

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ СТОКА РЕКИ ЗЕРАВШАН

²Рахматиллоев Р., доктор сельскохозяйственных наук

¹Домуллоджанов Д. Х., кандидат технических наук

¹Олимов К. З.

²Рахматиллоев Ф. М.

¹ Государственное Учреждение «ТаджикНИИГиМ» при Министерстве энергетики и водных ресурсов РТ, г. Душанбе, Республика Таджикистан

² Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Аннотация. В статье приведены результаты проведенных исследований и анализа климатических данных по 6 метеорологическим станциям, которые расположены на различных высотах и расположены на площади бассейна р. Зеравшан. В результате анализа среднегодовых атмосферных осадков за период с 1938 по 2020 гг. выявлено, что средние годовые осадки ежегодно увеличивается в части долины на 0,51–2,78 мм, а в верховьях бассейна реки на 0,93–1,78 мм. Также, отмечается постоянное повышение температуры воздуха по всему бассейну реки в среднем на 0,25–1,4⁰С. Выявлены изменения в сезонном распределении стока реки Зеравшан за последние 50 лет на гидрологических постах, которые расположены у истока и устья реки. Эти изменения объясняется увеличением температуры воздуха по всей территории бассейна, что способствует более раннему таянию ледников, снежников, увеличению расхода воды в осенне-весенний период до 75% и уменьшению максимального стока в летний период на 17%. Оценка прогноза годового стока основных притоков Таджикской части р. Зеравшан на будущее показывает, что средний годовой сток р. Фондаря, который составляет 1797,24 млн. м³, к 2050 году прогнозируется со снижением годового расхода до 25%. Однако, отмечается увеличение среднего годового расхода р. Матча к 2050 году на 59,3% и по стоку Таджикской части р. Зеравшан на 45,4%. Полученные данные имеют значительные расхождения с данными моделей изменения климата ввиду сложной структуры изменений и разнообразия географических и климатических зон подбассейнов р. Зеравшан.

Ключевые слова: годовой сток, водность рек, прогноз речного стока, гидрологический режим, изменение климата, зона формирования стока, сезонное распределение стока

ANALYSIS OF THE CHANGES IN THE CLIMATIC FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION AND FORECASTING OF THE ZERAVSHAN RIVER FLOW

²Rakhmatilloev R., Doctor of Agricultural Sciences

¹Domullodzhanov D. K., Candidate of Technical Science

¹Olimov K. Z.

²Rakhmatilloev F. M.

¹State Enterprise “TajikNIIGiM” under the Ministry of Energy and Water Resources, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Abstract. *The article presents the results of conducted research and analysis of climatic data for 6 meteorological stations, which are located at different altitudes and spread over the area of the Zeravshan River basin. As a result of the analysis of average annual precipitation for the period from 1938 to 2020, it is revealed that the average annual precipitation annually increases by 0.51-2.78 mm in the valley area, and by 0.93-1.78 mm in the upper part of the river basin. Also, there is a steady increase in air temperature by 0.25-1.40°C on average throughout the river basin. The changes in the seasonal distribution of the flow of the Zeravshan River for the last 50 years on the hydrological posts which are located at the source and mouth of the river are revealed. These changes are explained by the increase of air temperature on all territory of the basin that promotes earlier melting of glaciers, and snowdrifts, an increase in water discharge in the autumn - spring period up to 75 % and a decrease in the maximum drain in summer period by 17 %. Estimates of the forecast of the annual flow of major tributaries to the Tajik part of the Zeravshan River in the future show that the average annual flow of the Fondarya River, which makes 1797.24 million m³, by 2050 is projected to decrease the annual flow by 25%. However, there is an increase in the average annual flow of the Mastchoh River by 2050. Matcha by 2050 by 59.3% and for the flow of the Tajik part of the Zeravshan River by 45.4%. The obtained data have significant discrepancies with the data of climate change models due to the complex structure of changes and diversity of geographical and climatic zones of the Zeravshan River sub-basins.*

Keywords: *annual flow, river water availability, river flow forecast, hydrological regime, climate change, flow formation zone, seasonal flow distribution*

Введение. Цель наших исследований - проведение оценки влияния изменения климата на основные многолетние показатели климата, в том числе температуру воздуха и атмосферные осадки по данным метеостанций, расположенных по таджикской части бассейна реки Зеравшан. Оценить изменения температуры воздуха и количество осадков, а также его влияние на формирование стока реки Зеравшан и его основных притоков.

Эти исследования нужны для стратегических документов различных отраслей экономики, в том числе для отраслей, связанных с водным хозяйством Республики Таджикистан и Республики Узбекистан.

В соответствии с данными Третьего национального сообщения Таджикистана к РКИК ООН, для прогноза влияния изменения климата по территории Республики Таджикистан были использованы три климатических модели, которые рассматривали влияние изменений по трём сценариям выбросов парниковых газов. В результате использования климатических моделей для прогноза изменения температуры воздуха к 2100 году ожидается увеличение максимальной и минимальной температуры на 3,6-3,9°C. Из-за чего, увеличится риск появления засух, ожидается увеличение суммарного испарения, более раннего снеготаяния и половодья. Большая изменчивость в выпадении осадков, которая может привести к ускоренному таянию ледников, проявлению более частых наводнений, прохождению селевых потоков и увеличению, как частоты, так и масштабов экстремальных погодных явлений, вызванных климатом [10].

По данным Домуллоджанова Д.Х., за период 1936–2018 гг. по четырем метеорологическим станциям, расположенным в бассейне реки Кызылсу (одного из притоков р. Пяндж) в среднем температура воздуха повысилась от $3,0^{\circ}\text{C}$ до $2,1^{\circ}\text{C}$ или от $0,04^{\circ}\text{C}$ – $0,03^{\circ}\text{C}$ ежегодно [4].

В работах Курбонова Н.М. и Фрумина Г.Т., за период 1961–2017 гг. по шести метеостанциям (Пенджекент, Сангистон, Искандаркуль, Мадрушкат, Дехауз, Анзоб), расположенным в Таджикской части бассейна реки Зеравшан, также отмечается постоянное повышение температуры воздуха выше нормы по всем шести метеостанциям и наблюдается увеличение атмосферных осадков по четырём метеостанциям, кроме Искандаркуль и Анзоб [5, 6].

По прогнозам Первого и Второго Национальных Сообщений РККООН, анализируя данные за 1961–1990 годы, в Таджикской части бассейна реки Зеравшан ожидается возможное повышение температуры воздуха к 2030 году на $0,2$ – $0,4^{\circ}\text{C}$ и к 2050 году на $1,8$ – $2,9^{\circ}\text{C}$. На Узбекской части бассейна к 2030 году на $1,1$ – $1,2^{\circ}\text{C}$ и к 2050 году на $1,9$ – $2,3^{\circ}\text{C}$. Также ожидается увеличение осадков и стока реки до 2050 года на Таджикской части до 95–126% и 90–93%, а Узбекской части 116–118% и 84% соответственно [3, 8, 10].

Материалы и методы. В качестве объекта исследований выбрана верховье бассейна р. Зеравшан. Из общей протяженности реки только 36% находится на территории Республики Таджикистан – в зоне формирования стока [9]. Для подготовки прогноза гидрологического режима реки Зеравшан были использованы климатические данные, полученные на 6 метеорологических станциях за последние 91 год, и среднемесячные данные стока основных притоков р. Зеравшан. Был проведен анализ климатических характеристик и в результате проведения исследования среднемесячных данных стока основных притоков р. Зеравшан и их сезонного распределения подготовлен прогноз гидрологического режима реки Зеравшан до 2050 г.

Результаты и обсуждение. Анализ данных среднегодовой температуры воздуха за 1930–2020 гг. по метеорологическим станциям (Панджакент, Сангистон, Мадрушкат, Искандаркул, Дехавз и Оббурдон), расположенным в бассейне р. Зеравшан, показывают, что за период продолжительностью 91 год температура воздуха по всему бассейну реки в среднем повысилась на $0,25$ – $1,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, среднегодовая температура воздуха в зоне формирования стока бассейна реки на станциях Оббурдон (2726 м абс.) и Дехавз (2564 м абс.) в среднем за каждые 10 лет повышалась на $0,07$ – $0,08^{\circ}\text{C}$. Ниже на станциях Искандаркул (2204 м абс.) и Мадрушкат (2254 м абс.) в среднем за каждые 10 лет повышалась на $0,11$ – $0,13^{\circ}\text{C}$. В низовьях, температура воздуха на станции Пенджекент (1015 м абс.) в среднем за каждые 10 лет повышалась на $0,15^{\circ}\text{C}$. Здесь наблюдается влияние высоты, рельефа, переход горных ущелий в широкую долину. В бассейне р. Зеравшан есть свои особенности влияния изменения климата, это видно из данных метеостанции Сангистон (1521 м абс.), где температура воздуха в среднем за каждые 10 лет повышалась на $0,09^{\circ}\text{C}$. Этот

показатель на 67% меньше чем на станции Пенджекент (1015 м абс.) и на 44% меньше чем на станции Мадрушкат (2254 м абс.).

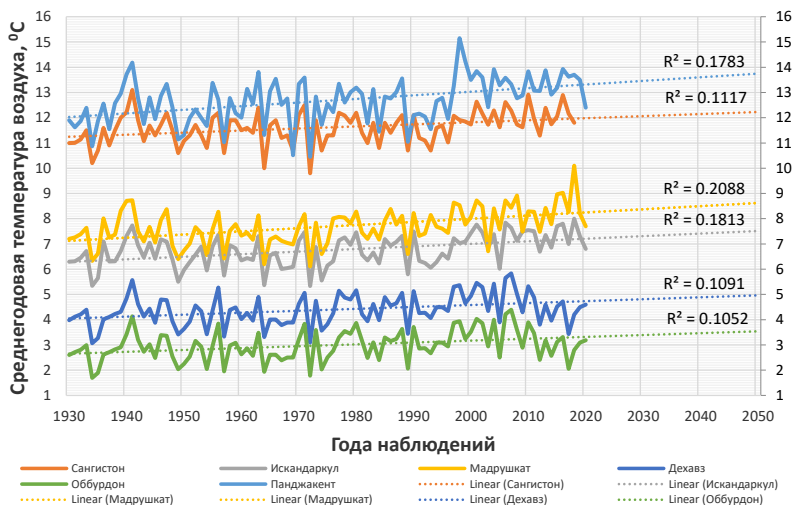


Рисунок 1 - Среднегодовая температура за 1930-2020 гг. по метеорологическим станциям Дехавз, Искандаркул, Мадрушкат, Оббурдон, Паджакент и Сангистон и прогноз до 2050 г.

Похожие результаты отмечены в работах Н.Б. Курбонова, Г.Т. Фрумина [5], которые проводили анализ за 60 летний период (1961-2017 гг.). Отличие наших исследований заключается в продолжительности периода наблюдений 90 лет (1931-2020 гг.). Но общие закономерности выявленных нами элементов изменения климата сохраняются, а численные значения сравнительно более точны. Также используя эти закономерности, мы дали прогноз на период до 2050 года.

Повышение температура воздуха в зоне формирования стока реки, влияет на таяние ледников, что приводит к изменению водного режима основных притоков реки Зеравшан. Также увеличатся риски проявлений более частых засух, которые связаны с увеличением суммарного испарения во время вегетации и более раннего таяния снегов. Результаты наших исследования сходятся с прогнозами исследований, проведенных с использованием трёх климатических моделей, приведённых в Третьем национальном сообщении Таджикистана по РККИ ООН.

В следствии анализа и обработки данных метеорологических станций, находящихся на территории бассейна реки Зеравшан, самым засушливым десятилетием был период с 1970 по 1980 годы, а для высокогорных территорий (выше отметки 2500 м) отмечается период двух десятилетий 1940-1960 годы. Объем годовых осадков за последние два десятилетия 2000-2020 годы был выше

нормы в долининной и горной части бассейна, а в высокогорьях в период с 1990 по 2010 годы. Полученные данные имеют значительные расхождения с данными моделей изменения климата ввиду сложной структуры изменений и разнообразия географических и климатических зон подбассейнов р. Зеравшан.

Для оценки прогноза годового стока Таджикской части р. Зеравшан и его основных притоков на будущее очень важным является установить динамику изменения стока рек за многолетний период наблюдений. На рисунке 2 приведены графики изменения годового стока р. Зеравшан и основных притоков включая р. Матча, р. Ягноб, р. Искандардаря, р. Пасруд, р. Фондарья, р. Киштут, р. Магияндарья и Таджикской части р. Зерафшан за 1960–2020 гг., а также приведён прогноз изменений годового стока основных притоков р. Зеравшан до 2050 г.

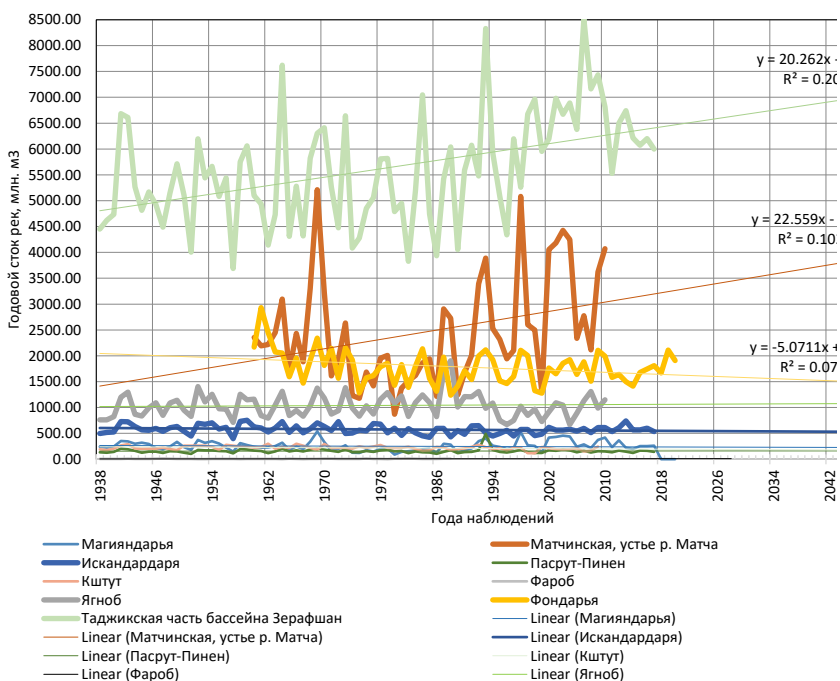


Рисунок 2 - Годовой сток основных притоков бассейна р. Зеравшан за период с 1938 по 2020 гг. и прогноз стока до 2050 года

Как видно из рисунка 2 средний годовой сток р. Фондарья составляет 1797,24 млн. м³, а к 2050 году прогнозируется снижение годового расхода р. Фондарья до 1480 млн. м³. Однако, отмечается существенное увеличение (59,3%) среднего годового расхода р. Матча, который составлял к началу 1960 годов 2474,44 млн. м³, а к 2050 году ожидается увеличение до 3942 млн. м³.

Идентичная ситуация наблюдается по стоку Таджикской части р. Зеравшан (5689,95 млн. м³), к 2050 году ожидается рост (24,4%) стока реки до 7080 млн. м³. Прогноз увеличения годового стока рек объясняется интенсивностью таяния ледников, подпитывающих основные притоки реки. По другим более мелким притокам реки Зеравшан наблюдаются незначительные изменения в сторону их снижения или увеличения не ожидаются. На наш взгляд увеличение стока под влиянием повышения температуры воздуха связано с увеличением таяния ледников и снежников.

По данным Абророва Х, с 1880 г. ледник Зеравшан, который является одним из основных источников воды одноименной реки, уменьшился более чем на 2 км в длину и по площади на 1,5 км², таяние ледника происходит не равномерно и ежегодно составляет 8-65 м. По прогнозам Агентства по гидрометеорологии КООС к 2050 году, ожидается таяние ледника и уменьшение его длины на 4-5 км, объёма на 30-35% и площади на 25-30 км² [1, 2].

Увеличение температуры воздуха в бассейнах рек Таджикистана, также повлияет на сокращение объёма и количества снежников и ледников. Через 30-40 лет прогнозируется полное исчезновение малых ледников, что негативно повлияет на доступность пресной воды в трансграничных бассейнах рек Зеравшан, Пяндж и Вахш, что увеличит напряжённость управления водными ресурсами [7].

Изменение климата, вероятно, отрицательно скажется на Таджикистане из-за высокой зависимости страны от чувствительных к климату секторов (энергетика, сельское хозяйство, управление водными ресурсами), что делает её чрезвычайно уязвимой в дополнение к её относительно низкой способности к адаптации. Всемирный банк в 2010 году определил Таджикистан как наиболее уязвимую страну для изменения климата в Центральной Азии, а в глобальном индексе адаптации Университета Нотр-Дам за 2019 год он занял 73 место из 182 стран. Ожидается, что вызванные климатом потери будут увеличиваться с повышением уровня температуры и осадков [11]. Ожидается, что повышение температуры может отрицательно сказаться на состоянии водных ресурсов, сельского хозяйства и других секторов народного хозяйства.

Наиболее восприимчивыми секторами, которые были определены в Национальной стратегии адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года, являются энергетика, водные ресурсы, орошаемое земледелие, сельское хозяйство и др. Для адаптации к изменению климата водного сектора необходимо внедрить межотраслевое планирование по рациональному использованию водных ресурсов. Также влияние изменение климата приведёт к снижению сельскохозяйственного производства и повысит риски стихийных бедствий, таких как наводнения, засуха, изменения в осадках, экстремальное выпадение осадков и более частые экстремальные температуры [3, 8, 10].

Нами был проведён анализ данных среднегодового стока 12 гидрологических постов бассейна реки Зеравшан по десятилетиям за период с 1960 по 2010 год, и на базе закономерностей изменения стока подготовлен прогноз до 2050 года,

который показал, что по периодам года суммы стока рек с апреля по сентябрь и с октября по март месяцы разные. Годовой сток реки в 2,9 раза больше в летний период, что объясняется таянием ледников и снежников (рис. 3 и 4).

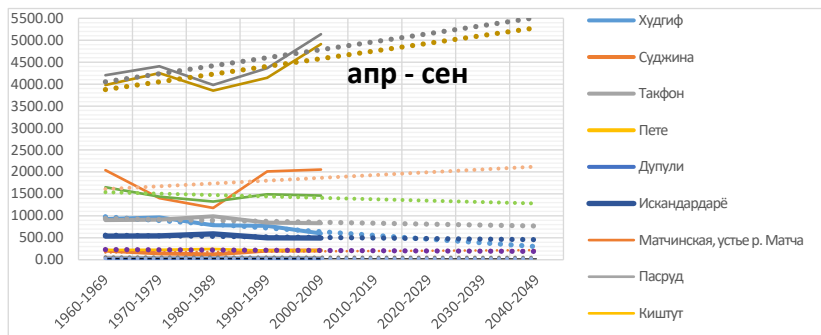


Рисунок 3 - Среднемноголетний сток рек по сезонам года с апреля по сентябрь месяцы с 1960 по 2010 гг.

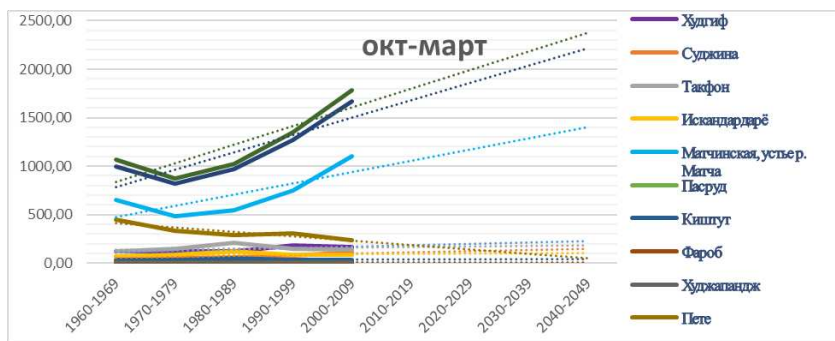


Рисунок 4 - Среднемноголетний сток рек по сезонам года с октября по март месяцы с 1960 по 2010 гг.

Как видно из рисунков 3 и 4, годовой сток Таджикской части реки Зеравшан составил 5689,95 млн. м³ год, из них в зимний период (с октября по март месяцы) за 10 лет с 2000 по 2009 года в среднем составил 1468,01 млн. м³ год – 25,8%, а в летний период (с апреля по сентябрь) в среднем составил 4221,94 млн. м³ год – 74,2%. Анализируя данные за 50 лет, прогнозируется увеличение стока реки к 2050 году до 7080 млн м³ год, из них, в зимний и летний периоды, что составляет 2080 млн. м³ год – около 30% и 5000 млн. м³ год – 70%. Таким образом, возможное увеличение стока реки в зимний период ожидается на 17,6%, а сток летнего периода – на 7,5 %. Это объясняется более ранним таянием снежников и

ледников, интенсивными осадками, сосредоточенными в осенне-весенний сезон и значительным уменьшением количества и объёма ледников к 2050 году.

Анализируя внутригодовое распределение стока по 10 гидропостам притоков р. Зеравшан, их можно объединить в 3 группы:

1) Первая группа - отличающиеся ранним началом паводка. К этой группе относится р. Ёри и небольшие правые притоки р. Зеравшан, где расход реки увеличивается с февраля по апрель месяцы и уменьшается в июне до стабильного значения 2-4 м³/с.

2) Вторая группа рек - это рр. Сарытаг, Суджина, Пиниён и Дупули расход которых увеличивается с апреля по июнь месяц и постепенно уменьшается к декабрю.

3) Третья группа рек - это рр. Дехавз, Худгив, где паводки начинаются в конце июля - начале августа. Это связано с расположением их на более высоких отметках местности ближе к ледникам, где повышение температуры воздуха происходит в июле – августе месяцах (рис. 5).

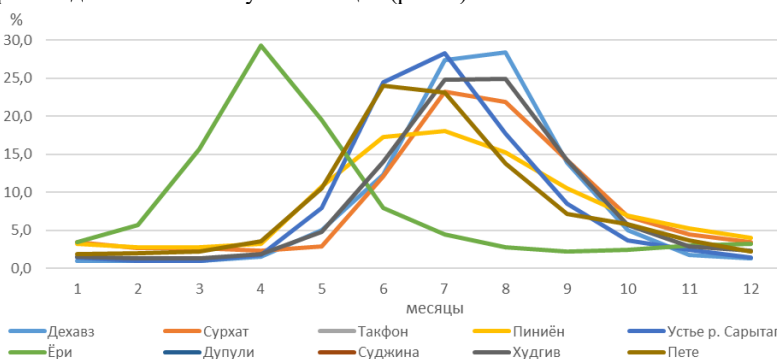


Рисунок 5 - Годовое распределение среднемесячных расходов по гидропостам бассейна реки Зеравшан

Как видно из рисунка 5, основными источниками питания рек являются дожди, снег и ледники, которые тают в летний период (июль - август).

Выводы

1. По данным метеорологических станций Пенджекент (1015 м абс.), Сангистон (1521 м абс.), Искандаркуль (2204 м абс.), Мадрушкат (2236 м абс.), Оббурдон (2726 м абс.) и Дехавз (2561 м абс.) с 1938 по 2020 гг. наблюдается повышение количества среднегодовых осадков. В среднем количество осадков ежегодно увеличивается в части долины на 0,51–2,78 мм, а в верховьях бассейна реки на 0,93–1,78 мм. Анализ данных среднегодовой температуры воздуха за 1930–2020 гг. по этим пяти метеорологическим станциям, показывают, что за 91 год температура воздуха по всему бассейну реки в среднем повысилась на 0,25-1,4⁰С.

2. В результате анализа данных распределения стока реки Зеравшан по месяцам за последние 50 лет (1960–2009 гг.) на гидрологических постах Худгиф и Дупули, которые расположены у истока и устья реки, выявлены изменения в сезонном распределении стока. Эти изменения объясняются увеличением температуры воздуха по всей территории бассейна, что способствует более раннему таянию ледников, снежников, увеличению расхода воды в осенне-весенний период на 30-75% и уменьшению максимального стока в летний период на 17%. Эти изменения в распределении стока рек в зоне формирования р. Зеравшан могут значительно повлиять на водообеспечение орошаемых земель зоны распределения. Полученные данные имеют значительные расхождения с данными моделей изменения климата ввиду сложной структуры изменений и разнообразия географических и климатических зон подбассейнов р. Зеравшан.

3. Анализ динамики изменения стока за 1960–2010 гг. и оценки прогноза годового стока Таджикской части р. Зеравшан и его основных притоков на будущее показывает, что средний годовой сток р. Фондаря составлял 1797,24 млн. м³, а к 2050 году прогнозируется снижение годового расхода р. Фондаря до 1349 млн. м³. Отмечается увеличение среднего годового расхода р. Матча на 59,3%, который к началу 1960 годов составлял 2474,44 млн. м³, а к 2050 году ожидается увеличение до 3942 млн. м³. Идентичная ситуация наблюдается по стоку Таджикской части р. Зеравшан (5689,95 млн. м³), к 2050 году ожидается рост (45,4%) стока реки до 8275 млн. м³.

Список использованных источников

1. Абборов Х. Географо-гидрологические особенности формирования, использования и охраны водных ресурсов горного Зеравшана Таджикистана: дисс. ... к.г.н. по специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия. – Душанбе. – 2019. – 191 с.
2. Абборов Х. Иктидори иктисодии захираҳои оби водии Зарафшон. (Экономический потенциал водных ресурсов Зеравшанской долины). – Душанбе: Из-во Деваштич, 2005 г. – 190 с.
3. Второе Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. - Душанбе, 2008. - 93 с., с ил https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Tajikistan%20SNC_rus.pdf.
4. Домуллоджанов Д.Х. Технология капельного орошения молодого миндального сада и картофеля в условиях предгорных ландшафтов бассейна реки Кызылсу южная: дисс. ... к.т.н.: 06.01.02 / Д.Х. Домуллоджанов. – Москва: ВНИИГиМ, 2021. – 206 с.
5. Курбонов, Н.Б. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зеравшан. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов бассейна реки Зерафшан. [Текст] / Н.Б. Курбонов, Г.Т. Фрумин. – Lambert Academic Publishing, 2021. – 145 с.
6. Курбонов Н.Б. Динамика изменения метеорологических условий и их влияние на водные ресурсы бассейна реки Зерафшан: дисс. ... к.т.н. по специальности 25.00.27 - Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия / Н.Б. Курбонов. – Душанбе, 2019. – 156 с.
7. Национальная стратегия адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года. Утверждён постановлением Правительства РТ от 2 октября 2019 года № 482.

8. Первое Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. - Душанбе, 2002. -137 с., с ил. http://www.meteo.tj/files/doc/FNC_rus.pdf.
9. Тахиров, И.Г. Водные ресурсы Республики Таджикистан. Ч. I [Текст] / И.Г. Тахиров, Г.Д. Купайи; НПИ Центр. – Душанбе, 1994. – 212 с.
10. Третье Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата [Раздел книги]. - Душанбе: Государственное учреждение по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана, 2014 г. – 167 с. // [Электронный ресурс]. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/tjknc3.pdf>.
11. University of Notre Dame (2020). Notre Dame Global Adaptation Initiative. URL: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>.

References

1. Abror H. Geographical and hydrological features of the formation, use and protection of water resources of the mountainous Zerafshan of Tajikistan: dissertation ... PhD in specialty 25.00.27 – Land hydrology, water resources and hydrochemistry. – Dushanbe. – 2019. – 191 p.
2. Abror H. Iktidori iktisodii zahirahoi obi vodii Zarafshon. (The economic potential of the water resources of the Zerafshan Valley). Dushanbe: Devashtich Publishing House, 2005 – 190 p.
3. The Second National Communication of the Republic of Tajikistan on the UN Framework Convention on Climate Change. - Dushanbe, 2008. - 93 p., with il https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Tajikistan%20SNC_rus.pdf.
4. Domullodzhanov D.H. Technology of drip irrigation of young almond orchard and potatoes in the conditions of foothill landscapes of the Kyzylsu Yuzhnaya river basin: dissertation ... Candidate of technical sciences: 06.01.02 / D.H. Domullodzhanov. – Moscow: VNIIGiM, 2021. – 206 p.
5. Kurbonov, N.B. Formation of the composition of the water resources of the Zerafshan river basin. The influence of climate change on the conditions of formation and chemical composition of the water resources of the Zerafshan River basin. [Text] / N.B. Kurbonov, G.T. Frumin. – Lambert Academic Publishing, 2021. – 145 p.
6. Kurbonov N.B. Dynamics of changes in meteorological conditions and their impact on the water resources of the Zerafshan River basin: dissertation ... PhD in specialty 25.00.27 - Land hydrology, water resources, hydrochemistry / N.B. Kurbonov. – Dushanbe, 2019. – 156 p.
7. The National Strategy of Adaptation to Climate Change of the Republic of Tajikistan for the period up to 2030. Approved by the Decree of the Government of the Republic of Tatarstan dated October 2, 2019 No. 482.
8. The first National Communication of the Republic of Tajikistan on the UN Framework Convention on Climate Change. - Dushanbe, 2002. -137 p., with ill. http://www.meteo.tj/files/doc/FNC_rus.pdf.
9. Tahirov, I.G. Water resources of the Republic of Tajikistan. Part I [Text] / I.G. Tahirov, G.D. Kupayyi; NPI Center. – Dushanbe, 1994. – 212 p.
10. The Third National Communication of the Republic of Tajikistan on the UN Framework Convention on Climate Change [Book section]. - Dushanbe: State Institution for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, 2014 – 167 p. // [Electronic resource]. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/tjknc3.pdf>.
11. University of Notre Dame (2020). Notre Dame Global Adaptation Initiative. URL: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>.