2013. 62 p.
7. Katalog lednikov SSSR [Catalogue of Glaciers of the USSR]. Vol. 14, Iss. 1–3. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1969–1980. P. 85–96.
8. Kobuliev Z.V., Kodirov Sh.S. Sostoyanie gidrologicheskikh kharakteristik i gidrologicheskoi seti basseina reki Kafirnigan [State of Hydrological Characteristics and the Hydrological Network of the Kafirnigan River Basin]. Vestnik Pedagogicheskogo Universiteta [Bulletin of the Pedagogical University]. 2019;(2):71–77.
9. Kodirov A.S. Zakonomernosti transformatsii gidroob"ektami vodnykh resursov Tadjikistana v usloviyakh izmeneniya klimata [Patterns of Transformation of Tajikistan's Water Resources by Hydraulic Structures under Climate Change]. Extended abstract of Dr. Sci. (Engineering) dissertation. Dushanbe, 2024. 89 p.
10. Kodirov Sh.S. Nekotorye voprosy zony formirovaniya stoka basseina reki Kafirnigan [Some Issues of the Runoff Formation Zone in the Kafirnigan River Basin]. Vestnik TGUK [Bulletin of the Tajik State University of Commerce]. 2018;1(22):91–94.
11. Olimov K.Z., Saidov I.I. Metodika i metodologiya po razrabotke basseinovogo plana po upravleniyu vodnymi resursami reki Zerafshan [Methodology for Developing a River Basin Water Resources Management Plan for the Zerafshan River]. Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Otdelenie fiziko-matematicheskikh, khimicheskikh, geologicheskikh i tekhnicheskikh nauk [Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Division of Physical-Mathematical, Chemical, Geological and Technical Sciences]. 2019;(3):101–111.
12. Osnovnye polozheniya vodnoi strategii basseina Aral'skogo morya [Main Provisions of the Water Strategy for the Aral Sea Basin]. Interstate Council on the Aral Sea Problems; World Bank. 1994–1996.
13. Razvitie orosheniya v regione [Development of Irrigation in the Region]. Electronic resource. CAWater-Info Internet Portal. Available at: <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-1-1.htm>
14. Soglashenie mezhdru Respublikoi Kazakhstan, Respublikoi Kyrgyzstan, Respublikoi Uzbekistan i Turkmenistanom o sotrudnichestve v sfere sovmestnogo upravleniya ispol'zovaniem i okhranoi vodnykh resursov mezhdgosudarstvennykh istochnikov [Agreement between the Republic of Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, the Republic of Uzbekistan and Turkmenistan on Cooperation in the Field of Joint Management, Use and Protection of Water Resources of Interstate Sources]. Agreement. Alma-Ata, 1992. 57 p.
15. Sokolov A.A. Gidrografiya SSSR [Hydrography of the USSR]. Monograph. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1952. 287 p.
16. Ustoichivost' i zagryaznenie podzemnykh vod: kak uchenye ikh izuchayut? [Groundwater Sustainability and Pollution: How Scientists Study Them?]. Electronic resource. International Atomic Energy Agency (IAEA). Accessed September 28, 2024. Available at: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/ustoychivost-i-zagryaznenie-podzemnykh-vod>
17. Usupaev Sh.E., Alferov I.N., Sharifov G.V. Inzhenernaya geonomiya georiskov ot glubinnogo krugovorota flyuidov v drenazhnoi obolochke Zemli [Engineering Geonomy of Geohazards Associated with the Deep Fluid Cycle in the Earth's Drainage Shell]. In: Gidrogeologiya i Karstovedenie [Hydrogeology and Karst Studies]. Interuniversity Collection of Scientific Papers. Perm, 2025. P. 121–127.
18. Usupaev Sh.E., Moldobekov B.D., Usubaliyev R.A., Abdybachaev U.A., Sharifov G.V. Ob adaptatsii Tsentral'noi Azii i Kyrgyzstana k usloviyam izmeneniya klimata [On the Adaptation of Central Asia and Kyrgyzstan to Climate Change Conditions]. In: Gidrogeologiya i Karstovedenie [Hydrogeology and Karst Studies]. Interuniversity Collection of Scientific Papers. Perm, 2025. P. 86–91.
19. Usupaev Sh.E. Inzhenerno-geonomicheskaya karta tipizatsii karsta Mira [Engineering-Geonomic Map for the Typification of the World's Karst]. In: Karst i peshchery [Karst and Caves]. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Perm, 2024. P. 182–185.
20. Usupaev Sh.E. Noosfernaya geonomiya paleogeoeologicheskikh kosmoudarnykh katastrof v formirovanii zhizni i mineral'nykh resursov planetoblem Zemli [Noospheric Geonomy of Paleogeoeological Cosmic Impact Catastrophes in the Formation of Life and Mineral Resources of Earth's Astroblemes]. In: Ot istoricheskoi geografii landshaftov do istoricheskoi geoeologii [From Historical Geography of Landscapes to Historical Geoecology]. Proceedings of the VIII International Scientific and Educational Conference. Kazan, 2025. P. 155–165.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tj	RU	EN
Кодиров Анвар Сайдкулович	Кодиров Анвар Сайдкулович	Kodirov Anvar Saidkulovich
АМИТ	НАНТ	NAST
Доктори илмҳои техники	Доктор технических наук	Doctor of technical sciences

dr.kodirov@mail.ru		
ORCID: 0000-0001-5474-584X		
Гулзода Ахлиддин Боймурод	Гулзода Ахлиддин Боймурод	Gulzoda Ahliddin Boimurod
КОА	БАК	НАС
Номзади илмҳои техники	Кандидат технических наук	Candidate of technical sciences
gulzoda.koa@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-5891-1195		

УДК 551.583.13 (575.3)

ОБ ОЦЕНКЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БАРТАНГ И РАЙОНЕ ОЗЕРА САРЕЗ ЗА 1960-2025 ГГ.

Курбон Н.Б., Мирзохонзода С.О., Ниязов Дж.Б., Хамидзода А.Б.,

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана

Аннотация. В статье представлена комплексная оценка климатических изменений в бассейне реки Бартанг и районе озера Сарез на основе анализа многолетних данных температурного режима и атмосферных осадков за период 1960-2025 гг. Проведён анализ пространственных и временных тенденций климатических изменений, их влияния на гидрологические процессы и водный баланс. Представлены результаты расчётов климатических трендов, сопоставленных с изменениями в других горных регионах Памира. Установлено, что колебания температуры в районе озера Сарез зависят от экспозиции, местоположения, высоты над уровнем моря, а также от проникновения холодных воздушных масс с севера и тёплых депрессий с юга, что обуславливает различный размах данных по бассейну. А годовое количество осадков колеблется от 10-185 мм во верхнем части реки Бартанг до 49-60 мм (в засушливый период) и 220-505 мм (в увлажнённый период) в центральной и западной частях. Поэтому, гидрограф бассейна реки Бартанг и района Сарезского озера тесно зависит от количества и вида осадков, а также температуры воздуха. В целом, результаты исследования демонстрируют устойчивое повышение температуры и изменение режима осадков, что напрямую влияет на водные ресурсы и экологическую устойчивость региона.

Ключевые слова. изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, гидрограф, тренд, река, озер, бассейн реки Бартанг, Сарезское озеро, Памир.

ОИД БА АРЗЁБИИ ТАҒЙИРОТИ ИҚЛИМӢ ДАР ҲАВЗАИ ДАРӢИ БАРТАНГ ВА МИНТАҚАИ КӢЛИ САРЕЗ БАРОИ СОЛҲОИ 1960-2025

Курбон Н.Б., Мирзохонзода С.О., Ниёзов Ҷ.Б., Ҳамидзода А.Б.

Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Аннотатсия. Дар мақола арзёбии ҳамаҷонибаи тағйирёбии иқлим дар ҳавзаи дарёи Бартанг ва минтақаи кӯли Сарез дар асоси таҳлили маълумоти бисёрсолаи ҳарорат ва боришот барои давраи солҳои 1960-2025 пешниҳод шудааст. Таҳлили тамоюлоти вақтию фазоӣ дар тағйироти иқлимӣ, таъсири онҳо ба равандҳои гидрологӣ ва тавозуни об гузаронида шудааст. Натиҷаҳои ҳисобҳои тамоюлоти иқлимӣ бо тағйирот дар дигар минтақаҳои қӯҳсори Помир муқоиса карда шудаанд. Муайян карда шуд, ки тағйирёбии ҳарорат дар минтақаи кӯли Сарез аз таъсири беруна, макон, баландӣ, инчунин воридшавии массаҳои ҳавои сард аз шимол ва гармиҳо аз пастиҳои ҷанубӣ вобаста аст, ки боиси паҳншавии васеи маълумот дар тамоми ҳавза мегардад. Боришоти солона дар болооби дарёи Бартанг аз 10-185 мм то 49-60 мм (дар давраи хушксолӣ) ва 220-505 мм (дар давраи сербориш) дар қисматҳои марказӣ ва ғарбӣ фарқ мекунад. Аз ин рӯ, гидрографияи ҳавзаи дарёи Бартанг ва минтақаи кӯли Сарез аз микдор ва намуди боришот, инчунин ҳарорати ҳаво вобастагии зич дорад. Дар маҷмӯъ, натиҷаҳои тадқиқот афзоиши мунтазами ҳарорат ва тағйирёбии тарзи боришотро нишон медиҳанд, ки ба захираҳои об ва устувории экологӣ дар минтақа таъсири мустақим мерасонад.

Калидвожаҳо. тағйирёбии иқлим, ҳарорати ҳаво, боришоти атмосферӣ, гидрограф, тамоюл, дарё, кӯл, ҳавзаи дарёи Бартанг, кӯли Сарез, Помир.

ON THE ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE IN THE BARTANG RIVER BASIN AND THE LAKE SAREZ AREA FOR 1960-2025

Kurbon N.B., Mirzokhonzoda S.O., Niyazov J.B., Khamidzoda A.B.

Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

Annotation. This article presents a comprehensive assessment of climate change in the Bartang River basin and the Lake Sarez region based on an analysis of long-term temperature and precipitation data for the period 1960-2025. An analysis of spatial and temporal trends in climate change, their impact on hydrological processes and water balance is conducted. The results of climate trend calculations are presented, compared with changes in other mountainous regions of the Pamirs. It was established that temperature fluctuations in the Lake Sarez region depend on exposure, location, altitude, as well as the penetration of cold air masses from the north and warm depressions from the south, which causes a wide range of data across the basin. Annual precipitation ranges from 10-185 mm in the upper part of the Bartang River to 49-60 mm (during the dry period) and 220-505 mm (during the wet period) in the central and western parts. Therefore, the hydrograph of the Bartang River basin and the Lake Sarez region is closely dependent on the amount and type of precipitation, as well as air temperature. Overall, the study's results demonstrate a steady increase in temperature and a change in precipitation patterns, which directly impacts water resources and the region's environmental sustainability.

Keywords. climate change, air temperature, precipitation, hydrograph, trend, river, lake, Bartang River basin, Lake Sarez, Pamir.