

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационное исследование Курбона Номвара Бойназара на тему «Развитие теоретико-методологических основ исследования водных ресурсов горно-предгорной зоны в условиях изменения климата», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.37. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)

Степень изученности научной темы работы. Процесс глобального потепления или тенденция повышения температуры на планете, которая является неотъемлемой частью изменения климата, идентифицируется и оценивается по всему земному шару, в соответствии с данными оценочных отчетов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Согласно Пятому оценочному докладу, с 1850 года в десятилетнем масштабе температура воздуха в каждом десятилетии была выше, чем в любое предшествующее десятилетие. В данном отчёте одной из основных причин глобального потепления считается антропогенное воздействие и показано, что в период с 1880 по 2012 год средняя глобальная температура поверхности повысилась примерно на $0,9^{\circ}\text{C}$. Также в отчёте отмечается, что вероятность дальнейшего повышения температуры на протяжении XXI века на основе климатических моделей составляет $0,3-1,7^{\circ}\text{C}$ для сценария минимальных выбросов парниковых газов и $2,6-4,8^{\circ}\text{C}$ – для сценария максимальных выбросов.

С целью реализации положений международных экологических конвенциях, в том числе Рамочная конвенция ООН об изменении климата в Республике Таджикистан (РТ) проделаны реальные действия по выполнению своих обязательств, по координации международных соглашений, связанных с изменением климата, защитой озонового слоя и другими экологическими проблемами, включая координацию развития национального кадастра выбросов CO_2 , оценку уязвимости и адаптации к изменению климата, координацию деятельности по изучению и разработке планов действий по изменению климата, разработки и утверждения других нормативных актов и правовых документов. В целях выполнения своих обязательств по вышеназванной конвенции Республика Таджикистан, единственная страна в Центральной Азии подготовила четыре национальных сообщения об изменении климата: первое (2002), второе (2008), третье (2014) и четвертое национальные сообщения (2022).

Также автор сделал большой акцент на изучение изменения климата на стыке нескольких отдельных наук по исследованию известных авторов из Таджикистана, таких как: Абдуллаев С.Ф., Аброров Х.А., Асоев Х.М., Давлатшоев С.К., Кабутов К., Каюмов А.К., Мадвалиев У., Мирзохонова С.О., Муртазаев У.И., Мухаббатов Х.М., Норматов И.Ш., Петров Г.Н., Пильгуй Ю.Н., Пулатов Я.Э., Саидов И.И., Усмонов И.М., Фазылов А.Р., Финаев А.Ф., Хакимов Ф.Х., Шаймурадов Ф.И. и др. А также в своей работе

автор использовал новейшие работы зарубежных авторов – Armstrong R.L., Bhattacharya A., Bhattarai B.Ch., Brun F., Bruno M., Buelow M.C., Didovets I., Evangelos P., Hammer C., Holben B.N., Huggel C., Kyle S.V., Lenton T.M., Liniger H., Mokhov I.I., Pörtner H.O., Semenov S.M., Thurman M., Traufetter F., Wang X., Баденков Ю.П., Борзенкова И.И., Вендров С.Л., Жолдошева Э., Ибатуллин С.Р., Касимов Н.С., Коновалов В.Г., Поздняков М.В., Фрумин Г.Т., Чуб В.Е. и др.

Актуальность темы исследования. Изменения в наличии водных ресурсов и качестве воды, наблюдаемые во времени и пространстве, особенно в контексте изменчивости и изменения климата и растущих потребностей в воде, предполагают необходимость адаптивного управления водными ресурсами. Необходимым условием для такого подхода является наличие подробных знаний о доступности и пригодности к использованию водных ресурсов во времени и пространстве. Здесь подразумевается знание о физических системах и процессах, определяющих их поведение, а также наличие гидрологических данных в реальном времени (осадки, температура, расход воды в реке и уровни грунтовых вод) и данных об использовании воды и об экологических стоках. Располагая такой информацией, можно выполнить расчеты по модели водного баланса и получить данные о наличии воды для различных целей. Цели зависят от предоставления экосистемных услуг.

В целом, диссертация Курбона Н.Б. на тему «Развитие теоретико-методологических основ исследования водных ресурсов горно-предгорной зоны в условиях изменения климата» комплексное охватывает проблемы изменения климата, адаптации к глобальному изменению климата, потому что этот подход требует внедрения бассейновых и эколого-географических подходов, которые учитывают таяние ледников, антропогенную нагрузку и перераспределение стока в условиях аридных территорий, на примере бассейна реки Зерафшан (БРЗ) в Таджикистане.

Соответствие темы работы паспорту специальности. Диссертация Н.Б. Курбона соответствует следующим положениям паспорта научной специальности: **1.** Теоретические и методологические основы гидрологии, гидрографии, речного стока, лимнологии, русловых и устьевых процессов, гидрохимии, гидроэкологии; **2.** Закономерности глобального водообмена, формирования, движения и трансформации вещественных и энергетических компонентов водных потоков на планетарном уровне, другие аспекты глобальной гидрологии; **8.** Гидрохимическое состояние водных объектов суши в различных природных условиях, влияние хозяйственной деятельности на химическое загрязнение рек, прудов, озер и водохранилищ, формирование и изменение качества воды; **10.** Разработка научных основ обеспечения гидроэкологической безопасности территорий и хозяйственных объектов, экономически эффективного и экологически безопасного водопользования и водопотребления, планирования хозяйственной деятельности в областях повышенного риска опасных гидрологических

процессов, защиты водных объектов от истощения, загрязнения, деградации, оптимальных условий существования водных и наземных экосистем.

Научная новизна диссертационных исследований заключается в следующем: *1)* впервые изучено влияние синоптико-климатических центров воздействия атмосферы на изменение метеоусловий в горных и предгорных районах; изучена современная законодательная база (законы, нормативно-правовые акты) и её эффективность в области гидрологических циклов и защиты социально-экономических секторов от проявления климатических изменений в Таджикистане; *2)* впервые на примере БРЗ изучены изменения метеоусловий характерные для горных и предгорных районов Таджикистана, за два тридцатилетних периода – 1961-1990 и 1991-2020 гг.; *3)* исследованы гидрологические характеристики водных артерий горных и предгорных бассейнов в условиях изменения климата, с выявлением корреляционной связи изменения метеоусловий и динамики водных ресурсов; *4)* развиты теоретико-методологические основы и технологии исследования геоэкологического состояния водных объектов, с выявлением их фактического соответствия международным стандартам; *5)* исследованы климатически обусловленные природные ресурсы – основные источники возобновляемой энергии, с выявлением ключевых факторов смягчения последствий изменения климата в горных и предгорных регионах; разработана концептуальная модель оптимального управления водно-энергетической системой в условиях изменения климата, с учётом выявленных особенностей влияния водохранилищ горно-предгорной зоны на изменение метеоусловий прилегающих территорий; *6)* впервые изучены эколого-географические последствия и экономический ущерб стихийными гидрометеорологическими явлениями (СГЯ), опасными гидрометеорологическими явлениями (ОЯ), с установлением их связи с экстремальными гидрометеорологическими факторами в горных и предгорных районах.

Соискателем на защиту вынесены следующие **научные положения**: *I)* результаты исследований влияния синоптико-климатических центров воздействия атмосферы на изменение метеоусловий в горных и предгорных районах; результаты изучения современной законодательной базы (законы, нормативно-правовые акты) и её эффективность в области гидрологических циклов и защиты социально-экономических секторов от проявления климатических изменений в Таджикистане; *II)* результаты исследований гидрологических характеристик водных артерий горных бассейнов в условиях изменения климата и результаты корреляционной взаимности изменения метеоусловий и динамики гидроресурсов; *III)* результаты изучения изменения метеоусловий в горных и предгорных районах Таджикистана, на примере БРЗ, за два тридцатилетних периода – 1961-1990 и 1991-2020 гг.; *IV)* результаты исследований геоэкологического состояния водных объектов в условиях изменения климата, связанных с воздействиями антропогенных нагрузок промышленных объектов; *V)* результаты исследований климатически обусловленных природных ресурсов – основных источников возобновляемой энергии, с выявлением ключевых факторов

смягчения последствий изменения климата в горных и предгорных регионах; представлена концептуальная модель оптимального управления водно-энергетической системой в условиях изменения климата, с учётом выявленных особенностей влияния водохранилищ горно-предгорной зоны на изменение метеоусловий прилегающих территорий; **VI)** результаты исследований эколого-географических последствий и экономического ущерба СГЯ, ОЯ с установлением их связи с экстремальными гидрометеорологическими факторами в горных и предгорных районах.

Теоретическая и научно-практическая значимость диссертации заключается в решении задач, связанных с проблемами в области выявления влияния изменения климата на формирование водных ресурсов и социально-экологические ситуации в горных и предгорных районах Таджикистана.

Практическая значимость данной диссертации, что заключается в: **1)** разработке модели циркуляции атмосферы и сценария распространения воздушных масс по горным и предгорным территориям; **2)** установлении механизмов влияния горной орографии на изменения гидрометеорологических условий; **3)** мониторинге качества вод с выявлением локальных и стационарных источников загрязнения; **4)** планировании развития энергетического сектора с учётом метеорологических и гидрологических параметров в условиях глобального потепления; **5)** разработке инженерно-экономических рекомендаций снижения стихийных бедствий, связанных с климатом и водой; **6)** разработке мер адаптации снижения стихийных бедствий, связанных с климатом и водой.

Социально-экономическая значимость диссертационной работы включает следующие пункты: **1)** сокращение материально-экономического ущерба, связаны с сокращением или прогноза опасных явлений и стихийных гидрометеорологических явлений, а также воздействие горной орографии на ход и тенденцию метеоусловий; **2)** полученные результаты анализа стихийных бедствий, связанных с климатическим изменением, показывают, что необходимо наладить тесное сотрудничество между соответствующими министерствами и ведомствами Таджикистана и исполнительными органами государственной власти и местного самоуправления горных городов и районов в области обмена информацией.

Публикация результатов исследования по теме диссертации. Автором опубликованы 70 работ по теме диссертационной исследования, в том числе 32 – в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан и ВАК Российской Федерации, 4 малых патентах Республики Таджикистан и в 4 монографиях. Наряду с этим, результаты диссертации апробированы на международных и республиканских научных и научно-практических конференциях (2014-2025 гг.). А также, следует отметить, что более 60 научных работ автора доступны в научных базах цитирования ORCID, ИСТИНА, ResearchGate и Google Scholar.

Соответствие диссертации требованиям Комиссия. Оформление диссертации и автореферата соискателя Курбона Н.Б. соответствует

требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан.

Объем и структура диссертации. Диссертационные исследования Н.Б. Курбона изложены на 333 страниц компьютерного текста, из них 281 страница основного текста, и состоит из введения, 5 основных глав, выводов, представленных рекомендаций, а также в работе имеется вложение. Диссертация содержит иллюстрированную информацию в виде 97 рисунков и 58 таблиц. Использованный автором список литературы в работе представлено 307 наименования, в том числе из них 94 на иностранном языке.

Во введении диссертации (с.7-19) обосновывается актуальность темы исследования, оценивается уровень освоения научной проблемы, объект и предмет исследования, его цель и задачи, теоретические и методологические основы, научные новизна, определяются теоретическая и практическая значимость.

В первой главе диссертационного исследования (с. 20-75) приведены результаты анализа региональных особенностей изменения климата в период глобального потепления (§ 1.1): высотной динамики изменчивости основных климатических условий, пространственно-сезонных особенностей изменений климата в современную эпоху, оценки состояния и прогнозирование климатических изменений с использованием различных моделей; загрязнения атмосферы и климатических изменений (§ 1.2) – воздействия естественно-антропогенных факторов, выбросов парниковых газов и меры по смягчению изменения климата, исследования вариаций концентрации взвешенных веществ в атмосфере, в условиях аридной и высокогорных территорий.

По мнению автора диссертации, на территорию Таджикистана, величина тренда среднегодовой температуры за каждое десятилетия за 1931-2020 гг., для долины и равнины (до 1000 м) составляет $0,19^{\circ}\text{C}$, для районов перехода от долины к высокогорью (до 2000 м) – $0,11^{\circ}\text{C}$, для горных районов (от 2000 до 3000 м) – $0,11^{\circ}\text{C}$ и для высокогорных районов (выше 3000 м) – $0,07^{\circ}\text{C}$. А также, 2001 г. был чрезвычайно жарким, с увеличением на $1,0-1,6^{\circ}\text{C}$, а 2004-2010 гг. характерны приближением к этому показателю в долинах и горных районах, а в долинах и на равнинах увеличилось количество дней с температурой выше 40°C . Подтверждено, что температура имеет тенденцию к повышению, со среднегодовым повышением на $0,02^{\circ}\text{C}$ в долинах и $0,01^{\circ}\text{C}$ в районах выше 1000 м. В отличие от температуры, атмосферные осадки, которые являются одним из важнейших метеоэлементов, а результаты показывают, что за 1940-2020 гг. в масштабах Таджикистана годовое количество осадков на высоте до 1000 м имеет тенденцию к уменьшению, величина его уменьшения равна $R^2 = 0,002$, на высотах от 1000 до 2000 оно увеличивается и его величина роста достигает $R^2 = 0,031$, а в высокогорных районах выше 2500 м оно остается неизменным и значение достоверности его аппроксимации равно $R^2 = 6\text{E}-06$, т.е. их количество в долинах и предгорьях уменьшилось на 1-22% и в высокогорьях увеличилось на 12-36%.

Согласно модельным расчётам автора, температура в Шахритусе имеет тенденцию к повышению с 2020 по 2050 год, а значения этого роста следующими: $R^2 = 0,131$ (HadCM2), $R^2 = 0,199$ (UK-TR), $R^2 = 0,298$ (CCC-EQ) и $R^2 = 0,142$ (GFDL-TR). Полученные результаты показывают, что значения среднегодового тренда температуры за эти годы в Худжанде составляют $R^2 = 0,036$, $R^2 = 0,282$, $R^2 = 0,035$ и $R^2 = 0,082$ соответственно. А также, автор написал, что хотя модель CCC-EQ показывает наибольшее значение тренда повышения температуры для всех выбранных метеостанций, а наоборот, в Хороге она определяет тренд к снижению температуры, значение которого равно $R^2 = 0,452$. По расчётам, температура в основной зоне оледенения БРЗ в период 2020-2050 гг. имеет тенденцию к росту, а рассчитанные значения тренда, следующие: $R^2 = 0,367$ (HadCM2), $R^2 = 0,425$ (UK-TR), $R^2 = 0,431$ (CCC-EQ) и $R^2 = 0,368$ (GFDL-TR).

На основе полученных результатов исследований выброса парниковых газов и концентрации взвешенных веществ в условиях Таджикистана, автор доказал, что значение NO_2 начинается в 5 часов и достигает максимального значения до 10 часов, а затем постепенно снижается в течение дня. В течение дня концентрация пыли очень высока, что свидетельствует об относительно высоком загрязнении воздуха аэрозолями. Среднесуточные концентрации частиц размером 10 мкр. (PM-10) и SO_2 имеют определенную динамику и свидетельствуют о их глубокой антропогенной природе. Таким образом, наблюдения за атмосферным состоянием Душанбе проводились в 2018 году в 1 стационарной станции по концентрации веществ: CO, NO, NO_2 , SO_2 , $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ и взвешенных веществ (TSP) (частицы диаметром 10 и 2,5). В Худжанде проводились наблюдения за 4 загрязнителями атмосферы: NO_2 , SO_2 , $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ и TSP (пыль). В Бохтапе наблюдения проводились по 3 загрязнителям атмосферы: NO_2 , SO_2 и $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$.

Во второй главе диссертации (с. 76-109) освещены воздействия изменения климата на социально-экономическое развитие горно-предгорных районов (§ 2.1), анализ нормативно-правовой базы Таджикистана в области защиты социально-экономических секторов от проявлений климатических изменений (§ 2.2), а также реализация межгосударственных соглашений и международных правовых актов, в области охраны окружающей среды (§ 2.2).

В частности, оценка состояния социально-экономического развития в условиях климатических изменений позволили автору оценить уязвимость территорий некоторых городов и районов РТ к изменению климата (табл. 2.6 в диссертации и табл. 3 в автореферате). Установлено, что наиболее уязвимым регионом Таджикистана является ГБАО (4,3 балла), затем Хатлон – 4, РПП – 3,7 и Согд – 3,5. В соответствие с представленной автором оценочной ОЯ и СГЯ, чаще наблюдающиеся в регионах республики, характерные негативными последствиями, приводящие к повышению процессов уязвимости, отнесены: повышение температуры (4,5), оползни и камнепады (4,5), сели (4,4), уменьшение количества осадков (4), изменение

сезонных осадков (4), уменьшение количества воды в реках (4), таяние ледников (4), изменение вегетационных сезонов (3,5) и другие.

В третьей главе диссертации (с. 110-184), соискатель приводит теоретические и практические результаты исследований изучения и оценки стандартного отклонения изменения метеоусловий в горно-предгорных районах (§ 3.1), воздействие климатических изменений на гидрологические режим рек (§ 3.2), изучение корреляционной связи изменения метеоусловий и динамики оледенённых площадей (§ 3.3), влияния водохранилищ горно-предгорной зоны на изменение метеоусловий и окружающую среду (§ 3.4), геоэкологические оценки состояния водных объектов горно-предгорной зоны (§ 3.5) и антропогенные воздействия промышленных объектов на уровень загрязнения водных ресурсов.

Автор установил, что качество воды в озере Искандеркуль и устье реки Саратаг по всем показателям соответствует требованиям государственного стандарта ГОСТ 2874-82 – «Питьевая вода». Согласно исследованиям автора, общая жесткость воды данного оз. составляет в среднем 1,6 мг/л в год и соответствует требованиям нормативов качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01 – «Питьевая вода централизованных систем водоснабжения». А также, по результатам химического анализа, который приведен в диссертации видно, что содержание Al, N₂, Fe, K, Ca, Si, Mn, Cu, NO₃, NO₂, Pb, Se, S, F, Cl, Cr, Zn и других неорганических веществ в воде устье р. Саратаг и оз. Искандеркуля гораздо ниже установленной для них ПДК для питьевой воды, а требованиями Всемирной организации здравоохранения и Европейской Союза. Поскольку, вынос химических веществ в озеро с водой рек можно рассматривать как интегральный показатель природных условий и хозяйственной деятельности на водосборе. Иначе говоря, количество и состав веществ, поступающих с водосбора, является одним из главных факторов, влияющих на формирование химического состава воды оз. Искандеркуль.

Соискатель также выявил, что в составе большинства водных артерий БРЗ, концентрация SO₄²⁻ (70,12 мг/л), а затем двухвалентных ионов Ca²⁺ (45,72 мг/л) и Mg²⁺ (19,4 мг/л) выше, чем других химических анионов и катионов, а по сравнению с другими верховными притоками Зерафшана содержание всех химических элементов и соединений значительно перевешивает в притоке Даштиобурдона. Установлено, что самое высокое значение Na⁺ (4,91 мг/л) зафиксировано в р. Даштиобурдон, а самое низкое наблюдается в р. Россиндж (0,41 мг/л). Выявлено, что показатель Cl⁻ в притоке Самджон высокое, чем в Даштиобурдоне, а максимальное содержание Cl⁻ наблюдается в названной реке (1,41 мг/л), а минимальное концентрация зафиксировано в Россиндже (0,06 мг/л).

Что касается антропогенного воздействия на химический состав и экологическое состояние водных ресурсов, то на основе -результатов химического анализа отбора проб воды из точек до хвостохранилища (р. Ягноб) и после хвостохранилища (р. Фондаря) Анзобского горно-обогатительного комбината, автор установил, что минерализация воды в

водном артерии верхнего и среднего течения БРЗ в основном обусловлена смыыванием водой прибрежных минеральных отложений. Выявлено, что содержание NO₂, F, Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Zn и другие химические элементы и химические соединения в воде р. Зерафшан гораздо ниже установленной для них ПДК.

В четвертой главе работы (с. 185-223) автором приведены результаты теоретического, аналитического и моделирования о эколого-географическим аспектам использования ВИЭ для смягчения последствий изменение климата (§ 4.1), климатических ресурсов как основы ВИЭ и их использования в условиях глобального потепления (§ 4.2) и региональные обеспечения водно-энергетической безопасности в условиях изменения климата (§ 4.3).

В направлении рационального использования климатических ресурсов, особенно солнечное излучение как ВИЭ, автор установил, что центральная часть БРЗ является одним из самых засушливых и мало-дождливых регионов Таджикистана, в периоды относительно пасмурной погоды показатель продолжительности солнечной радиации в Вешабе и Оббурдоне выше, чем в Пенджикенте (рис. 4.5 в диссертации и рис. 20 в автореферате), связанное с тем, что продолжительность солнечного сияния в любой точке зависит от продолжительности дня и облачности и возрастает по направлению с севера на юг.

По мнению автора, энергетический сектор, особенно гидроэнергетика, в Таджикистане тесно зависит от климатических изменений, поэтому в их условиях особую роль следует отводит разработке концептуальной модели оптимального управления по обеспечению водно-энергетической безопасности страны и региона в целом. И оптимизацию системы управления водными ресурсами необходимо вести на организационном, технико-экономическом уровнях, также выполнение организационно-экономических мер должно касаться внутригосударственного и международного уровней. Именно с учётом этой проблемы соискателем совместно с другими учеными предложено изобретение (рис. 4.12 из диссертации и рис.21 из автореферата), которое относится к системе управления водно-энергетической отрасли, а именно к системе управления выработки электроэнергии и аккумулировании речного стока в водохранилище.

В пятой главе диссертационной работы (с 224-275) автор представлены результаты изучения опасных природных явлений горно-предгорной зоны, в условиях климатических изменений (§ 5.1), эколого-географических последствий и социально-экономического ущерба в условиях проявлений опасных климатических явлений (§ 5.2), ситуационного анализа рисков и их смягчения, в условиях чрезвычайных метеорологических факторов и анализ корреляционной зависимости стихийных бедствий и метеоусловий (§ 5.3).

Автор установил, что в Таджикистане за 2012-2023 гг. в результате СГЯ погибли 302 чел., 82% из-за: селей (35,76%), лавин (30,79%) и камнепадов (15,56%), а также выявил, что за годы исследований не было зафиксировано случаев смерти из-за селей только в 2013 г. и из-за лавины в 2016 и 2018 гг. Анализы позволили установить, что годы с наименьшим числом погибших

были 2020 и 2022 гг. (8 случаев), а годы с наибольшим числом жертв были 2023, 2021 и 2015 гг. (16,89%, 13,91% и 12,58%, соответственно). По мнению автора, вышеприведенные данные подтверждают мировые прогнозы, на пример, за 2030-2050 гг. ожидается, что из-за климатического изменения число смертей может достигнут ~250 000 в год в мировом масштабе.

В связи с корреляции между возникновением стихийных бедствий и изменениями метеоусловий, на основании анализа данных по происшедшим в мае 2021 г. селевым потокам, автор выявил, что при расчёте коэффициента корреляции между температуры и осадкам (таб. 5.10), а также между дневными и ночными осадками, во многих случаях, связь этих величин оказывается слабой (или слишком тесной). Согласно автор, по всей вероятности, причиной является очень малый объём данных по осадкам, несовпадение дней и ночей с осадками и большой разброс их значений (σ) относительно среднего (табл. 5.10 из диссертации). Анализ результатов по изменению температуры до наступления крупномасштабных обычных и ледниковых селей показывает, что практически на всех метеостанциях ход этих изменений одинаков (рис. 5.26-5.29 диссертации). Поэтому такой ход изменения температуры автор принял в качестве предвестника селевых потоков (обычных или ледниковых).

Таким образом, Курбон Н.Б. в диссертационной работе привел такое **закключение:**

1. Климатические изменения тесно связаны с изменением общей циркуляции атмосферы (синоптико-климатологические представления), характеризующейся поведением центров действия атмосферы, оказывающей влияние на территорию исследуемого региона. Установлено, что при росте среднеглобальной температуры в июле 1943-2023 гг., составляющей $R^2 = 0,804$, повышение в стране за 1961-2011 гг. составило 0,2-1,9°C, с наибольшим повышением температуры в осенне-зимний период на 0,6°C в долинах и на 0,7°C в горах, а в весенне-летний период её роста в среднем по стране составило 0,1-0,4°C.

2. Изменение регионального климата Таджикистана в зависимости от географо-орографический условий и зонально-высотного распределения дифференцируется: по каждой декаде за 1931-2020 гг. тренд для долины и равнины (до 1000 м) составляет 0,19°C; для районов перехода от долины к высокогорью (до 2000 м) – 0,11°C; для горных районов (от 2000 до 3000 м) – 0,11°C и для высокогорных районов (выше 3000 м) – 0,07°C. Сезонная температура зимой составляет 0,32°C; весной – 0,51°C; летом – 0,22°C и осенью – 0,17°C. В Таджикистане за 1940-2020 гг. годовое количество осадков на высоте до 1000 м уменьшается с тренда $R^2 = 0,002$, на высотах от 1000 до 2000 оно увеличивается с показателем $R^2 = 0,031$, а в высокогорных районах выше 2500 м остается неизменной со значения $R^2 = 6E-06$.

3. Среднемноголетняя температура в горных и предгорных районах, на примере БРЗ, согласно тридцатилетнему стандарту изменения климата, имеет явную тенденцию роста, при этом показатель достигает на 0,21°C-12,3°C (в период 1931-1960 гг.) 4,33°C-12,6°C (за 1961-1990 гг.) и 4,69°C-13,2°C (в

1991-2020 гг.), а в Анзобе наоборот отмечается понижение температуры ($-2,03^{\circ}\text{C}$; $-1,79^{\circ}\text{C}$; $-1,53^{\circ}\text{C}$). Вместе с тем, на основе среднедекадных значений температуры за период 1931-2020 гг. выявлена тенденция её повышения по метеостанциям Зерафшанской долины: $R^2 = 0,791$ (Пенджикент); $R^2 = 0,427$ (Сангистон); $R^2 = 0,692$ (Мадрушкат); $R^2 = 0,598$ (Искандеркуль) и $R^2 = 0,422$ (Дехавз).

4. Корреляционной зависимости температуры на метеостанциях БРЗ за два периода 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. характерны два разных значения: значимая корреляция температуры между данными метеостанций Искандеркуль и Дехавз (0,962) за период 1961-1990 гг., а наименьшее значение корреляции между Сангистон и Дехавз (0,257) за период 1991-2020 гг. При этом, значимая взаимная корреляция осадков 0,906 между данными метеостанциями Сангистона и Искандеркуля наблюдалась в 1991-2020 гг., а наименьшая – между метеостанциями Пенджикента и Искандеркуля (0,313). Метеостатрасчёты позволяют утверждать, что взаимная корреляция температуры в 1991-2020 гг. относительно слабая по сравнению с показателями периода 1961-1990 гг., а результаты взаимной корреляции атмосферных осадков практически противоположны значениям температуры.

5. На основе сравнительных анализов установлено, что потепление климата оказывает значительное влияние на увеличение расхода воды реки Зерафшан: среднемесячное значение речного стока за тридцатилетний период 1991-2020 гг. ($176,2 \text{ м}^3/\text{с}$) относительно выше среднего значения за 1961-1990 гг. составляет $153,4 \text{ м}^3/\text{с}$. Установлена тесная корреляция температуры со среднемноголетним расходом воды реки между метеостанциями Дехавз (0,432) и гидропостом Дупули за 1961-1990 гг., а сильная корреляция осадков – со средним многолетним расходом воды реки между Мадрушкатом (0,579) и Дупули в период 1961-1990 гг.

6. Теоретическая взаимосвязь таяния горных ледников с метеорологическими колебаниями по каждой декаде была рассчитана на основе среднегодовых значений температуры и осадков по метеостанциям Дехавз за периоды 1977-1988 гг., 1988-1999 гг., 1999-2009 гг. и 2009-2019 гг., позволила установить, что, ледники верховья р. Зерафшан деградируют неравномерно от декады к декаде, а среднегодовая скорость сокращения их языков (рассчитанная для каждой декады) составляет: Зерафшан – $24,4 \text{ м/г}$, Рамы – $41,1 \text{ м/г}$, Россинджа – $22,7 \text{ м/г}$, Туро – $10,4 \text{ м/г}$, Дихаданга – $7,1 \text{ м/г}$ и ГПП – $4,1 \text{ м/г}$. Определено, что регрессионная зависимость может быть признана сильной только для двух ледников: Рама и Туро, а остальные ледники показывают явно слабые связи с колебаниями средних значений температуры по декадам наблюдения.

7. На основе динамики изменения метеовеличин по метеостанциям Файзабад, Дангар и Яван, (нормативы тридцатилетнего стандарта климатических изменений – до (1951-1980 гг.) и после (1981-2010 гг.)) относительно территориального расположения Нурекского водохранилища, определено, что водохранилища предгорных районов не оказывают существенного отрицательного влияния на изменение метеоусловий

прилегающих регионов. В то же время, установлено, что водохранилища равнинных районах в частности «Бахри Точик» оказывают тесное влияние на изменение метеоусловий прилегающих районов. При этом, количество дней с температурой $t \geq 40^{\circ}\text{C}$ сократилось с 94 в декаде 1940-1949 гг. до 26 в декаде 1980-1989 гг.

8. Относительно качества воды следует отметить, что исследованиями установлено, что качество воды, в частности озера Искандеркуль и устье реки Саратаг, по всем показателям соответствует требованиям ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода» и СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода централизованных систем водоснабжения»; в то же время, определено, что содержание Al, N₂, Fe, K, Ca, Si, Mn, Cu, NO₃, NO₂, Pb, Se, S, F, Cl, Cr, Zn и других неорганических веществ гораздо ниже установленной для них ПДК для питьевой воды, а также требованиями Всемирной организации здравоохранения и Европейской Союза.

9. По результатам анализа качества воды из точек до (р. Ягноб) и после (р. Фондаря) хвостохранилища АГОК, выявлено, что водные артерии верхнего и среднего течения Зерафшанской долины не подвержены антропогенно-промышленной нагрузке, т.е. минерализация их воды в основном обусловлена смыыванием водой прибрежных минеральных отложений, а также определено, что содержание NO₂, F, Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Zn и других химэлементов и химсоединения в воде р. Зерафшан гораздо ниже установленной для них ПДК

10. Оценка эффективного использования гелиоэнергетики в различных географических условиях, в горных и высокогорных районах Таджикистана выбраны и изучены 11 точек, расположенные по идентичной широте, а также имея в виду, что центральная часть БРЗ является одним из самых засушливых регионов страны, позволили сделать вывод о том в холодный период года, т.е. в периоды относительно пасмурной погоды, с учётом того, что показатель продолжительности солнечной радиации в Вешабе и Оббурдоне выше, чем в Пенджикенте, то выявлена наивысшее значение и целесообразность её использования.

11. Предложенная концептуальная модель оптимального управления водно-энергетической системы на базе Рогунского, Нурекского и Даштиджумского (планируемого) водохранилищ многолетнего регулирования позволяет обеспечить водно-энергетическую безопасность Таджикистана, а с включением в общую систему Токтогульского и Камбаратинского водохранилищ позволит обеспечить водно-энергетическую безопасность региона. На наш взгляд, регулирование речного стока крупными водохранилищами многолетнего регулирования позволяют наиболее полно перераспределить во времени объём стока (аккумулировать воды в период половодий и увеличить водность рек в период маловодья) в соответствии с требованиями водно-энергетической системы

12. Исследования возникновения стихийных бедствий гидрометеорологического характера, позволили констатировать, что с глобальным потеплением климата в Таджикистане за 2000-2023 гг. увеличилось количество и

интенсивность природно-климатических катаклизмов. Стихийные бедствия увеличилось по линейному уравнению $y = 19,382x + 2756,2$ и природно-климатических явлений по $y = 22,641x + 153,82$, а величины их достоверности равны $R^2 = 0,334$ и $R^2 = 0,353$ соответственно. Выявлено, что в период 2014-2023 гг. произошло 5988 стихийных природно-климатических явлений, а стихийные бедствия, нанесли ущерб экономике республики более 1 млрд сомони, из которых 93,73% пришлось на период 2014-2020 гг. На основе полученных данных сделан вывод о том, что это связано прежде всего с большим количеством гидрологических явлений, а за 2012-2023 гг. в результате ОЯ погибли 302 человека, 82% из-за: селей (35,76%), лавин (30,79%) и камнепадов (15,56%).

Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267.

Несмотря на это, в диссертации имеются некоторые недостатки, спорные, положения, статистические ошибки, грамматические орфографические ошибки, среди которых можно выделить следующие:

1. В таблице 1.3 показано изменение температуры в зависимости от высоты над уровнем моря в речных бассейнах Таджикистана, но для какого периода неизвестно?

2. Из диссертации (рис. 1.6-1.7) и автореферата (рис. 2-3) непонятно, почему модельные прогнозы изменения метеорологических условий только на период 2020-2050 годов.

3. И в диссертации (рис.1.14-15), и в автореферате (рис. 5) содержатся данные о пыльных бурях и пылевых мглах, но отсутствует информация об их химическом составе.

4. Было бы лучше, наряду с анализом нормативно-правовой базы в области климатических изменений, автор также проанализировал бы нормативно-правовую базу охраны экологических состояний водных объектов.

5. В связи с антропогенно-промышленным влиянием на водные ресурсы исследуемого бассейна, автор ограничил свое исследование двумя точками: до и после хвостохранилища Анзобского горно-обогачительного комбината (рис. 3.35-3.36), что на наш взгляд, недостаточно изучен.

6. Автор оценил центральную часть бассейна реки Зарафшан как подходящую территорию для эффективного использования солнечной радиации в качестве возобновляемого источника энергии (рис. 4.4-4.5), но не оценил ни одну из территорий данного бассейна как технически или экономически целесообразную для использования ветра.

7. Текст диссертации и автореферата сопровождаются незначительными грамматическими и стилистическими ошибками.

Отмеченные незначительные упущения ни в коей мере не-снижаются качество и положительную оценку названной диссертации и не оказывают отрицательного влияния на её научно-практический уровень.

В целом, диссертация Курбона Номвара Бойназара на тему «Развитие теоретико-методологических основ исследования водных ресурсов горно-предгорной зоны в условиях изменения климата», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1. Геология, геодезия, гидрология, строительство, архитектура (2.1.37. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия), выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям п. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённом постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой естественно-научных
дисциплин Горно-металлургического
института Таджикистана
« 31 » августа 2026 г.

Ходжизода С.К.

Адрес: 735730, Республика Таджикистан,
город Бустон, ул. А. Баротова 6
Телефон: (+992) 92-732-08-41
E-mail: saidmukbil@mail.ru

Подпись доктора технических наук,
доцента Ходжизода С.К. подтверждаю:
Начальник УК и СР ГМИТ



Муминова Д.М.

Адрес: 735730, Республика Таджикистан,
город Бустон, ул. А. Баротова 000000000 6
Телефон: (+992 83451) 5-01-75
E-mail: gmit_tajikistan@mail.ru
« 31 » августа 2026 г.