**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**
**КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ**

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ**
**Д.25.17.544**

***На правах рукописи***
**УДК 551.48.07/08 (0758)**

**БОБИЕВ**
**Давлатали Файзалиевич**

# ВЛИЯНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕЧНЫХ СИСТЕМ ТАДЖИКИСТАНА НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ ТЕРРИТОРИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

**Специальность**
25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы и гидрохимия

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Б И Ш К Е К - Д У Ш А Н Б Е - 2 0 1 8

Работа выполнена в лаборатории «Водные ресурсы и гидрофизические процессы» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан.

**Научный руководитель**: доктор географических наук, профессор **Муртазаев Уктам Исматович**

**Официальные оппоненты:** доктор географических наук,профессор **Мухаббатов Холназар Мухаббатович**, доктор технических наук **Исабеков Тилек Асанакунович**

**Ведущая организация:** Худжанский государственный университет им. акад. Б. Гафурова, Республика Таджикистан

Защита состоится 28 февраля 2018 г. в 12.00 часов на заседании Межгосударственного диссертационного совета Д.25.17.544 при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН Кыргызской Республики, Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Республики Таджикистан и Таджикском национальном университете в режиме он-лайн по адресам:720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533; 734042, г. Душанбе, ул. Айни 14А.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться по адресам: 720033, г. Бишкек, ул. Фрунзе, 533; 734042, г. Душанбе, ул. Айни 14А,
E-mail: info@istc.kg; own@tojikistojn.com и на сайтах http://www.vak.kg; http://www.vak.kg; http://iwp.kg/index:php/dissertatsionnyj-sovet/

Автореферат разослан«26»января 2018 г.

Ученый секретарь Межгосударственного
диссертационного совета Д.25.14.494,
кандидат физико-математических наук Тузова Т. В.

**Общая характеристика работы**

**Актуальность исследуемой темы.** Труднодоступность земель для самотечного орошения, необходимость обеспечения страны энергетическими ресурсами предопределили создание в начале 70-х годов XX в. в Таджикистане современного водохозяйственного комплекса, состоящего из сложнейших и уникальных гидротехнических сооружений (ГТС) – каналов, коллекторно-дренажных сетей, туннелей, гидроэлектростанций (ГЭС), водохранилищ, водомерных устройств и скважин,а также насосныхстанций(НС) и другихсооружений Министерства энергетики и водных ресурсов (МЭиВР)Республики Таджикистан(РТ).

Эти целенаправленные работы по воздействию на водные ресурсы привели к определенным изменениям, в том числе и негативным, на прилегающих к рекам ландшафтах, в частности к нарушению эколого-мелиоративного равновесия в бассейнах рек. При этом последствия от этого техногенного воздействия на биосферу очень трудно оценить.

Чаще всего в качестве императивов в условиях Таджикистана использовались прирост орошаемых земель и улучшение водообеспеченности староорошаемых, а также повышение степени энергонасыщенности тех или иных хозяйственных объектов, уровня регулирования гидросооружениями речного стока и т. п.

К сожалению, вне сферы внимания ученых остались гидрохимические, агрофизические, геоэкологические, хозяйственные и другие аспекты инженерного преобразования (чаще всего с помощью водохранилищ) речных систем Таджикистана и их последствия.

Существующие сейчас в Таджикистане 11 водохранилищ были созданы во 2-й половине XX-го в., планируется построить еще 8 (скорее это будет реализовано в 20-30-е годы XXI в.). В совокупности с другими ГТС эти водохранилища станут звеном реализации общего плана по преобразованию речных систем республики.

Работы по водохозяйственному обустройству территории Таджикистана будут продолжаться, и поэтому комплексная оценка влияния преобразования речных аридных геосистем на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата весьма важна и своевременна.

**Степень разработанности проблемы**. Общие теоретические и методологические проблемы преобразования речных систем Таджикистана, их масштабы, последствия и влияние на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата кратко анализировались в немногочисленных научных публикациях последних 10-ти лет (У. И. Муртазаев, 2005; И. И. Саидов, 2012; Х. М. Мухаббатов, 2015 и др.).

Полного же комплексного изучения этих актуальных вопросов до сих пор не проводилось.

Резко возросшие в последние 15-20 лет стихийные гидрометеорологические явления в виде наводнений, селей, оползней, жестких засух стали следствием возросшей в стране среднегодовой температуры воздуха. Это придает проблеме влияния преобразования речных геосистемна прилегающие ландшафты важное прикладное значение. Возникает здесь и ряд других вопросов: каскадное и автономное регулирование речного стока и его последствия, хозяйственная деятельность на водосборах, влияние малых водохранилищ на прилегающие ландшафты и т. д. применительно к Таджикистану (за исключением Горно-Бадахшанской области), которым еще не уделялось внимания исследователей, что и предопределило выбор темы диссертационного исследования.

**Связь работы с государственными научными программами.** Диссертационное исследование проводилась в рамках выполнения научно-исследовательских работ (НИР) Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии (ИВП, ГЭ и Э) АН РТ «Разработка методики оптимального регулирования речного стока с помощью водохранилищ и водного благоустройства ландшафтов», № ГР 0113-TJ 296 (2013-2017 гг.), а также госбюджетной НИР Таджикского государственного педагогического университета (ТГПУ) им. Садриддина Айни “Управление водными ресурсами Таджикистана в условиях изменяющегося климата

(педагогические аспекты)”, № ГР 0102 ТД 977 (2011-2014 гг.), в выполнении которых автор принимал непосредственное участие.

**Целью исследования** является комплексная оценка влияния преобразования речных систем Таджикистана на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата и разработка в связи с этим адаптационных мер в орошаемом земледелии и гидроэнергетике.

**Задачи исследования:**

1) обобщение, анализ и верификация гидрологических характеристик основных речных систем Таджикистана;

2) классификация и ранжирование инженерных сооружений на реках Таджикистана по степени их воздействия на ландшафты;

3) форматирование матрицы последствий от инженерных воздействийна речные геосистемы в зависимости от изменяющихся климатических параметров, уровней экологической надежности и устойчивости;

4) оценка рисков и угроз водным ресурсам в условиях изменяющегося климата;

5) способы адаптации орошаемого земледелия и гидроэнергетики к изменившимся климатическим условиям на современном этапе и на перспективу.

**Объекты исследования** – речные бассейновые природно-хозяйственные системы РТ.

**Предмет исследования –** методические основы и практические приемы комплексной оценки влияния преобразования речных систем Таджикистана на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата.

**Методика исследования** базируется на принципах конструктивной географии, идеологии устойчивого развития и на методах водохозяйственных и гидрологических расчетов, исторического и физико-географического прогнозирования.

При проведении исследований были использованы теоретические и методологические положения, разработанные учеными гидрологами-географами постсоветского пространства: А. Б. Авакяном, Б. Б. Богословским, М. Ж. Бурлибаевым, А. А. Волчеком, Г. В. Воропаевым, С. Л. Вендровым, Ю. С. Васильевым, К. Н. Дьяконовым, С. К. Давлетгалиевым, Ж. Достай, В. А. Духовным, И. И. Кирвелем, Н. И. Коронкевичем, П. С. Лопухом, Л. К. Малик, Д. М. Маматкановым, А. Ю. Ретеюмом, В. А. Скрыльниковым, В. П. Салтанкиным, Л. С. Талеубаевой, И. А. Шикломановым, В. М. Широковым, А. А. Эргешевым, а также отечественными исследователями водных проблем: И. И. Икромовым, О. К. Комиловым, У. И. Муртазаевым, Х. М. Мухаббатовым, С. Т. Наврузовым, Н. К. Насыровым, Г. Н. Петровым, Я. Э. Пулатовым, Р. Рахматиллоевым, И. И. Саидовым, Т. О. Салимовым, М. А. Сатторовым и др.

Основными исходными данными при разработке темы послужили исследования при выполнении НИР в ИВП, ГЭ и Э АН РТ и ТГПУ им. С. Айни.

В процессе исследования автор обращался также к фондовым, архивным, оперативным и отчетным материалам министерств РТ – энергетики и водных ресурсов, сельского хозяйства, Агентства по мелиорации и ирригации при Правительстве РТ, Центра стратегических исследований при Президенте РТ, научным материалам и публикациям, а также интернет ресурсам и данным гидрологического мониторинга водосборов и рек Вахш, Сырдарья (в пределах таджикской части), Кафирниган, Зеравшан (в пределах таджикской части), Яхсу и Кызылсу.

**Научная новизна работы** заключается в получении оригинальных результатов исследования по основным положениям, вынесенным на защиту. Более конкретно она выражается в следующем:

1. Применен территориальный (бассейновый) подход (вместо отраслевого) к оценке масштабов изменений в природной среде в результате техногенных воздействий на реки и их водосборы с учетом принципов единства водных ресурсов бассейнов, используемых в интересах экологии, населения и экономики.

2. Элементы в структуре зон влияния крупных ГТС рассмотрены в системе природных и техногенных связей, для чего впервые разработана и использована матрица концепции геотехнической системы.

3. Впервые раскрыт механизм трансформации речных геосистем в аридных условиях Таджикистана при каскадном регулировании стока, усугубляемом изменением климата, включая и элементы эволюции природных комплексов водохранилищ (терригенных, хемогенных, растительных и воздушных), в зависимости от различных факторов (гидрологических, агрофизических и др.) с расчетом количественных показателей, влияющих на эксплуатационные особенности водоемов.

4. Установлены риски и угрозы водным ресурсам в условиях изменяющегося климата, вызываемые этим последствия, предложены адаптационные меры применительно к орошаемому земледелию и гидроэнергетике в связи с изменением климата.

Достоверность выводов обеспечена разнообразием взаимодополняющих методов изысканий, репрезентативностью объектов полевых исследований и длительностью (1990, 1999-2000, 2003, 2010-2013 гг.) временного ряда наблюдений.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Установленные представления об особенностях изменений в ландшафтах речных систем в результате их преобразования на фоне изменяющегося климата.

2. Усовершенствованная методика комплексной оценки роли водохранилищ (автономных и каскаде) в преобразовании речных систем и его последствий.

3. Формат и содержание рисков и угроз водным ресурсам в условиях изменяющегося климата.

4. Состав мероприятий по работе орошаемого земледелия и гидроэнергетики, основанных на принципах бассейнового управления речным стоком с учетом климатических изменений.

**Теоретическая значимость исследования** заключается в развитии конструктивного направления физической географии в целом и гидрологии суши в частности в области мониторинга и управления речным стоком в бассейнах рек Северного, Центрального и Юго-Западного Таджикистана, а также в оценке влияния антропогенных нагрузок на них и на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата.

**Практическая ценность** работы выражается в совершенствовании нормативно-методической базы планирования, проектирования, строительства и эксплуатации крупных ГТС на основе внедрения обоснованных автором критериев инженерного преобразования речных систем Таджикистана, а также в разработке адаптационных мер в связи с изменением климата при использовании ГТС в орошаемом земледелии и гидроэнергетике.

**Реализация результатов исследований.** Материалы диссертации использованы Управлением водных ресурсов и Таджикским государственным НИИ гидротехники и мелиорации МЭ и ВР РТ при разработке Программы реформирования водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 гг. (акт о внедрении от 26.10.2015 г.).

Результаты исследования могут быть применены республиканскими органами по регулированию использования и охраны вод, службами эксплуатации водохранилищ, управлениями оросительной системы (ОС) при проведении работ по водохозяйственному обустройству территории Таджикистана, а также в образовательных системах министерств РТ – образования и науки, сельского хозяйства, энергетики и водных ресурсов, при чтении лекций, проведении семинарских и лабораторно-практических занятий по специальным курсам: «Геоэкология», «Гидроэкологические проблемы Таджикистана», «Управление водными ресурсами», «Комплексное использование и охрана водных ресурсов».

**Личный вклад соискателя** выразился в:

– выборе задач, обосновании путей и способов их решения, четкой формулировке научных положений по водохозяйственному обустройству территории Таджикистана;

– анализе и обобщении отечественных и зарубежных материалов о причинах и последствиях преобразования аридных речных систем, угрозах и барьерах, возникающих при этом, путях их нейтрализации или минимизации;

– проведении полустационарных и маршрутных (периодических) сезонных наблюдений и исследований крупных ГТС Таджикистана (за исключением Горного Бадахшана);

– оценке изменений, фиксируемых в водохранилищах и на примыкающих к ним территориях в зависимости от их расположения: в каскаде либо автономно в условиях изменяющегося климата;

– описании хозяйственной деятельности на водосборах рек (с выделением этапов в её осуществлении – на примере р. Вахш и предложением определенных направлений и объемов территориального перераспределения стока);

– разработке адаптационных мер, связанных с изменением климата, при развитии орошаемого земледелия и гидроэнергетики;

– квалифицированном анализе полученных результатов и аргументированных предложениях по организации практического внедрения итогов диссертационной работы.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава Таджикского аграрного университета им. Шириншоха Шотемура (Душанбе, 2009-2016 гг.), ТГПУ им. С. Айни (Душанбе, 2009-2016 гг.), республиканской научно-практической конференции «Перспективы использования водно-энергетических ресурсов Таджикистана в условиях изменения климата» (Душанбе, 2009); конференции, посвященной Международному году водного сотрудничества (Душанбе, 2013); а также на конференции «Использование водных ресурсов в условиях изменения климата» (Душанбе, 2015); Международной научной конференции «Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата» (Минск, 2015); Международной конференции «Энергетические ресурсы в горных регионах Центральной Азии в эпоху глобальных изменений: исследования и практика» (Душанбе, 2015); научно-практической конференции филиала МГУ им. М. В. Ломоносова в г. Душанбе «VI-е Ломоносовские чтения» (Душанбе, 2016); заседании лаборатории «Водные ресурсы и гидрофизические процессы» ИВП, ГЭ и Э АН РТ (Душанбе, 2016).

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** По теме диссертации автором опубликованы 10 научных статей, в том числе в: 3 единоличных изданиях, рекомендованных ВАК КР; 4 журналах, входящих в список ВАК КР и индексируемых системой РИНЦ, опубликованных за пределами КР; 3 – других изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация объемом 180 стр. компьютерного текста состоит из введения, трех глав, включающих 13 параграфов, заключения и списка использованных источников из 126 наименований. В работе имеются также 52 таблицы и 22 рисунка.

## Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность исследуемой темы, степень её разработанности, указаны цель, задачи, научная новизна и теоретико-практическая значимость исследования, изложены методология и методика исследования, информационная база, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора в исследование, а также реализация итогов работы и её апробация.

**В первой главе – «Основные речные системы Таджикистана и их краткие гидрологические характеристики» –** последовательно рассмотрены расположение и характеристики годового стока бассейнов рек Вахш, Сырдарья (таджикская часть), Кафирниган, Зеравшан (таджикская часть), Кызылсу и Яхсу, изложенные в трудах Б. Д. Зайкова (1946), В. Л. Шульца (1963, 1969), А. О. Кеммериха (1972), И. Г. Тахирова, Г. Д. Купайи (1964) и др., а также в соответствующих материалах, хранящихся в архивах Таджикгидрометслужбы.

Установлено, что характеристики и режим годового жидкого стока как внутренних рек (Кафирниган, Кызылсу, Яхсу), так и трансграничных (Сырдарья, Вахш, Зеравшан) различаются, что связано как с генезисом рек, разными источниками питания, высотами водосборов, наличием на реках водохранилищ и др., так и фиксируемыми в стране изменениями климата.

В пределах Таджикистана соотношение максимальных и минимальных среднегодовых расходов р. Зеравшан к среднегодовому таково: 1,24 и 0,77, т. е. не выходит за пределы 1,5, что является весьма благоприятной гидрологической составляющей гидроэнергетического обустройства бассейна р. Зеравшан. Это же соотношение на реках Кызылсу и Яхсу составляет 2,7 и 0,7 соответственно, что затрудняет развитие здесь наиболее экономичного самотечного орошения, вынуждая к переходу на машинное.

Наличие 74 притоков в основной ствол р. Зеравшан и благоприятное годовое распределение стока ($C_V = 0{,}26$) позволяет осуществлять на них местное локальное орошение и съем электроэнергии с них.

Автор отмечает, что резкое сокращение числа гидропостов на реках снизило достоверность оценки водных ресурсов. Последние однозначно возрастают по мере увеличения водосборной площади сверху вниз. Это позитивный фактор для развития самотечного орошения (у р. Вахш в среднем своем течении 80 тыс. га, у рек Сырдарья и Кафирниган на порядок меньше) и производства электроэнергии в среднем и нижнем течениях рек.

Анализ гидрологических характеристик рек за ряд лет показал, что Сырдарьинский речной бассейн (в пределах Таджикистана) инженерно преобразован в наибольшей степени, а Амударьинский в основном в своей средней части, где благодаря созданию крупного Нурекского водохранилища изменения гидрологического, гидрофизического, гидротермического, гидробиологического, гидрохимического и других режимов р. Вахш проявились особенно четко.

**Во второй главе – «Особенности преобразования речных систем Таджикистана: критерии оценки и последствия» –** рассматриваются методологические аспекты воздействия геотехнических систем (в первую очередь ГТС) на прилегающие ландшафты, последствия каскадного регулирования речного стока (на примере рек Вахш и Сырдарья), основная хозяйственная деятельность в бассейнах рек Кафирниган и Зеравшан, а также влияние малых водохранилищ на природу рек в верхнем (ВБ) и нижнем бьефах (НБ).

Изменение природной среды проявляется по-разному на прилегающих к водохранилищу территориях и в зонах их гидрологического и водохозяйственного влияния из-за следующих причин: возраста водохранилища, его положения в речной системе (верхнее, среднее и нижнее течение реки), одиночное это водохранилище или ступень в каскаде, его положения в той или иной широтной географической зоне, его назначения и характера регулирования (суточное, недельное, сезонное, многолетнее), освоенности берегов и прилегающей территории и т. п.

Все это сопровождается определенными последствиями, оценить которые в условиях наблюдающегося изменения климата автор предлагает с помощью следующих критериев, первые 5 из которых отнесены к прямым (основным), последующие к косвенным (или сопутствующим).

**1. Степень регулирования стока.** Малые водохранилища юга страны, воздействуя в пределах величины объема своего наполнения на некоторое снижение весеннего стока, не дают существенного его увеличения в межень, поскольку в зависимости от водности года зарегулированность ими речного стока мала – всего 0,1-5 % (У. И. Муртазаев, 1982). Управляемость местным стоком у крупных водохранилищ – около 17-22 %. При этом Нурекское водохранилище снизило долю весеннего стока в среднем на 7 %, а летнего повысило на 8,9 % (У. И. Муртазаев, 2005). С ростом зарегулированности стока наносоудерживающая способность водохранилищ (в среднем 2,8 %) уменьшается (с 14 до 1,6 %), т. е. аккумулирующая способность водоемов обратно пропорциональна их влиянию на сток.

**2.Масштабы заиления, зарастания и испарения.** Показатель интенсивности заиления – отношение годового объема наносов к первоначальному объему водохранилищ, колебался в пределах 0,15-4,35 % (в среднем около 2 % в год на малых водохранилищах), 50 % у Фархадского и около 1 % у Кайраккумского с Нурекским. С увеличением слоя донных отложений отмечается не только убывание полного объема водохранилищ (на 3 % в год), но и средних глубин, уменьшающихся ежегодно на 6-8 см в год на малых и до 5 м на больших (Нурекское) водохранилищах (У. И. Муртазаев, 2005). По состоянию на 31.12.2000 г. общая площадь зарастания достигала 28,65 % суммарной акватории водохранилищ (У. И. Муртазаев, 2005). Эпизодические съемки 2010-2013 гг. показали его незначительное приращение (на 1,2-1,9 %). При этом состав макрофитов за эти 10-12 лет не изменился: 7 видов на Сельбурском, 10 на Муминабадском и 8 на Головном водохранилищах. Важным представляется то, что виды макрофитов, отзывчивых на повышение температуры воздуха и воды (уруть колосовая, сальвиния плавающая, все виды рдестов: блестящие, курчавые, пронзеннолистные), из категории редко встречающихся стабильно перешли в категорию часто встречающихся. Автор полагает, что это следует считать результатом потепления температуры воздуха в республике.Испарение с акваторий малых водохранилищ возросло за 1990-2014 гг. по сравнению с 1974-1989 гг. в среднем на 5,9 %. На крупном равнинном Кайраккумском водохранилище за 2000-2014 гг. оно увеличилось, по сравнению с 1986-1990 гг. на 5,5 % [9], что следует считать результатом потепления воздуха в стране.

**3.Качественное состояние зарегулированных вод.** Длительные сроки эксплуатации водохранилищ привели к тому что, по данным А. Хаитова (2005), У. И. Муртазаева (2005) Нурекское и Байпазинское водохранилища стали относиться к олигосапробным, Муминабадское – к настоящему олиго-β-мезосапробному, Сельбурское – к β-мезосапробному типу. К концу 2013 г. качество зарегулированных вод осталось прежним, а в Муминабадском и Сельбурском водохранилищах даже приобрело признаки β-олигосапробных, что связано, видимо, с уменьшением разгрузки в них биогенов из-за общей стагнации сельского хозяйство в стране. В малых наливных (Сельбурском, Муминабадском) водохранилищах смешиваются воды разных сезонов, и они обладают слабым водообменом. В результате на поля из них в 2013 г. поступала вода гораздо более минерализованная, чем речная (по карбонатам – в 18-26 раз, сульфатам – в 22-44 раза, натрию – в 18-22 раза в различные сезоны года). Причем в них, как правило, преобладали воды гидрокарбонатного класса. По сравнению с 1987 и 2000 гг., реакция среды рНосталась на прежнем уровне, а содержание растворенного в воде кислорода даже несколько возросло (на 0,8-1,1 мг/л).

Динамика и степень общей среднемноголетней минерализации зарегулированных вод подчиняются закону географической зональности: с понижением высоты водосборов водохранилищ и увеличением их размеров среднемноголетняя минерализация в 2003-2013 гг. уменьшается (с 1,5 до 1,2 г/л) в направлении с юга на север и наоборот (за исключением Муминабадского водохранилища) (рис. 1). В том же направлении речные воды меняют свой гидрохимический класс: от гидрокарбонатного к сульфатному и хлоридному.

Автором выделены две гидрохимические формации водохранилищных вод: - гидрокарбонатная и сульфатная, которые, в свою очередь подразделяются на 3 гидрохимические фации (табл. 1) в пределах двух основных химико-географических зон: зоны низкогорных территорий формирования стока гидрокарбонатно-кальциево-магниевых вод и зоны равнинных территорий рассеивания стока с преобладанием сульфатной гидрохимической формации.

**4.Флуктуации в температурном режиме рек выше и ниже плотин гидроузлов**

Влияние малых русловых водохранилищ на изменение температуры воды по длине реки определялось инструментально в августе 2010-2013 гг.: оно было незначительно по длине (на р. Вахш ниже Головного и Байпазинского водохранилищ) на расстоянии всего лишь 8-11 км, но велико по максимальному градиенту (до 4,5-5,6 °С). По сравнению с

2000-ми годами (У. И. Муртазаев, 2005), температура воды в ВБ и НБ плотин стабильно возросла на 0,8-1,3 °С, и это результат потепления температуры воздуха в регионе.

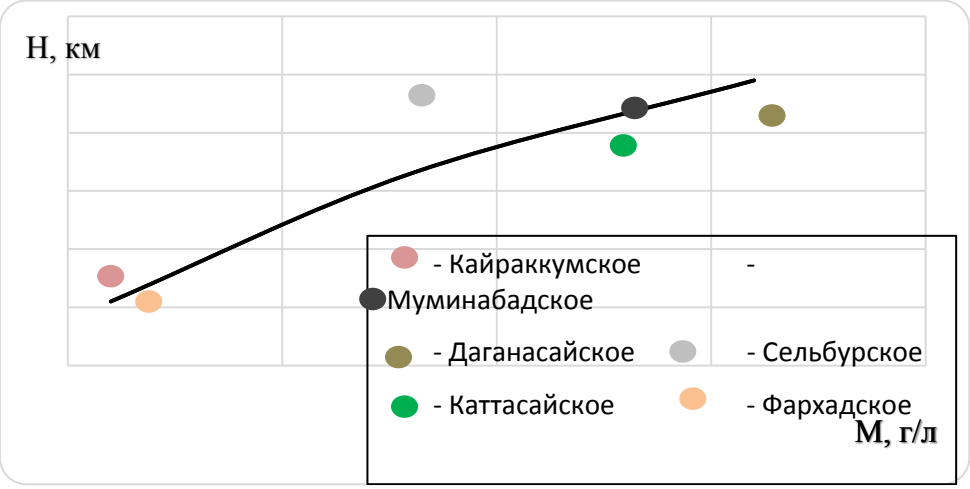


**Рис. 1. Зависимость изменения общей среднемноголетней минерализации М вод водохранилищ Таджикистана от средней высоты водосбора Н**

**Таблица 1**

**Гидрохимические фации водохранилищ Таджикистана**

| **Физико-географическиезоны / высоты, м. абс.** | **Формация** | **Фация** | **Максимальная минерализация, г/л** | **Водохранилища** |
|---|---|---|---|---|
| Низкогорья 900-1600 м | гидрокарбонатная | $HCO_3$-$Ca^{2+}$-$Mg^{2+}$ | 3,5-2,6 | Муминабадское Каттасайское Даганасайское |
| Равнины 300-600 м | сульфатная | $SO_4^{2-} - Ca^{2+}$ | 3,22-2,87 | Сельбурское Головное |
| -//- | -//- | $SO_4^{2-} - Cl^{2+}$ | 0,34-0,1 | Кайраккумское Фархадское |

Примечание: вертикальная поясность дана по Х. М. Мухаббатову (1999).

**5.Влияние водохранилищ на микроклимат прилегающей суши**

Экспериментально установлено, что влияние малых водохранилищ незначительно. Вместе с тем, по сравнению с 2000-ми годами (У. И. Муртазаев, 2005), сейчас оно несколько возросло: на равнинах с 7-10 до 11-13 м, в предгорьях – с 2-4 до 3-5 м от уреза воды, что можно связать с изменением климата [2, 7]. Крупные же влияют на окружающую территорию, в направлении, обратном сложившимся местным климатическим и ландшафтным условиям. Их микроклиматическое и термическое влияние ограничивается дальностью менее 12-50 (реже 109) км, распространяясь на площадь, равную 10-11 % площади водного зеркала (при НПУ).

**6.Заболачивание почв.** На малых водохранилищах с колебаниями уровня воды в интервале 1-9 м первые признаки заболачивания почв проявляются уже на 2-3-й год на расстоянии до 15-18 м относительно нормального подпорного уровня (НПУ), а трансформация растительных комплексов наблюдается на 4-5-й год существования водоемов (У. И. Муртазаев,

2005). Шурфы, заложенные автором в августе 2010-2013 гг. на побережье Муминабадского и Сельбурского водохранилищ, показали наличие подземных вод на расстоянии от уреза воды (при НПУ) меньшем, нежели 13 лет тому назад: 12-16 м. Это связано, видимо, с кольматажем илистыми взвесями пор в ложе и на берегах водоемов.

**7.Изменения в химической денудации.** Этот важный компонент в жизни рек до сих пор бы не определен. Этот пробел восполнен диссертантом расчетами суммарного прохождения по р. Вахш в апреле 2013 г. основных анионов и катионов ниже плотины Нурекской ГЭС.Установлено, что содержание сухого остатка в воде, карбонатов, сульфатов, кальция, а также токсичность солей вниз по течению возрастают, а приращения самих концентраций колеблются от 1,17 до 6,66 % на каждый километр р. Вахш. На основе данных по жидкому стоку р. Вахш (пост Нурекской ГЭС) был определен объем хемогенного стока реки за 2013 г. (табл. 2).

**Таблица 2**
**Валовой химический сток по р. Вахш (суточный, месячный, годовой)**

| Ингредиенты/ продолжительность | Карбонаты | Хлориды | Сульфаты | Кальций | Магний | Натрий | Итого |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wx (за день) | 88,38 | 117,84 | 115,36 | 176,76 | 88,38 | 56,45 | 643,17 |
| Wx (за месяц) | 2962,8 | 3950,4 | 3867,4 | 5925,6 | 2962,8 | 1892,2 | 21561,2 |
| Wx(за год) | 49500 | 66000 | 64614 | 99000 | 49500 | 31614 | 360228 |

Как видно, годовой суммарный объем химической денудации р. Вахш составил 360228 т, или $360228\ т\ \ 16{,}5\ км^3 = 0{,}022\ мг\ \ л$, что гораздо меньше предельнодопускаемых концентраций(ПДК) ингредиентов в речной воде, приведенных в ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М., 1984. Надо полагать, что основная часть хемогенного материала р. Вахш остается в чаше Нурекского водохранилища[6].

**8.Изменения условий водозабора в НБ плотин.**После создания водохранилищ условия водозабора в ОС в НБ ухудшаются(О. К. Комилов, М. Н. Назриев,2001). На участке р. Вахш от Кизилкалинского моста до заповедника «Тигровая балка» для орошения более 30 тыс. га земель построены пять головных водозаборных сооружений инженерного и неинженерного типов. Первые обеспечивают водозабор в магистральные каналы и НС даже при прохождении минимальных расходов воды по реке, например, при работе 2-х агрегатов (минимальное количество) Нурекской ГЭС, а вторые в результате размыва дна реки осветленной водой (потерявшей кольматирующие, но приобретшей размывающие свойства) и понижения отметок на 0,5-1,0 м не способны обеспечивать на расстоянии 50-70 км подачу необходимого количества оросительной воды в каналы. В таких случаях для забора оросительной воды нужного расхода, как правило, наращиваются дамбы поперек реки в длину с тем, чтобы изменить направление основного потока в нужную сторону, и тем самым обеспечивать водозабор. При прохождении больших расходов (например, при работе 4-5 агрегатов Нурекской ГЭС и более) эти дамбы разрушаются, и снова возникают проблемы водозабора в эти ОС при прохождении минимальных расходов по реке.

Таким образом, для устойчивого обеспечения условий водозабора в ОС нижнего течения р. Вахш, защиты пойменных земель от затоплений, населенных пунктов, дорог и других коммуникаций от размывов и подтоплений, необходимо провести эффективные руслорегулировочные работы: дноуглубительные – в распластанных прирусловых участках реки, и русловыпрямительные – для придания одинаковой ширины и глубины руслу, т. е. в сужении русла на широких участках реки и расширении на узких.

**9. Изменения агрофизических свойств орошаемых земель под влиянием водохранилищ.** С 1974 г. на р. Вахш в НБ Нурекской ГЭС стали резко сокращаться расходы взвешенных наносов, отчего жидкий сток р. Вахш стал исключительно прозрачным (т. е. скорость фильтрации резко возросла), а точка минимума температуры оросительной воды переместилась с января-февраля на март-апрель (т. е. к началу вегетационного периода). В результате: а) объем водоподачи на 1 га многократно возрос, что стало основной причиной резкого подъема уровня грунтовых вод (УГВ) в Яванской и северо-восточной части Вахшской долин; б) интенсивное насыщение плодородных земель холодной водой привело к потере значительного количества термических ресурсов в корнеобитаемых слоях орошаемых земель региона. Из-за этого произошло снижение растворяющих способностей холодных поливных вод в отношении их к различным видам удобрений и питательным компонентам почвогрунтов и, следовательно, к замедлению их усвояемости растениями (М. А. Саттаров, А. Еров, 2002).

**10.Подтопляющая роль водохранилищ и иных ГТС.** Опыт мелиоративных и ирригационных работ показал, что через 25-40 лет после их начала появляются проблемы регулирования уровня подземных вод, которые неизбежно возникают из-за отклонений в режиме подачи вод на орошение или утечек из коммуникаций. За многие годы эксплуатации ил из рек наполняет водохранилища и приводит к дальнейшему подъему УГВ к затоплению еще большей площади. Почти на всей полосе шириной 10 км и протяженностью почти 70 км от Канибадама до Кайраккума, как по южному, так и по северному побережью Кайракумского водохранилища в Ферганской долине, и в восточной, северной и центральной частях Исфара-Лакканской долины, повышен УГВ из-за использования вод на ирригацию и орошение полей из Кайраккумского водохранилища с 1957 г. на территории Таджикистана и Торткульского с 1966 г. на территории Кыргызстана. В южной, приподнятой части зоны, граничащей с Исфаринским районом, подземные воды расположены на глубинах 30-100 м. В средней части Канибадамского района УГВ спадает до 3 м, а вблизи Кайраккумского водохранилища достигает 1,0 м, соответствуя условиям подтопления.

**11.Геоэкологические риски и масштабы их проявления.**В зоне Нурекского водохранилища эти риски Ш. Н. Узакова (2012), в зависимости от масштабов проявления, свела (во временном разрезе) в три периода: 1) частичное освоение земель (1929-1950 гг.) не характеризовалось, как сейчас, масштабным распространением экзогенных геологических процессов; 2) планомерному освоению земель (1951-1992 г.) было присуще усложнение геоэкологической ситуации, в частности присутствие новообразованных продуктов селевого материала практически во всех устьях боковых русел р. Вахш; 3) интенсивное освоение земель началось с середины 90-х годов XX в. и в последние 20-25 лет пошло на спад. За это время резко активизировались селевые явления из-за интенсификации научно не обоснованной хозяйственной деятельности человека, связанной с освоением предгорий (адыров), участились процессы оползнеобразования по берегам водохранилищ Вахшского каскада (в первую очередь Нурекского – южная акватория и Байпазинского – правобережье).

**12.Территориальное перераспределение речного стока.**Переброска водных ресурсов в стране в реальных масштабах осуществлялась всегда: машинным водоподъемом перебрасывается порядка 4-5 млн м$^3$ воды из р. Пяндж в Кызылсуяхсуйскую ОС. Большой Ферганский канал после реконструкции забирает из р. Сырдарьи 6,6 км$^3$ воды в год, Голодностепский – 4,4 км$^3$ в год. Проект передачи воды из р. Пяндж в р. Вахш резко повысит регулирующую энергетическую способность существующего каскада за счет многократного использования емкости одних и тех же водохранилищ. Для оптимального случая регулирования, при объеме водохранилища на р. Пяндж в 4 км$^3$, прирост одной зимней выработки электроэнергии даже на существующих сегодня станциях равен 5 млрд кВт·ч в год, что с избытком покроет имеющийся сейчас зимний дефицит энергии. Общий же прирост производства электроэнергии в год может быть равен 8,6 млрд кВт·ч, что обеспечит устойчивое развитие

народного хозяйства Таджикистана на ближайшую перспективу. При завершении строительства всех станций каскада эти показатели могут увеличиться соответственно до 11,4 и 19,9 млрд кВт·ч в год по рр. Вахш и Пяндж соответственно (Г. Н. Петров, Х. М. Ахмедов, 2011).

В отличие от проекта «Пяндж-Вахш», «Проект комплексного использования р. Зеравшан с переброской части стока в Ура-Тюбинскую зону» имеет комплексное, ирригационно-энергетическое значение, что очень существенно повышает его эффективность. Энергетическое использование стока здесь осуществляется за счет строительства одной ГЭС непосредственно в створе плотины с высотой 150 м и каскада малых и деривационных ГЭС на выходе из туннеля в долину Ура-Тюбе. Кроме этого, возможно строительство ряда малых ГЭС на ирригационных каналах общей мощностью 10-15 МВт. Суммарная мощность всех станций может составить 200-400 МВт. Водохозяйственный эффект проекта будет заключаться в орошении новых 87 тыс. га земель и в гарантированном повышении водообеспеченности уже орошаемых 30 тыс. га земель.

**13.Переход плодородных земель в состав подводных ландшафтов.** При строительстве равнинного Кайраккумского водохранилища на р. Сырдарье в пределах Таджикской части Ферганской долины было затоплено 54 тыс. га плодородных земель с наиболее экономичным самотечным орошением. Взамен их пришлось осваивать земли худшего качества, в основном каменистого механического состава, при помощи дорогостоящего насосного водоподъема. Кроме этого, в прилегающих к водохранилищу Б. Гафуровском и Канибадамском районах Согдийской области оказались подтопленными и заболоченными около 10 тыс. га высокопродуктивных орошаемых земель с населенными пунктами. Из-за этого уменьшилась урожайность сельскохозяйственных культур и обострилась санитарно-эпидемиологическая ситуация.Эколого-экономический ущерб, наносимый прилегающей к Кайраккумскому водохранилищу территории, оценен, по расчетам д. э. н., проф. И. А. Асророва (Отчет НИР, Институт экономики АН РТ, 2006) в размере 10,8 млн. долл. США и складывается из недополученной с 64 тыс. га продукции сельского хозяйства – 5,2 млн. долл.; затрат по выносу из зоны затопления различных объектов – 2,6 млн. долл.; затрат на содержание 9 мелиоративных НС для поддержания приемлемого мелиоративного режима в этой зоне – 1,7 млн. долл.; затрат по долевому содержанию и эксплуатации гидроузла, не покрываемых партнерами (Узбекистан и Казахстан) – 1,3 млн долл.Подобных осложнений не наблюдается при строительстве горных водохранилищ. Акватория Нурекского водохранилища занимает 98 км$^2$ малоценной территории, что в 5,3 раза меньше водного зеркала Кайраккумского гидроузла, имеющего полный объем в 2,53 раза меньше.

**14.Хозяйственная деятельность.** Все исследуемые речные бассейны плотно населены и насыщены элементами инфраструктуры различного назначения. Наибольшей хозяйственной освоенностью отличается бассейн р. Вахш. Автор выделил 5 этапов в развитии хозяйственной деятельности на этой территории.

Первый этап охватывает период с 1924 до 1930 гг. Это время проведения водно-земельных реформ, создания ирригационной сети и начала планового водопользования.

Второй этап (1931-1940 гг.) характеризуется развитием хлопководства в Вахшской долине, строительством Вахшской ирригационной системы. Ирригационное использование Вахша начинается в основном ниже Нурека. На участке Калининабад (сейчас Дарбанд) – п. Джиликуль вода из реки забирается несколькими каналами (с расходом в голове до 200 м$^3$/с.), основные из которых – Вахшский и Шурабадский. Строительство каналов позволило вдвое увеличить посевные площади, значительно повысить производство хлопка-сырца.

Третий этап приходится на годы Великой Отечественной войны(1941-1945 гг.), когда работы велись только по поддержанию действующих ОС.

Четвертый этап (1946-1960 гг.) характеризуется ростом орошаемых площадей в зоне действующих ОС и началом освоения гидроэнергетических ресурсов.

Пятый этап (1961-2015 гг.) отличается освоением крупных массивов самотечного орошения – 131,165 тыс. га и машинного (38,337 тыс. га) – Гулистанского, Кумсангирского (на 31.12.2013 г.); завершением строительства Яванской ОС, Байпазинского гидроузла с гидротехническим туннелем, освоениемГараутинского массива; за это время построены и эксплуатируются ГЭС: Головная, Перепадная, Центральная Байпазинская, Нурекская, Сангтудинские-1,2,строится РогунскаяГЭС.

На реках меньшего размера (Кафирниган, Зеравшан, Кызылсу, Яхсу) хозяйственная деятельность на 1 км$^2$ водосбора не так активна. Вместе с тем они, как и крупные реки, подтверждены климатическим воздействиям и вызовам, требующим адекватного ответа[4].

В целом в условиях аридного климата Таджикистана, как утверждает автор, водохозяйственное обустройство территории оценивается как положительное явление.

В среднем на 100 км$^2$Таджикистана приходится 0,013 водохранилищ (построенных, создающихся и проектируемых). При условии завершения строительства создающихся и проектируемых водоемов покрытостьводосборных бассейнов увеличится в 2-3 раза и достигнет 1,5-2 % в южной и юго-западной частях Таджикистана. Кроме того, протяженность оросительной и открытой коллекторно-дренажной сети в стране на 01.01.2014 г. составила около 31 тыс. км, что на 8,8 % превышает длину всех водотоков РТ с длиной более 10 км (28,5 тыс. км). Отсюда и весьма благоприятное, в условиях аридного климата Таджикистана, 2-кратное увеличение (с 0,5 до 1,1 %) степени обводненности гидрографической сети рек Таджикистана. Каналы изменили в целом облик территории Таджикистана (за исключением восточной части Горно-Бадахшанской автономной области), переведя часть ее в категорию орошаемых земель (782,3 тыс. га – на 01.01.2014 г.).

**В третьей главе «Риски и угрозы водным ресурсам»** анализируются причины изменения климата в РТ за 1961-2011 гг. и его влияние на водные ресурсы, а также предлагаются меры адаптации в орошаемом земледелии и гидроэнергетике.

Изучению причин, масштаба и последствий от глобального потепления посвящен ряд работ известных таджикских специалистов, написанных в основном в 2001-2015 гг.

Среди них особенно выделяется работа Н. Б. Курбанова, Ш. Б. Курбанова (2014), в которой обобщены сведения об изменении климата в Таджикистане за полвека – 1961-2011 гг.

Указанные ученые установили, что уже сейчас таяние снега в горах Таджикистана начинается не с 1марта, как раньше, а с 15-20 февраля. В результате снежный покров сходит раньше, и ледники тоже начинают таять раньше. Увеличение продолжительности абляции усиливает деградацию ледников.

Что же касается осадков, ведущей составляющей речного стока, то в холодный период (ноябрь-март) их количество увеличилось в долинах – от 10 % в Душанбе до 22 % в Шаартузе. Исключение составили долинные районы Согдийской области, где отмечена тенденция к уменьшению осадков (тренд – 0,4 %). Незначительно увеличилось выпадение осадков в верховье Зеравшана и на Западном Памире (1-2 %). Наибольшее увеличение осадков в холодный период отмечено на леднике Федченко (29 %). На Восточном Памире наблюдается резкое уменьшение осадков в холодный период, тренд отрицательный – 46 %, что связано с орографической обособленностью данного района горными узлами и хребтами.

В теплый период (апрель-октябрь) отмечено резкое уменьшение осадков в долинно-предгорных районах от 24 % (Шаартуз) до 57 % (Курган-Тюбе) и лишь в Худжанде всего на 6 %. Наибольшее уменьшение осадков за теплый период наблюдается и на Восточном Памире – на 70 % (Мургаб). На остальной горной территории республики (выше 1500 м. абс.) количество осадков увеличилось от 9 % в Тавильдаре до 36 % в Хороге и 44 % на леднике Федченко. На засушливой территории верховий Зеравшана наблюдается уменьшение осадков на 6 %.

Изменение регионального климата Таджикистана аналогично глобальным изменениям. В Таджикистане с 1961 по 2014 гг. температура воздуха повысилась на 0,2-1,9 °С, уменьшилось количество осадков в долинах и предгорьях на 1-22 % и увеличилось в высокогорьях на 12-36 %. Наибольшее повышение температуры отмечается в осенне-зимний период: в долинах – на 0,6 °С, в горах – на 0,7 °С (рис. 2).

В весенне-летний период повышение температуры воздуха в среднем по республике достигло 0,1-0,4 °С (рис. 2). По оценкам экспертов, этот процесс пока не имел значительного воздействия на гидрологический режим рек: фиксируются одновременно и увеличение стока рек (на рр. Гунт, Ванч, Каратаг – на 3-5 %) и уменьшение (на рр. Кафирниган, Вахш, Кызылсу и Зеравшан – на 1,5-2 %) (рис. 3-4), в зависимости от характера их питания. Дальнейшее изучение предстоящего состояния водных ресурсов требует применения обобщающих моделей.

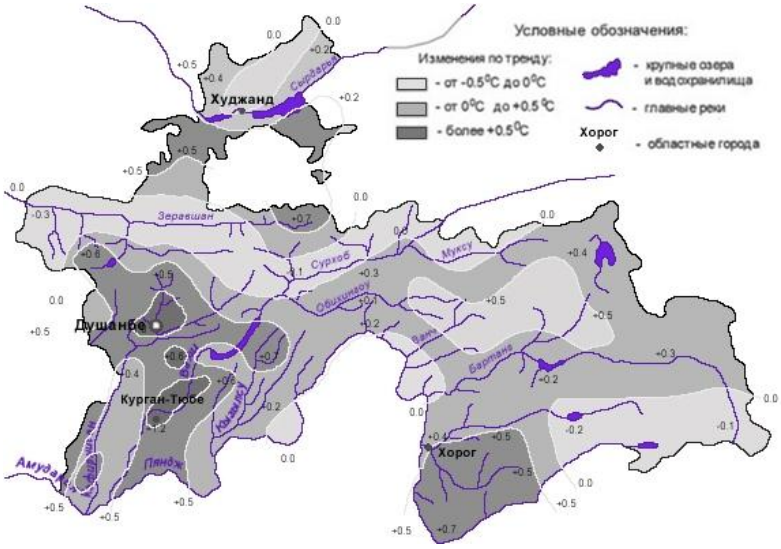


**Рис. 2. Изменение средних годовых температур воздуха за 1961-2014 гг.**

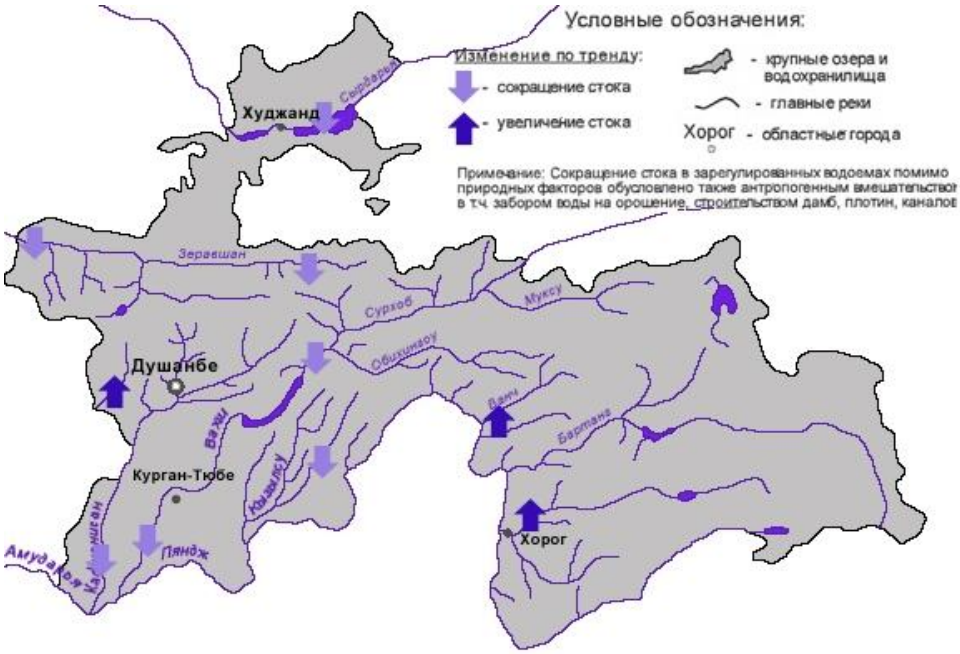


**Рис. 3. Изменение объема среднего годового речного стока за 1961-2014 гг.**

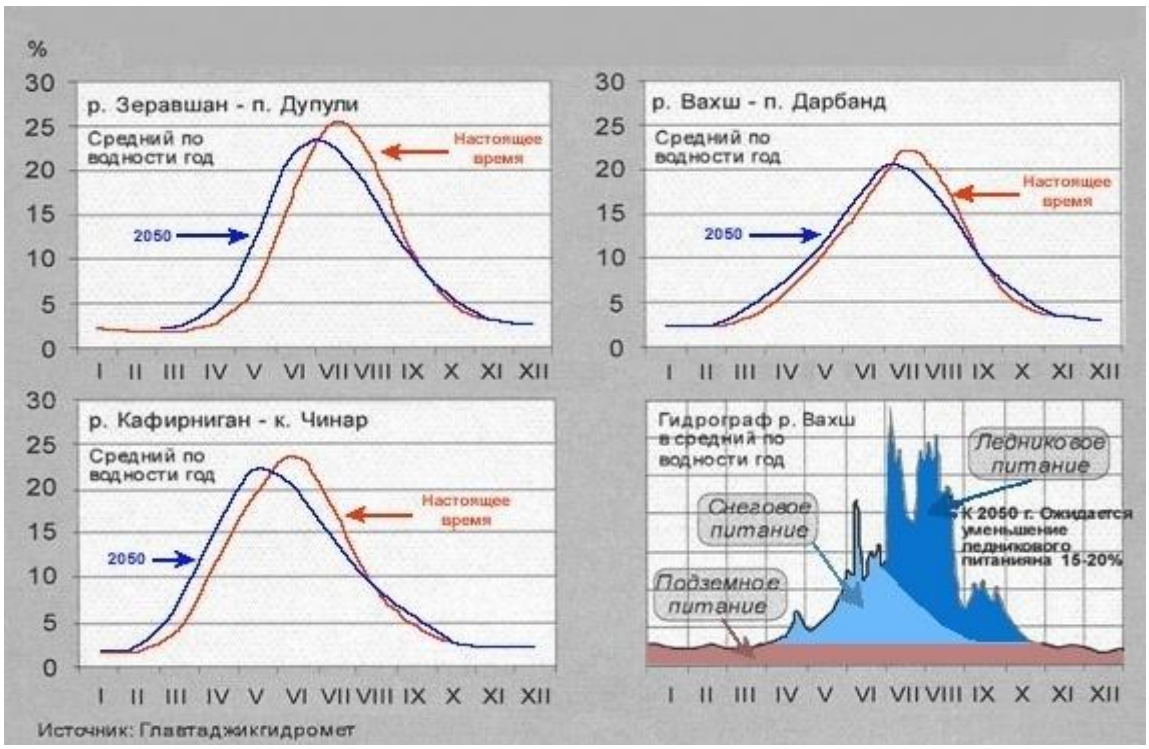


**Рис. 4. Изменение годового распределения стока отдельных рек республики при ожидаемом изменении климата к 2050 г. (по модели HadCM2)**

Основные параметры изменения климатических показателей и стока рек Сырдарья и Амударья по некоторым моделям приведены в табл. 3.

**Таблица 3**

**Динамика ожидаемых параметров водного баланса, %**

| **Показатели** | **Сценарии** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **GFDL** | **GISS** | **UKMO** | **CCCM** |
| Температуры на равнинах | +4,4 | +4,6 | +6,0 | +6,9 |
| Температуры на горах | +3,4 | +4,7 | +5,2 | +6,5 |
| Осадки в горах | 114 | 113 | 106 | 89 |
| Изменение водных ресурсов по: Сырдарье | +1 | -2 | -15 | -28 |
| Амударье | 0 | -4 | -21 | -40 |
| Изменение водопотребления | +7,38 | +1,03 | +11,27 | +11,1 |
| Осадки на равнинах | 110 | 140 | 90 | 100 |

Примечание: GFDL – модель лаборатории геофизической гидродинамики США; GISS – модель Института косметических исследований Годарда; UKMO – модель метеорологического бюро Великобритании; CCCM – модель Канадского климатического центра.

Опираясь на прогнозируемое возрастающее водопотребление по моделям GFDL и CCCM (соответственно на 7,38 и 11,1 %), можно ожидать дефицита водных ресурсов для орошаемого земледелия в Таджикистане к 2020 г. в объеме 0,87 и 1,31 км$^3$ по сравнению с 1990 г.

В 1996 г. (начало повышения температуры воздуха) объемы воды, использованной на нужды сельскохозяйственного, питьевого и промышленного водоснабжения, по данным МЭ и ВР РТ, составили соответственно 608, 432 и 922 млн. м$^3$. Есть основания полагать, что по сравнению с этим годом дефицит водных ресурсов для перечисленных отраслей к 2020 г. со-

ставит 51,36 и 77,24 млн. м$^3$, 35,77 и 53,81, 43,84 и 65,94 млн. м$^3$ при сценариях потепления климата по моделям GFDL и CCCM соответственно.

Экспертные оценки (при ожидаемых климатических изменениях) дают повышение слоя испарения в Таджикистане на 5-14 % и увеличение эвопотранспирации влаголюбивой растительности на 10-20 %.

Оценка уязвимости водных ресурсов рек Таджикистана (табл. 4) показала, что в условиях удвоения концентрации $CO_2$ в атмосфере, ожидаются уменьшение водных ресурсов (на 20 – 30 %), возрастание жидкого стока в меженный период (на 15 – 22 %) и его сокращение в половодье (на 7 – 11%). Меньше станет и вероятность высоких половодий. Большая часть осадков будет выпадать в жидком виде (в форме дождей), уменьшится зимнее снегонакопление в горах, повысится мутность рек. Из-за последнего обстоятельства темпы осадконакопления в водохранилищах, и без этого высокие, еще более возрастут.

**Таблица 4**

**Колебания ресурсов поверхностных вод Таджикистана при возможных изменениях климата [10]**

| Бассейн реки – пост | Естественные ресурсы поверхностных вод, млн. м$^3$ | Ресурсы поверхностных вод при изменении климата, млн. м$^3$ | |
|---|---|---|---|
| | | сценарий минимального потепления | сценарий максимального потепления |
| Южный Таджикистан | | | |
| Вахш – к. Туткаул | 20183 | 20183 | 12110 |
| Кафирниган – к. Тартки | 3190 | 3190 | 1914 |
| Центральный Таджикистан | | | |
| Зеравшан – п. Дупули | 4870 | 4870 | 2922 |
| Северный Таджикистан | | | |
| Сырдарья – г. Бекабад | 4790 | 4790 | 3449 |

Изложенное требует реализации адаптивных стратегий управления водными ресурсами в условиях изменения климата. Последние применительно к орошаемому земледелию и гидроэнергетике приведены на рис. 5 и в табл. 5.

Гидроэнергетика РТ весьма уязвима к изменению климата (рис. 6), и адаптационные мероприятия в этой сфере должны включать в себя:

– укрепление сети гидрометрических станций с учетом потребностей оперативного и долгосрочного прогнозирования стока и анализа соответствующих сценариев;

– увеличение периода измерения снежного покрова, поскольку сезон таяния снегов уже сейчас начинается раньше и продолжается дольше;

– объединение усилий с глобальными партнерами (спонсорами) в гидроэнергетическом секторе для разработки надежных сценариев оценки маловероятных событий увеличения поверхностного стока под воздействием высокоинтенсивных осадков, что необходимо для оценки защиты плотин от паводков в меняющихся климатических условиях. В связи с этим необходима адаптация старых плотин, особенно пропускной способности их водосбросов, к новым климатическим условиям;

– использование части резервного объема для приема избыточного притока воды в результате паводков для увеличения объема воды в Кайраккумском водохранилище, т. е. повышение (гипотетическое) НПУ на величину до 0,85 м. Этот вариант можно рассмотреть, если дополнительные исследования продемонстрируют, что в сохранении резервного объема для приема избыточного притока воды в результате паводков нет необходимости, поскольку пиковые значения паводков теперь сглаживаются расположенными выше по течению водохранилищами Токтогульской и Андижанской ГЭС;

**Рис. 5. Орошаемое земледелие в бассейн р. Кафирниган и ареалы изменения климата в нем [3]**

Примечание: 1) при подготовке рис. 6 использованы материалы Таджикгипроводхоза, 2010-2014 гг.; 2) в качестве основных предикторов, характеризующих ареалы изменения климата, использованы итоги сравнения температуры воды в р. Кафирниган (1990, 1999-2000, 2003, 2010-2013 гг.), масштабы появления в последние 5 лет на его берегах в массовом количестве теплолюбивого рогоза Лаксмана, изменения в микроклимате, темпы замены культурных растений с коротким периодом вегетации на растения с длительным сроком вегетации.

– уточнение расчетных характеристик речного стока и его экстремальных величин с учетом современных научных данных и методик;

– конкретизация проектов действующих гидроузлов в новых условиях и их модернизация в части увеличения пропускной способности водосбросных сооружений и оптимизация режима эксплуатации водохранилищ, уточнение их рабочих характеристик, уменьшение процессов заиления;

– проектирование и строительство специальных защитных сооружений для всех гидроузлов, линий электропередач, подстанций;

– осуществление компьютеризированного мониторинга за всеми сооружениями энергосистемы;

– строительство новых гидроузлов с водохранилищами, обеспечивающих как необходимое регулирование стока в условиях изменений и колебаний водности, так и снижающих негативное влияние заиления от уже существующих водохранилищ.

**Таблица 5**

**Адаптационные мероприятия в ответ на изменение климата в орошаемом земледелии РТ (Д. М. Маматканов, У. И. Муртазаев, 2009) с авторскими дополнениями**

| | |
|---|---|
| Институциональные | Разработка отраслевых мер по адаптации к изменению климата и их интегрирование в нормативно-правовые акты водопользования.<br>Совершенствование организационного управления водным хозяйством на национальном уровне с разработкой дифференцированных и стимулирующих экономических механизмов услуг водоподачиОС и населению.<br>Совершенствование интегрированного управления водными ресурсами ИУВР (по бассейновому и административному принципам).<br>Усиление правовой базы ИУВР.<br>Поддержка развития фермерской инициативы и ассоциированных хозяйств, ориентированных на рыночную экономику.<br>Экономическое стимулирование снижения удельных затрат воды и требований на воду, управление спросом и предложением. |
| Техниче-ские | Реконструкция и модернизация ОС с целью повышения коэффициента полезного действия (КПД) ОС и внедрения прогрессивных способов орошения, водосбережения и водооборота. Введение лимитированной водоподачи.<br>Увеличение уровня зарегулированности стока и количества водохранилищ.<br>Регулирование русел рек. Реабилитация и реконструкция ОС. |
| Общественные | Организация в средствах массовой информациикомпаний по пропаганде достижений науки и техники в области водосбережения.<br>Участие общественности (неправительственных организаций, движений и др.) и водопользователей (через ассоциации водопользователей) в вопросах управления водой, вододеления и водосбережения.<br>Обучение кадров и их тренинг с целью развития и поддержки научного и инженерного потенциала орошаемого земледелия. |
| Агрономи-ческие | Создание береговых насаждений.<br>Усиление селекционной работы по выведению засухоустойчивых и высокоурожайных сортов сельхозкультур с большей долей зимнего водопотребления.<br>Восстановление горных и пойменных лесов с целью закрепления склонов, стабилизации стока рек, направляемых на минимизацию эрозиональных процессов. |

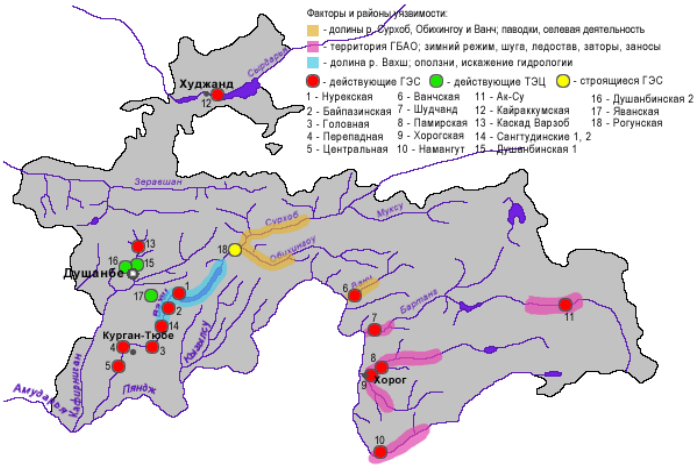


**Рис. 6. Факторы и районы уязвимости гидроэнергетики РТк изменению климата**

## Заключение

1. Потенциал рек Вахш, Сырдарья, Кызылсу, Яхсу, Каттасай, Шурбулаксай повышен путем регулирования их стока и иных инженерных воздействий. При этом первые две преобразованы человеком в наибольшей степени путем создания на них каскадов крупных ГЭС и водохранилищ при них. Последние влияют на окружающую территорию прямо (пп. 1-5) и косвенно (пп. 6-14). Чем крупнее водохранилище, тем меньшую роль в его функционировании, заданном человеком, играют генезис рек и их питание, высоты водосборов и т. п.

На первый план начинают выходить внутриводоемные процессы, прямо лимитирующие стокорегулирующие способности водоемов: у малых ограниченные, у крупных – большие.

2. В пределах таджикской части р. Сырдарьи суммарный объем дренажных вод, сбрасываемых в речную сеть – 566,81 млн м$^3$. Он неизмеримо мал по сравнению с дренажными водами, поступающих в р. Сырдарью из ОС её верховий. Именно поэтому, качество воды р. Сырдарья на входе в Кайраккумское водохранилище (пост Акджар) хуже удовлетворительного (только по минерализации (1,38 г/л) превышение ПДК составляет 38 %). На выходе (пост Кызылкишлак) минерализация – 0,8-1,0 г/л. Содержание карбонатов и хлоридов на этом посту близко к ПДК. Иначе говоря, водохранилище действует как отстойник, Узбекистан и Казахстан получают уже чистую воду.

3. Наиболее четко реакция речных геосистем на изменение климата сказалась в изменениях (повышении) температуры воды в ВБ и НБ гидроузлов и 10 %-ом влиянии последних на микроклимат прилегающих территорий и речную термику.

4. Из числа косвенных последствий преобразования речных систем по своим масштабам выделяются хозяйственная деятельность, геоэкологические риски и переброски стока. Исследование показало: при развитии бассейна р. Кафирниган упор следует сделать на его аграрном использовании (поскольку он густонаселен), для чего следует достроить Нижнекафирниганское водохранилище. На р. Зеравшан, с ее 76 притоками, бассейн которой гораздо менее многолюден, нежели бассейн р. Кафирниган, основные усилия следует направить на развитие гидроэнергетики и рекреации. Геоэкологические риски следует минимизировать за счет научно-обоснованной деятельности человека на водосборах рек. Существующее и планируемое обводнение рек донорами в Центральном и Северном Таджикистане должно обязательно сопровождаться и выработкой электроэнергии как крупными ГЭС, так и малыми.

5. Воздействие наиболее крупных таджикских водохранилищ (Кайраккумского и Нурекского), действующих в каскаде, на природную среду большей частью существенно, а порой и необратимо (в особенности внутриводоемные процессы: заиление, зарастание, испарение).

Малым водохранилищам с площадью водного зеркала до 10 км$^2$ присуще незначительное воздействие на природную среду прилегающих ландшафтов. Существенные изменения фиксируются в природе самих водохранилищ: они быстрыми темпами заносятся, заиляются, зарастают, легко подвергаются загрязнению и находятся под полным интегральным влиянием природных и антропогенных процессов, отмечаемых в их водосборных бассейнах. Их создание усложняется сейчас тем, что водосборные бассейны малых рек страны значительно преобразуются под влиянием антропогенной (в первую очередь водохозяйственной) деятельности человека, и сток рек часто уменьшается (в последнее 20 лет и из-за изменения климата). При этом наиболее отзывчивыми на изменения климата оказались равнины, нежели предгорья и горы.

6. Использование прогностических моделей изменения климата для прогноза изменения оледенения показало неустойчивые результаты. По данным одних моделей, потепление климата приведет к уменьшению водных ресурсов Таджикистана, а по другим, снижение оледенения будет компенсировано увеличением осадков, в результате чего водный сток даже возрастет.

В любом случае изменяющийся климат (особенно зимой) приведет к негативным последствиям для орошаемого земледелия и гидроэнергетики, поскольку:

– уменьшатся снежные зимние запасы, сократится многолетняя площадь оледенения, а значит, снизятся водные ресурсы;

– водный сток из снежных зимних запасов сократится;

– летний сток ледникового таяния в начальный период увеличится, но в последующие годы уменьшится;

– распределение высотных растительных поясов станет другим, а, значит, и изменятся пояса почвообразования. Все это потребует коррективов в ведении орошаемого земледелия и гидроэнергетики.

## Список работ, опубликованных автором по теме диссертации


**1.Бобиев, Д. Ф**. Качественное состояние зарегулированных вод Таджикистана [Текст] / Д. Ф. Бобиев // Наука и новые технологии. Бишкек, 2014, № 6. – С. 13-15.

**2.Бобиев, Д. Ф.** Критерии оценки инженерного преобразования речных систем Таджикистана в условиях изменения климата [Текст] / Д. Ф. Бобиев // Наука и новые технологии. Бишкек,2014, № 6. – С. 22-28.

**3.Бобиев, Д. Ф.** Хозяйственная деятельность в бассейне р. Кафирниган и ареалы изменения климата в нем [Текст] / Д. Ф. Бобиев // Известия вузов. Бишкек, 2014, № 12. – С. 7-12.

**4.Бобиев, Д. Ф.** Экология и горные водохранилища (методологические аспекты изучения) [Текст] / Д. Ф. Бобиев, У. И. Муртазаев // Кишоварз. Душанбе, 2014, № 3 (63). – С. 80-81.

5.Рауфов, Р. Н. Особенности, специфика, преимущества и отрицательные черты водохранилищ как техногенного звена преобразованных речных геосистем [Текст] / Р. Н. Рауфов, **Д. Ф. Бобиев** / Кишоварз (Земледелец). Душанбе, 2015, № 2 (66). – С. 59-60.

6.Муртазаев, У. И. Хемогенная денудация р. Вахш ниже плотины Нурекской ГЭС [Текст] / У. И. Муртазаев, **Д. Ф. Бобиев** // Кишоварз. Душанбе, 2015, № 4 (68). – С. 58-59.

7.Муртазаев, У. И. Изменения в ландшафтах речных геосистем Таджикистана под воздействием водохозяйственной деятельности [Текст] / У. И. Муртазаев, **Д. Ф. Бобиев** // Вестник ТНУ. Душанбе, 2015, № 2/7 (178). – С. 83-86.

8.Муртазаев, У. И. Адаптивные стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата, фиксируемого в Республике Таджикистан [Текст] / У. И. Муртазаев, **Д. Ф. Бобиев** // Сб. статей, «Вода для жизни». Душанбе, 2015. – С. 90-94.

9.Муртазаев, У. И. Испарение с акваторий крупных водохранилищ Таджикистана [Текст] / У. И. Муртазаев, С. Х. Бахриев, **Д. Ф. Бобиев** // Сб. статей, посвящ. Международ. десятилетию действий (2005-2015) «Вода для жизни». Душанбе, 2015. – С. 238-244.

**10.Бобиев, Д. Ф.** Влияние изменения климата на водные ресурсы Республики Таджикистан и связанные с ними орошение и водоснабжение [Текст] / Д. Ф. Бобиев, У. И. Муртазаев // Сб. науч. статей «Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата». Минск: Изд. центр БГУ, 2015. – С. 207-209.

11. Муртазаев, У. И. Влияние инженерного регулирования рек Таджикистана на внутриводоемные процессы и некоторые звенья прилегающих территорий [Текст] / У.И. Муртазаев, **Д.Ф. Бобиев,** Д. М. Умаров // Материалы научно-практич. конфер. «VI Ломоносовские чтения. Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук». – Душанбе: Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в г. Душанбе, 2016. – с. 57-63.

12. Муртазаев, У. И. Инженерное регулирование рек Таджикистана и его влияние на ландшафты в верхнем и нижнем бьефах. [Текст] / У. И. Муртазаев, **Д. Ф. Бобиев,** Юсуфзода Сумани Сайдали // Сб. научн. статей научно-практич. конферен., посвящ. 25-летию независимости Республики Таджикистан и 85 летию Таджикского аграрного университета им. Ширинщох Шохтемур. Душанбе, 2016. – с. 143-145.

## РЕЗЮМЕ

**Бобиев Давлатали Файзалиевичтин «Климаттык өзгөрүү шартында Таджикистандын дарыя системасынын өзгөрүшүнө ага жакын жайгашкан ландшафттардын таасири» темасындагы 25.00.27. – гидрология кургактыгы, суу ресурсу, гидрохимия – адистиги боюнча география илиминин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясына**

**Негизги сөздөр**: суу ресурстары, дарыя системасы, өзгөртүү, таасир, ландшафтар, ариддик климат, гидротехникалык курулмалар, суу-чарба комплекси, суу сактагычтар, суу чарбалык жайгаштуруу, критерийлер, сугат жерлер, гидроэнергетика.

**Диссертациялык изилдөөнүн объектиси** болуп Таджикстан Республикасынын бассейндик жаратылыштык-чарбалык системасы саналат.

**Диссертациялык иштин максаты** сугат жерлерине жана гидроэнергетикага адаптациялык чараларды иштеп чыгуу менен климаттык өзгөрүү шартында Таджикистандын дарыя системасынын өзгөрүшүнө ага жакын жайгашкан ландшафттардын таасирин комплекстүү баалоо.

**Изилдөө ыкмалары:** теориялык жана натурдык, суу чарба жана гидрологиялык эсептешүүлөрдүн практикалык ыкмалары, конструктивдүү география принциптерине негизделген тарыхый жана физикалык-географиялык болжолдоо, туруктуу өнүгүү идеологиясын колдонуу менен стандарттык жана атайын иштелип чыккан методикалар.

**Диссертацилык** иш Таджикстандын аймагында суу чарбасын ырааттуу ыңгайлаштыруунун алкагында жүзөгө ашырылган, климаттык өзгөрүү шартында Таджикистандын дарыя системасынын өзгөрүшүнө ага жакын жайгашкан ландшафттардын таасирин комплекстүү баалоого арналган.

Диссертациялык иш көп жылдык экспедициялык изилдөөлөрдүн, автордун түздөн түз катышуусу менен жүргүзүлгөн, ошондой эле фондулук жана адабий булактарды конструктивдик талдоого негизделген материалдарга таянат. Тажикстандын негизги системаларынын гидрологиялык мүнөздөмөсүн верификациялоо жана талдоо, жалпылоо аткарылган. Ландшафттык дарыя системасын өзгөртүүлөрдүн натыйжасында аларды кайра өзгөрткөн климаттын фонунда бириккен 14-критерийлеринин өзгөчөлүктөрү жөнүндө белгиленген.

Дарыя системаларын өзгөртүп түзүү жана анын кесепеттерине суу сактагычтардын (автономдуу жана каскаддарда) ролу бааланган.

Климаттын өзгөрүү шарттарында суу булактарына тобокелдиктердин жана коркунучтардын мазмуну жана форматы белгиленген. Климаттык өзгөрүүлөрдү эске алуу менен дарыя бассейндеринин чек араларында сугат жер иштетүүнү жана гидроэнергетикада иштөө боюнча институционалдык, техникалык, коомдук жана агрономиялых чараларга негизделген адаптациялык иш-чаралардын курамы иштелип чыккан.

**Колдонуу тармагы** нормативдик-методикалык базаны пландаштыруу, долбоорлоо, Тажикстандын дарыя системаларын анын аймагында ырааттуу суу чарбасын жайгаштыруунун форматында ири гидротехникалык курулмалардын.

## РЕЗЮМЕ

**диссертации Бобиева Давлатали Файзалиевича «Влияние преобразования речных систем Таджикистана на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата»**

**на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности: 25.00.27 – гидрология суши водные ресурсы, гидрохимия**

**Ключевые слова**: водные ресурсы, речные системы, преобразование, влияние, ландшафты, аридный климат, гидротехнические сооружения, водохозяйственный комплекс, водохранилища, водохозяйственное обустройство, критерии, орошаемое земледелеие, гидроэнергетика.

**Объектами исследования** являются речные бассейновые природно-хозяйственные системы РТ.

**Цель работы** заключается в комплексной оценке влияния преобразования речных систем Таджикистана на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата с разработкой адаптационных мер в связи с этим в орошаемом земледелии и гидроэнергетике.

**Методы исследования:** теоретические и натурные практические приемы водохозяйственных и гидрологических расчетов, исторического и физико-географического прогнозирования, основанные на принципах конструктивной географии, идеологии устойчивого развития с применением стандартных и специально разработанных методик.

**Диссертационная работа** посвящена комплексной оценке влияния преобразования речных систем Таджикистана на прилегающие ландшафты в условиях изменяющегося климата, осуществляемого в рамках последовательного водохозяйственного обустройства территории Таджикистана.

Работа базируется на материалах многолетних экспедиционных исследований, проведенных при непосредственном участии автора, а также конструктивном анализе фондовых и литературных источников. Выполнены обобщение, анализ и верификация гидрологических характеристик основных речных систем Таджикистана. Особенности изменений в ландшафтах речных систем в результате их преобразования на фоне изменяющегося климата выражены в 14 критериях.

Оценена роль водохранилищ (автономных и в каскаде) в преобразовании речных систем и его последствий.

Установлены формат и содержание рисков и угроз водным ресурсом в условиях изменяющегося климата. Разработаны адаптационные мероприятия в сфере орошаемого земледелия и гидроэнергетики в границах речных бассейнов с учетом климатических изменений, основанных на институциональных, технических, общественных и агрономических мерах.

**Область применения** планирование, проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений на основе, инженерное преобразование речных систем, осуществляемого в формате последовательного водохозяйственного обустройства его территории.

## SUMMARY

**of Bobiev Davlatali Faizalievich's dissertation about «Impact river system transformation of Tajikistan to adjoining landscape of climate change condition» nominated for academic degree of Candidate of Geography, the specialization is 25.00.27 – land hydrology, hydrologic systems, hydrochemistry.**

**Key words:** water resource, river system, transformation, impact, landscape, sub climate, hydraulic engineering construction, water users complex, water basins, water economics arrangements, criteria, irrigated agriculture, hydro-energy.

**The object** of study is the natural basin system of Republic of Tajikistan.

**The aim** of study is complex assessment of Tajikistan river system transformation impact on adjoining landscape of climate change with integrated adaptation an according to irrigated agriculture and hydro-energy.

**Research methodology**: theory and naturally, practically water economy and hydrology calculation, hystorically and Physics forecasting according to the constructive geography principles, sustainable development ideology with the specifically stabdard method application.

The dissertation is devoted the complex assessment of Tajikistan river system transformation impact on adjoining landscape of climate change in frame of water economic construction of Tajikistan territory.

The basics of study are multiflight expedition database comducted by the author. As well as constructive analysis of literature review. Summarized the hydrologic characteristic of main basin system of Tajikistan. Established the change of river system landscape according to the transformation due to the climate extremes. The extablished criteria's are 14.

Assessed the water basin role on river system transformation and consequences. Established the form and risk content of water resource on climate change condition. Integrated several adapted action for irrigated agriculture and hydroenergy in the river basin boundary with account of climate change.

An application area is including the planned normative and methodic basis, projects, building and exploitation of hydro- technical construction according to the application of received criteria's river system of Tajikistan which existing on water economic arrangement territory.