

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)

Диссертационная работа 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) соответствует следующим положениям паспорта 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, озёр 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.

Климатические изменения в последние десятилетия стали одной из наиболее актуальных проблем мирового масштаба, оказывая повсеместное воздействие на окружающую среду и экологическую систему, экономику и благосостояние людей. Одним из наиболее критических аспектов является влияние изменения климата на водные ресурсы. Вода, будучи неотъемлемой частью жизни на планете, играет ключевую роль в поддержании экосистем, сельском хозяйстве и здоровье населения, и в условиях изменяющегося климата ее доступность и качество становятся все более уязвимыми. Также необходимо отметить, что изменение климата является одним из трех основных рисков глобального масштаба. На сегодняшний день известно, что глобальное потепление сопровождается изменением общей циркуляции атмосферы, влияющей на перераспределение тепла и влаги на Земле, приводя к трансформации пространственно-временных характеристик климата.

Глобальный кризис, ожидаемый от изменения климата, неразрывно связан с водой.

Согласно VI-ому оценочному докладу МГЭИК повышение температуры на 1,5°C и 2°C, вызовет рост экстремальных климатических явлений, которые будут гораздо более серьезными, чем это ожидалось ранее. В этой связи ожидается изменчивость водного цикла, снижение предсказуемости запасов воды, ухудшение ее качества. Также будет наблюдаться увеличение числа экстремальных погодных явлений, которые влияют на миграционные потоки, продовольственную безопасность, здравоохранение и другие секторы. В этой связи исследования Курбон Н.Б. **«Развитие теоретико-методологических основ исследования водных ресурсов горно-предгорной зоны в условиях изменения климата»** является актуальной темой.

Научная новизна исследования заключается в следующих научных результатах:

- впервые автором 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;

- впервые на примере бассейна реки Зерафшан (БРЗ) изучены изменения метеоусловий характерные для горных и предгорных районов Таджикистана, за два тридцатилетних периода - 1961-1990 и 1991-2020 гг.;

- исследованы гидрологические характеристики водных артерий горных и предгорных бассейнов в условиях изменения климата, с выявлением корреляционной связи изменения метеоусловий и динамики водных ресурсов;

- развиты теоретико-методологические основы и технологии исследования геоэкологического состояния водных объектов, с выявлением их фактического соответствия международным стандартам;

- 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 учетом выявленных особенностей влияния водохранилищ горно-предгорной зоны на изменение метеоусловий прилегающих территорий;

- впервые изучены эколого-географические последствия и экономический ущерб стихийные гидрометеорологические явления и опасные гидрометеорологические явления, с установлением их связи с экстремальными гидро-метеорологическими факторами в горных и предгорных районах.

Со второй половины XX столетия и начала XXI века большое внимание уделялась климатическим колебаниям в условиях глобального изменения климата, загрязнения атмосферного воздуха, разрушения озонового слоя, сокращения и изменения свойств водных ресурсов, засоления земель и эрозия почвы, загрязнения вод мирового океана, а также сокращения биоразнообразия, смещения экосистемы и деградации ландшафта создающие экологические проблемы глобального масштаба.

Изучение современного состояния водных ресурсов и эколого-экономической ситуации в условиях изменения климата в горно-предгорной зоне Республики Таджикистана, осуществляется в научно-исследовательских и академических институтах республики, в т.ч. в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, Центре изучения ледников НАН Таджикистана, а также в Агентстве по гидрометеорологии Республики Таджикистан и в высших учебных заведениях страны.

Диссертационная работа соискателя Курбона Номвара Бойназара изложена на 333 страниц компьютерного текста, из них 281 страниц основного текста, и состоит из введения, 5 основных глав, выводов, представил рекомендаций, а также в работе имеется вложение. Работа содержит иллюстрированную информацию в виде 97 рисунков и 58 таблицы. Используемый автором список литературы в работе представлена 307 наименований, в том числе из них 94 на иностранном языке.

Во введении на основании актуальности выбранной темы, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, практическая значимость полученных результатов.

Автор в первой главе диссертации представил результаты исследований: «Особенности природно-климатических условий горно-предгорных зон Таджикистана», с данными «Региональные особенности изменений климата в период глобального потепления», «Высотная динамика изменчивости основных природно-климатических условий», «Пространственно-сезонные особенности изменений климата в современную эпоху», «Оценка состояния и прогнозирование климатических изменений с использованием различных моделей», «Природные и антропогенные факторы загрязнения окружающей среды и климатические изменения», «Выбросы парниковых газов и меры по защите окружающей среды и смягчению изменения климата», а также «Вариация концентрации взвешенных веществ в условиях аридной и высокогорных территорий».

Автор изучил состояние изменения метеоусловия в Центральной Азии и на территории Таджикистана и подтвердил, что изменение климата тесно связано с изменением общей циркуляции атмосферы, особенно синоптико-климатологических представлений, характеризующие поведения центров действия атмосферы, таких как Северо-Атлантической колебания и Южная осцилляция (Эль-Ниньо), оказывающие непосредственное влияние на территорию региона. При росте среднеглобальной температуры в июле 1943-

2023 гг. составляющий $R^2 = 0,804$, в Республике Таджикистан (РТ) за период 1961-2011 гг. повысилась на $0,2-1,9^\circ\text{C}$. Наибольшее повышение температуры в стране отмечается в осенне-зимний период на $0,6^\circ\text{C}$ в долинах и на $0,7^\circ\text{C}$ в горах, а в весенне-летний период ее повышение в среднем по республику составило $0,1-0,4^\circ\text{C}$.

В работе по высотной динамике установлено, что изменение регионального климата РТ в зависимости от географо-орографического условия и зонально-высотного распределения дифференцируется. По многолетним наблюдениям, каждой декады за период 1931-2020 гг. тренд для долины и равнины (до 1000 м) составлял $0,19^\circ\text{C}$, 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) – $0,07^\circ\text{C}$. Сезонный температуры зимой составляет $0,32^\circ\text{C}$, весной – $0,51^\circ\text{C}$, летом – $0,22^\circ\text{C}$ и осенью – $0,17^\circ\text{C}$. Выявлено, что за период 1940-2020 гг. в масштабах РТ годовое количество осадков на высоте до 1000 м имела тенденцию к уменьшению, с величиной $R^2 = 0,002$, на высотах от 1000 до 2000 оно увеличивается с величиной роста годовой суммы осадков $R^2 = 0,031$, а в высокогорных районах выше 2500 м он остается неизменной при значении достоверности его аппроксимации равно $R^2 = 6\text{E}-06$. То есть, количество осадков в долинах и предгорьях уменьшилось на 1-22%, а в высокогорьях увеличилось на 12-36%.

Автором, на основе полученных результатов исследований загрязнения окружающей среды и климатических изменений, выброса парниковых газов и концентрации взвешенных веществ в условиях аридной и высокогорных территорий получены данные анализа состояния атмосферы и её химсостава указывающие на то, что траектория пыльной бури и пыльной мглы на высотах 500 м, 1000 м и 1500 м проходит над пустынями Аралкум, Каракум и Кызылкум, а также в восточной части Каспийского моря. Установлено, что рост аэрозольной оптической толщины в августе связан с частыми вторжениями пыльной мглы на территорию города Душанбе, а в сентябре наблюдается очищение атмосферы от пыли, но выявлено, что некоторое загрязнение происходит в октябре, с дальнейшим монотонным падением оптической толщи до марта месяца. В целом, полученные данные позволили соискателю констатировать факт увеличения аэрозольной оптической толщины в жаркое время года с увеличением пыльной мглы и уменьшением в холодное время года с увеличением влажности и количества осадков.

Вторая глава посвящена изложению результатов исследований «Влияние изменения климата на социально-экономическое развитие горных регионов» в котором представлены: «Ситуационный анализ социально-экономического развития в условиях климатических изменений», «Нормативно-правовые базы в области защиты социально-экономических секторов от природно-климатических проявлений», и «Реализация

признанных Таджикистаном межгосударственных соглашений и правовых актов, в области охраны окружающей среды».

Автор отмечает, что Таджикистан является наиболее уязвимой страной особенно в области влияния изменения климата на экономику и экологию, подчеркивая, что Таджикистан «исходит из необходимости широкого и эффективного международного сотрудничества в целях сохранения природы и установления всеобщей и полной экологической безопасности мирового сообщества». По автору, «задачи природоохранительного законодательства являются регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращения экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности». Законодательство в области охраны природы основывается на Конституции РТ, нормативно-правовых актов РТ и международных правовых актов, признанных данной страной, с учетом того, что в Конституции страны (статья 36) указывается, что «государство гарантирует право каждого гражданина на благоприятную экологическую обстановку». В республике для охраны природы, обеспечения рационального использования природных ресурсов, а также борьбе с экологическими проблемами приняты ряд законов, стратегий.

Автор в этой главе отмечает, что в целом, анализ законодательства, стратегий и программ показывает, что в Таджикистане проделана значительная работа по реализации положений международных документов в области выполнения обязательств: координация международных соглашений по изменению климата, охране озонового слоя и другим экологическим проблемам; координация разработки национального кадастра выбросов CO₂, уязвимости и адаптации к изменению климата; разработан план действий по изучению изменения климата и т.д., и инициатор по водно-климатическим проблемам на всех уровнях, к настоящему времени активно участвует и разработала и представила свои национальные планы по положениями Киотского протокола и Парижской климатической соглашения. Отмечено что присоединение страны к международным экологическим документам и выполнение обязательств по ним, а также принятие программ и стратегий и их практическая реализация, способствует развитию и реализации государственной политики в области изменения климата и адаптации.

В третьей главе автором уделено внимание результатам исследований по следующим направлениям: «Исследования влияния изменения климата на водные ресурсы Таджикистана» в частности «Изучение и оценка стандартного отклонения изменения метеорологических условий в горных и предгорных районах», «Влияние изменения климата на гидрологические характеристики водных артерий горных бассейнов», «Исследования корреляционной связи изменения метеоусловий и динамики гидролого-гляциологических ресурсов», «Особенности влияния водохранилищ аридных и полуаридных зон на метеорологических условиях прибрежных

территорий», «Современное геоэкологическое состояние водных объектов горно-предгорной зоны в условиях изменения климата» и «Анализ и оценка антропогенного влияния промышленных объектов на уровень загрязнения водных ресурсов».

Автором на основе изучения и оценки стандартного отклонения изменения метеорологических условий в горных и предгорных районах по климатическим нормам согласно тридцатилетнему стандарту изменения климата, определено, что среднемноголетняя температура воздуха в горных и предгорных районах, имеют явную тенденцию роста за тридцатилетний период, по данным метеостанции Зерафшанской долины показатель достигает до $0,21^{\circ}\text{C}$ - $12,3^{\circ}\text{C}$ (в период 1931-1960 гг.) $4,33^{\circ}\text{C}$ - $12,6^{\circ}\text{C}$ (за 1961-1990 гг.) и $4,69^{\circ}\text{C}$ - $13,2^{\circ}\text{C}$ (в 1991-2020 гг.), а в Анзобе наоборот отмечается понижения температуры ($-2,03^{\circ}\text{C}$; $-1,79^{\circ}\text{C}$; $-1,53^{\circ}\text{C}$). В то же время, на основе среднедекадных значений температуры за период 1931-2020 гг. установлена тенденция ее 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). Полученные корреляционные зависимости температуры за два периода 1961-1990 гг. и 1991-2020 гг. показывают разные значения: значимая корреляция температуры между метеостанциями Искандеркуль и Дехавз (0,962) за период 1961-1990 гг., а наименьшее значение корреляции между метеостанциями Сангистон и Дехавз (0,257) за период 1991-2020 гг. Значимая взаимная корреляция осадков между метеостанциями наблюдалось в 1991-2020 гг. между метеостанциями Сангистона и Искандеркуля (0,906), а наименьшая – между метеостанциями Пенджикента и Искандеркуля (0,313).

По полученным результатам сравнительных значений установлено, что потепление климата оказывает значительное влияние на увеличение расхода воды реки Зерафшан: среднемесячное значение речного стока за первую тридцатилетку (период 1991-2020 гг.) равен $176,2 \text{ м}^3/\text{с}$ что относительно выше среднего значения за 1961-1990 гг. ($153,4 \text{ м}^3/\text{с}$). Установлено, что за 1961-1990 гг. существует тесная корреляция температуры со среднемноголетним расходом воды реки между метеостанцию Дехавз (0,432) и гидропостом Дупули, а сильная корреляция осадков со средним многолетним расходом воды реки между Мадрушкатом (0,579) и Дупули в период 1961-1990 гг.

Для выявления математической взаимосвязи таяния горных ледников с метеорологическими колебаниями, по каждой декаде, были рассчитаны среднегодовые значения температуры и осадков по метеостанциям Дехавз за период 1977-1988 гг., 1988-1999 гг., 1999-2009 гг. и 2009-2019 гг., и установлено, что ледники верховья р. Зерафшан деградируют неравномерно от декады к декаде, а среднегодовая скорость сокращения их языков, рассчитанная для каждой декады составило для: Зерафшана – $24,4 \text{ м/год}$, Рамы – $41,1 \text{ м/год}$, Россинджа – $22,7 \text{ м/год}$, Туро – $10,4 \text{ м/год}$, Дихаданга – $7,1$

м/год и ГГП – 4,1 м/год. Определено также, что регрессионная зависимость может быть признана сильной только для двух ледников: Рама и Туро, для которых угловой коэффициент регрессии положителен и показывает рост скорости деградации языка с ростом температуры.

Проведенный анализ динамики изменения метеовеличин – среднегодовой температуры, годового количества осадков и годового процента влажности по метеостанциям Файзабада, Дангары и Явана, по нормативам тридцатилетнего стандарта климатических изменений, т.е. за периоды до (1951-1980 гг.) и после (1981-2010 гг.) возведения Нурекского водохранилища, автором установлено, что водохранилища горных и предгорных зон не оказывают существенного отрицательного влияния на изменение метеоусловий прилегающих регионов. Соискатель утверждает, что в отличие от Нурекского водохранилища, водохранилище «Бахри точик» (равнинная зона) оказывает тесное воздействие на изменение метеоусловий окружающих районов. Например, 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.

На основе исследований горных и высокогорных озёр и рек, в частности, озеро Искандеркуль и река Саратог, установлено, что качество воды в озере и устье реки по всем показателям соответствует требованиям государственного стандарта ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода» и нормативы качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода централизованных систем водоснабжения»; в то же время, определено, что содержание алюминия, азота, железа, калия, кальция, кремния, марганца, меди, нитратов, нитритов, свинца, селена, сульфатов, фтора, хлоридов, хрома, цинка и других неорганических веществ в воде устье р. Саратаг и оз. Искандеркуля гораздо ниже установленной для них ПДК для питьевой воды, а также требованиями Всемирной организации здравоохранения и Европейской Союза.

Химический анализ воды, протекающий с репрезентативных ледников Кызылкуль и Дидадь (бассейн реки Сурхоб), позволил установить, что показатели некоторых химических элементов превышают ПДК: анионы (SO_4) для ледника Кызылкуля превышает ПДК на 7 мг/л, а для ледника Дидадь – 100 мг/л. Также, выявлено, что большинство химических элементов, зафиксированы в воде, вытекающей с репрезентативных ледников Гармо и Дарваз (бассейн р. Обихингоб), ниже химических показателей воды реки Обихингоб. В целом, результаты анализа химического состава вод ГГП, Кызылкуля, Дидала, Гармо и Дарваза показывают, что вода ледников бассейна р. Сурхоб имеет богатый химсостав, большинство показателей значительно превышают воды других ледников, а также ПДК. Установлено, что качества воды, вытекающей из ледника Хирсон, рН значение выше, чем у пресекающие воды с ледников ГГП (6,36), Гармо (7,34), Дарвоз (7,15) и Мазор (7,34), и примерно равно максимальному значению ПДК (6,5-8,5). Выявлено, что ледниковая вода бассейна р. Зерафшан соответствует

основному раствору, ледниковой воде бассейна р. Обихингоб – нейтральный раствор и ледниковая вода бассейна р. Вандж – кислотному раствору.

На основе результатов химического анализа отбора проб воды из точек до хвостохранилища (р. Ягноб) и после хвостохранилища (р. Фондаря) Анзобского горно-обогатительного комбината, установлено, что водные артерии верхнего и среднего течения бассейна реки Зерафшан не подвержены антропогенной нагрузке, т.е. минерализация их воды в основном обусловлена смыыванием водой прибрежных минеральных отложений, а также выявлено, что загрязнение водных артерий ионами химических веществ не превышает ПДК. В частности, содержание NO_2 , F, Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Zn и других химэлементов и химсоединения в воде р. Зерафшан гораздо ниже установленной для них ПДК.

Четвертая глава диссертационных исследований посвящена: «Водные ресурсы основа возобновляемых источников энергии в условиях изменения климата», в частности автор рассматривает «Эколого-географические аспекты использования ВИЭ для смягчения последствий изменение климата», «Анализ и оценка климатических ресурсов для ВИЭ и потенциал их использования в условиях изменения климата», «Концептуальная модель регионального обеспечения водно-энергетической безопасности в условиях изменения климата».

В условиях усложнения процесса глобального потепления, особенно под воздействием антропогенных выбросов, в т.ч. выбросы крупные предприятия тяжелой и химической промышленности, и тепловых электростанций, спрос на дополнительную энергию возрастает. Иначе говоря, в сегодняшних условиях, в связи с прогрессом науки, научно-исследовательские и научно-практические работы в большей степени ориентированы на использование ВИЭ, на «экологически чистую энергию», «низкоуглеродную энергию», «безотходную энергию», «зеленую энергию». Вышеизложенное стало основой для комплексных исследований по вопросам снижения воздействия климатических изменений, сокращения выбросов дополнительных газов, а также в целях практической реализации двух национальных стратегических целей страны – «обеспечения энергетической независимости» и «ускоренной индустриализации», для оценки климатических условий определения эффективности использования ВИЭ.

Автором, с учетом вышеизложенного и перспектив использования солнечной энергетики в горных и высокогорных районах Таджикистана, расположенные примерно на определенной широте, выбраны и изучены 11 точек, и установлено, что поскольку центральная часть БРЗ является одним из самых засушливых регионов страны, в холодный период года, т.е. в периоды относительно пасмурной погоды показатель продолжительности солнечной радиации в Вешабе и Оббурдоне выше, чем в Пенджикенте.

Автором было предложено концептуальная модель оптимального управления водно-энергетической системой на базе Рогунского, Нурекского

и планируемого Даштиджумского водохранилища обеспечить водно-энергетическую безопасность РТ, а с включением в состав системы Токтогульского и Камбаратинского водохранилищ многолетнего регулирования, позволяет обеспечить водно-энергетическую безопасность региона Центральной Азии. Регулирование речного стока крупными водохранилищами многолетнего регулирования способствуют наиболее полному перераспределению во времени объема и стока (аккумулировать воды в период половодий и увеличить водность рек в период маловодья) в соответствии с требованиями и удовлетворения нужд водно-энергетической системы.

В пятой главе автор приводит информацию о «Эколого-экономические последствия опасных природных явлений, связанные с климатическими изменениями», «Исследования опасных природных явлений горно-предгорной зоны, в условиях изменения климата», «Эколого-географические последствия и социально-экономический ущерб в условиях проявлений опасных климатических явлений», «Ситуационный анализ рисков и их смягчение, в условиях чрезвычайных гидрометеорологических факторов» и «Анализ корреляции между возникновением стихийных бедствий и изменениями метеорологических условий».

По мнению автора, с точки зрения метеорологии повышение температуры воздуха вызывает изменение количества и распределения осадков на земном шаре, т.е. дождя выпадает больше в умеренных и высоких широтах и меньше в тропических и субтропических районах. Иначе говоря, атмосфера становится более влажной, и в зависимости от географических широт и орографических условий могут усилиться наводнения, засухи и другие ОЯ, и СГЯ. В то же время, потепление климата приводит к переносу ареала биологических видов в полярные районы, увеличение вероятности вымирания мелких видов – стали жителями прибрежных районов и островов, вызывает появление экологических вынужденных.

Исследование причин возникновения стихийных бедствий и их связи с ситуацией и изменениями метеоусловий и гидрологических величин, а также на основе глобальной информации, установлено, что в последние годы в связи с глобальным потеплением климата в РТ, за 2000-2023 гг. увеличилось количество и интенсивность природных катаклизмов по линейному уравнению $y = 19,382x + 2756,2$ и природно-климатических явлений по $y = 22,641x + 153,82$, а величины достоверности аппроксимации их диаграмм равно $R^2 = 0,334$ и $R^2 = 0,353$ соответственно. Выявлено, что за период 2014-2023 гг. произошло 5988 стихийных природно-климатических явлений, а стихийные бедствия, нанесли ущерб экономике республики в размере 1 019 497 310 сомони, из которых 93,73% пришлось на период 2014-2020 годов. На основе полученных данных сделан вывод о том, что это связано прежде всего с большим количеством ливневых и селевых явлений. Определено, что в

период 2012-2023 гг. в результате СГЯ погибли 302 человека, 82% из-за: селей (35,76%), лавин (30,79%) и камнепадов (15,56%).

По оценке экономического и материального ущерба, от последствий ОЯ и СГЯ предлагается системный подход, основанный на учете как прямых, так и косвенных ее последствий, в т.ч. отдаленных. Риск на некоторой территории обычно включает расчеты возможного числа погибших (пострадавших) людей и экономических потерь, которые могут быть вызваны опасными явлениями. В геоэкологической емкости БРЗ доминируют чрезвычайные ситуации гидрометеорологического характера со значительными экономическим, экологическим, материальным ущербом и человеческими жертвами.

Курбон Номвар Бойназаровым в диссертации приведено заключение:

- 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 $0,2-1,9^{\circ}\text{C}$, с наибольшим повышением температуры в осенне-зимний период на $0,6^{\circ}\text{C}$ в долинах и на $0,7^{\circ}\text{C}$ в горах, а в весенне-летний период её роста в среднем по стране составило $0,1-0,4^{\circ}\text{C}$;

- изменение регионального климата Таджикистана в зависимости от географо-орографических условий и зонально-высотного распределения дифференцируется: по каждой декаде за 1931-2020 гг. тренд 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) – $0,07^{\circ}\text{C}$. Сезонная температура зимой составляет $0,32^{\circ}\text{C}$, весной – $0,51^{\circ}\text{C}$, летом – $0,22^{\circ}\text{C}$ и осенью – $0,17^{\circ}\text{C}$. В Таджикистане за период 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 $R^2 = 6\text{E}-06$;

- среднегодовое изменение температуры в горных и предгорных районах, на примере БРЗ, согласно тридцатилетнему стандарту изменения климата, имеет явную тенденцию роста, при этом показатель достигает на $0,21^{\circ}\text{C}-12,3^{\circ}\text{C}$ (в период 1931-1960 гг.) $4,33^{\circ}\text{C}-12,6^{\circ}\text{C}$ (за 1961-1990 гг.) и $4,69^{\circ}\text{C}-13,2^{\circ}\text{C}$ (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 Зарафшанской 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);

- корреляционной зависимости температуры на метеостанциях 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;

- 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 м³/с) относительно выше среднего значения за 1961-1990 гг. составляет 153,4 м³/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.;

- 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 м/г, Рамы – 41,1 м/г, Россинджа – 22,7 м/г, Туро – 10,4 м/г, Дихаданга – 7,1 м/г и ГТП – 4,1 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;

- 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.;

- 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 водо-снабжения»; 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;

- 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;

- 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;

- 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;

- 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%).

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в решении задач связанные с проблемами в области выявления влияния изменения климата на формирование водных ресурсов и социально-экологические ситуации в горных и предгорных районах Таджикистана. По результатам практической значимости работы можно сказать, что заключается в:

- разработке модели циркуляции атмосферы и сценария распространения воздушных масс по горным и предгорным территориям;
- установлении механизмов влияния горной орографии на изменения гидрометеорологических условий;
- мониторинге качества вод с выявлением локальных и стационарных источников загрязнения;
- планировании развития энергетического сектора с учетом метеорологических и гидрологических параметров в условиях глобального потепления;
- разработке инженерно-экономических рекомендаций снижения стихийных бедствий, связанных с климатом и водой;
- разработке мер адаптации снижения стихийных бедствий, связанных с климатом и водой.

Также в экономическую и социальную значимость можно добавить следующие пункты:

- сокращение ущерба тесно связаны с сокращением или прогноза стихийных бедствий гидрометеорологического характера, а также влияние горной орографии на ход и тенденцию погодных условий.
- полученные результаты анализа стихийных бедствий, связанных с изменением климата, показывают, что необходимо наладить тесное сотрудничества между соответствующими министерствами и ведомствами РТ и исполнительными органами государственной власти и местного самоуправления горных городов и районов в области обмена информацией.

Представленные публикации в автореферате и цитирование в работе опубликованы в 70 научных трудах соискателя, в т.ч. 32 статей в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан; 11 статьи в иностранных журналах, входящих в список ВАК Российской Федерации; 1

статья в базе данных SCOPUS, 45 в изданиях, индексируемых системой РИНЦ; более 60 работ в изданиях ResearchGate, ORCID, ИСТИНА и Google Scholar; 19 статьи в международных и республиканских конференциях; в 4 монографиях. Получены 4 свидетельства на изобретения (патенты Республики Таджикистан).

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

В диссертации имеются некоторые недостатки, спорные положения, грамматические орфографические ошибки, в частности:

1. Вторая глава диссертации имеет большее эколого-экономико-географический уклон, нежели гидрометеорологический характер.

2. В работе приводятся колебания температуры воздуха и атмосферных осадков. Аналогичные исследования не проведены для испарения с водосборной площади бассейна р. Зерафшан и не осуществлён сопряженный анализ всех элементов этого бассейна.

3. В работе отсутствует раздел, показывающий использование компьютерной и геоинформационной технологии при дифференцированном анализе, как в пространстве, так и во времени гидрометеорологической информации.

4. В горно-предгорных, пролювиальных равнинах одной из перспектив повышения эффективности использования водных ресурсов являются подземные воды, и в зоне транзита фильтрационного потока они очень хорошего качества. Этому вопросу автор не уделил никакого внимания.

5. Из диссертации не понятно, что происхождение катионов и анионов в составе снежного покрова на ледниках бассейна р. Зерафшан.

6. В начале пятой главы автор разрабатывает исследованную проблему для всей территории Таджикистана. Однако, в другом месте этой главы не сравнивает ущерб от чрезвычайных ситуаций бассейна р. Зерафшан с ущербом другого речного бассейна, чтобы прояснить проблему.

7. В работе встречаются орфографические, стилистические ошибки, есть некоторая небрежность в изложении материала. На мой взгляд, графические материалы следовало бы представить лучше.

Указанные замечания и недостатки в целом не снижают качество и положительную научную оценку данной диссертации и не оказывают отрицательного влияния на её научный 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 пунктов 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, профессор,
заведующий отделом гидрологии
Научно-исследовательского
гидрометеорологического института
(НИГМИ)

«20» августа 2026 г.

Мягков С.В.

Адрес: 100052, Республика Узбекистан,
город Ташкент, 1-й проезд Бодомзор, д.72.

Телефон: (+998) 993-20-83-29,

E-mail: sergik1961@yahoo.com

Подпись доктора технических наук Мягкова С.В.

подтверждаю:

Начальник ОК НИГМИ

Исмаилова М.Б.

Адрес: 100052, Республика Узбекистан,
город Ташкент, 1-й проезд Бодомзор, д.72

Телефон: (+998 71) 2358350; 2358329,

E-mail: info@nigmi.uz

«20» августа 2026 г.